CONFERINŢA TEHNICO-ŞTIINŢIFICĂ A STUDENŢILOR, MASTERANZILOR ŞI DOCTORANZILOR

27-29 martie 2024

TECHNICAL SCIENTIFIC CONFERENCE OF UNDERGRADUATE, MASTER AND PHD STUDENTS

March 27-29, 2024

VOL. I



Chișinău 2024

CZU 082=135.1=111=161.1
C 65

DESCRIEREA CIP A CAMEREI NAȚIONALE A CĂRȚII DIN RM

Conferinţa tehnico-ştiinţifică a studenţilor, masteranzilor şi doctoranzilor = Technical Scientific Conference of Undergraduate, Master and PhD Students: Chişinău, 27-29 martie 2024 / comitetul ştiinţific: Bostan Viorel [et al.].
– Chişinău: Tehnica UTM, 2024 – . – ISBN 978-9975-64-458-7.
Cerinţe de sistem: PDF Reader.
Vol. 1. – 2024. – 661 p. : fig., tab. color. – Antetit.: Universitatea Tehnică a Moldovei. – Texte, rez.: lb. rom., engl., rusă. – Paginaţie continuă.
– Referinţe bibliogr. la sfârşitul art.
– ISBN 978 9975-64-459-4 (PDF).
082=135.1=111=161.1
C 65

Bun de tipar 09.09.24

Comanda nr. 105

Forma electronică

MD-2004, Chișinău, bd. Ștefan cel Mare și Sfânt, 168, UTM
MD-2045, Chișinău, str. Studenților, 9/9, Editura „Tehnica-UTM”

ISBN 978-9975-64-458-7 (PDF).

ISBN 978-9975-64-459-4 (Vol. 1).

© Universitatea Tehnică a Moldovei, 2024

COMITETUL ȘTIINȚIFIC:

BOSTAN Viorel, dr. hab., prof. univ., rector, UTM, Rep. Moldova;
TRONCIU Vasile, dr. hab., prof. univ., prorector pentru cercetare, UTM, Rep. Moldova;
MONAICO Eduard, dr., conf. univ., Șef Direcția Cercetări Științifice, UTM, Rep. Moldova;
SIMINIUC Rodica, dr., conf. univ., Director Școala Doctorală, UTM, Rep. Moldova;
BUZEA Carmen, dr., prof. univ., Prorector pentru activitatea de cercetare științifică și informatizare, Universitatea Transilvania, Brașov, România;
CORCIOVĂ Călin, dr., conf. univ., Universitatea de Medicină și Farmacie „Grigore T. Popa", Iași, România;
COTEAȚĂ Margareta, dr., conf. univ., Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi" din Iași, România;
MUNTEANU Radu Adrian, dr. ing. hab., prof. univ., Universitatea Tehnică, Cluj-Napoca, România;
BRAGA Dumitru, dr., lect. univ., decan FEIE, UTM, Rep. Moldova;
BRAGUȚA Eugeniu, dr., conf. univ., decan FUA, UTM, Rep. Moldova;
BUZDUGAN Artur, dr. hab., conf. univ., FCIM, UTM, Rep. Moldova;
CILOCI Rafael, dr., conf. univ., decan FIEB, UTM, Rep. Moldova;
CIORBĂ Dumitru, dr., conf. univ., decan FCIM, UTM, Rep. Moldova;
DÎNTU Sergiu, dr., conf. univ., decan FIMIT, UTM, Rep. Moldova;
NISTOR-LOPATENCO Livia, dr., conf. univ., decan FCGC, UTM, Rep. Moldova;
POPA Sergiu, dr., conf. univ., decan FȘASM, UTM, Rep. Moldova;
POPOVICI Mihail, dr., conf. univ., decan FMV, UTM, Rep. Moldova;
SAVA Lilia, dr., conf. univ., decan FET, UTM, Rep. Moldova;
SUBOTIN Iurie, dr., conf. univ., decan FTA, UTM, Rep. Moldova;
ȘONTEA Victor, dr., prof. univ., FCIM, UTM, Rep. Moldova;
TRONCIU Sergiu, dr., conf. univ., decan FD, UTM, Rep. Moldova.

SCIENTIFIC COMMITTEE:

BOSTAN Viorel, Dr. hab., Prof., Rector of TUM, Rep. of Moldova**;**
TRONCIU Vasile, Dr. hab., Prof., Vice-rector for research and doctorate, TUM, Rep. of Moldova;
MONAICO Eduard, Dr., Assoc. prof., Head of Dep. of Scientific Researches, TUM, Rep. of Moldova;
SIMINIUC Rodica, Dr., Assoc. prof., Director of the PhD School, TUM, Rep. of Moldova;
BUZEA Carmen, Dr., Prof., Vice-rector for scientific research activity and informatization, Transilvania University of Brașov, Romania;
CORCIOVĂ Călin, Dr., Prof., Grigore T. Popa University of Medicine and Pharmacy, Iasi, Romania;
COTEAȚĂ Margareta, Dr., Gheorghe Asachi Technical University of Iasi, Romania;
MUNTEANU Radu Adrian, Dr. ing. hab., Prof., Technical University of Cluj-Napoca, Romania;
BRAGA Dumitru, Dr., Univ. lect., dean FEEE, TUM, Rep. of Moldova;
BRAGUȚA Eugeniu, Dr., Assoc. prof., dean FAUP, TUM, Rep. of Moldova;
BUZDUGAN Artur, Dr. hab., Prof., FCIM, TUM, Rep. of Moldova;
CILOCI Rafael, Dr., Assoc. prof., dean FEEB, TUM, Rep. of Moldova;
CIORBĂ Dumitru, Dr., Assoc. prof., dean FCIM, TUM, Rep. of Moldova;
DÎNTU Sergiu, Dr., Assoc. prof., dean FMET, TUM, Rep. of Moldova;
NISTOR-LOPATENCO Livia, Dr., Assoc. prof., dean FCGC, TUM, Rep. of Moldova;
POPA Sergiu, Dr., Assoc. prof., dean FAFAS, TUM, Rep. Moldova;
POPOVICI Mihail, Dr., Assoc. prof., dean FVM, TUM, Rep. Moldova;
SAVA Lilia, Dr., Assoc. prof., dean FET, TUM, Rep. of Moldova;
SUBOTIN Iurie, Dr., Assoc. prof., dean of FFT, TUM, Rep. of Moldova;
ȘONTEA Victor, Dr., Prof., FCIM, TUM, Rep. of Moldova;
TRONCIU Sergiu, Dr., Assoc. prof., dean FD, TUM, Rep. of Moldova.

COMITETUL ORGANIZATORIC:

BATÎRU Grigorii, dr., conf. univ., Dep. Agronomie și Mediu, FȘASM, UTM, Rep. Moldova;
COCIU Valeriu, dr., conf. univ., Dep. Științe Fundamentale și Clinice, FMV, UTM, Rep. Moldova;
CREȚU Vasilii, dr., conf. univ., Dep. Microelectronică și Inginerie Biomedicală, FCIM, UTM, Rep. Moldova;
CUJBA Rodica, dr., lect. univ., Dep. Informatică și Ingineria Sistemelor, FCIM, UTM, Rep. Moldova;
FILIPSKI Tatiana, dr., lect. univ., Dep. Urbanism și Design Urban, FUA, UTM, Rep. Moldova;
GALATONOVA Tatiana, drda an. I, CNSTM, UTM, Rep. Moldova;
GUȚU-CHETRUȘCA Corina, dr., lect. univ., Dep. Energetică, FEIE, TUM, Rep. of Moldova;
MALCOCI Iulian, dr., conf., Dep. Bazele Proiectării Mașinilor, FIMIT, TUM, Rep. of Moldova;
PALADI Daniela, dr., conf., Dep. Alimentație și Nutriție, FTA, UTM, Rep. Moldova;
SANDULEAC Ionel, dr., conf., Dep. Fizică, FET, UTM, Rep. Moldova;
SCRIPCENCO Angela, dr., conf., Dep. Design și Tehnologii în Textile, FD, UTM, Rep. Moldova;
ȚIBICHI Viorica, dr., conf., Dep. Inginerie Civilă și Geodezie, FCGC, UTM, Rep. Moldova;
ȚURCAN Iuliu, dr., conf., Dep. Economie și Management, FIEB, UTM, Rep. Moldova.

ORGANISING COMMITTEE:

BATÎRU Grigorii, Dr., Assoc. Prof., Dep. AE, FAFAS, TUM, Rep. of Moldova;
COCIU Valeriu, Dr., Assoc. Prof., Dep. FCS, FVM, TUM, Rep. of Moldova;
CREȚU Vasilii, Dr., Assoc. prof., Dep. MIB, FCIM, UM, Rep. of Moldova;
CUJBA Rodica, Dr., Lect., Dep. CSSE, FCIM, TUM, Rep. of Moldova;
FILIPSKI Tatiana, Dr., Lect., Dep. UUD, TUM, Rep. of Moldova;
GALATONOVA Tatiana, PhD student, NCMST, TUM, Rep. of Moldova;
GUȚU-CHETRUȘCA Corina, Dr., Univ. lect., Dep. PE, TUM, Rep. of Moldova;
MALCOCI Iulian, Dr., Assoc. prof., Dep. BPM, TUM, Rep. of Moldova;
PALADI Daniela, Dr., Assoc. prof., Dep. AN, FFT, TUM, Rep. of Moldova;
SANDULEAC Ionel, Dr., Assoc. prof., Dep. Phys., FET, TUM, Rep. of Moldova;
SCRIPCENCO Angela, Dr., Assoc. prof., Dep. DTT, FD, TUM, Rep. of Moldova;
ȚIBICHI Viorica, Dr., Assoc. prof., Dep. ICG, FCGC, TUM, Rep. of Moldova;
ȚURCAN Iuliu, Dr., Assoc. prof., Dep. EM, FEEB, TUM, Rep. of Moldova.

CUPRINSUL / CONTENTS

SECȚIA ELECTRONICĂ ŞI TELECOMUNICAȚII
SECTION OF ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATIONS

PROVOCĂRI ȘI SOLUȚII ÎN IMPLEMENTAREA TEHNOLOGIEI VoWiFi
Ion CĂTANĂ 14

ANALIZA TENDINȚELOR ACTUALE PENTRU SUSTENABILITATE ÎN TELECOMUNICAȚII LA NIVEL NAȚIONAL
Elena DUMBRAVA, Roman CEBAN 19

PROCESUL DE TRANZIȚIE AL UNUI INGINER SPRE FUNCȚIA DE MANAGER
Loredana FLOREA 23

FUNCȚIONALUL TEHNOLOGIEI LiDAR ÎN DISPOZITIVELE COMPANIEIE APPLE
Igor FORTUNA 27

UTILIZAREA DRONELOR PENRU TOPOGRAFIE ȘI CARTOGRAFIE
Marius GROSU 32

PRINCIPIILE METODOLOGIEI AGILE ȘI IMPLEMENTAREA ACESTORA ÎN MANAGEMENTUL PROIECTELOR COMPANIEI CISCO SYSTEMS, INC
Otilia GUȘAN, Ana CHETRUȘCA 36

PROGRESUL TEHNOLOGIEI Li-Fi (LIGHT FIDELITY) CA O ALTERNATIVĂ POTENȚIALĂ LA Wi-Fi
Daniela GUȚU 40

ANALIZA EVOLUȚIEI REȚELELOR MOBILE 5G: IMPACTUL SERVICIILOR 5G ÎN DEZVOLTAREA DURABILĂ A ECONOMIEI
Anton IACOVLEV 44

USIGN - SISTEM AUTONOM DE SEMNĂTURI ELECTRONICE
Cristian JEVERDAN, Elvira DAVID, Bogdan GALAȚAN, Vlad TROHIN 55

IMPLEMENTAREA TEHNOLOGIEI DE VIRTUALIZARE A SERVERELOR PENTRU MEDIUL DE AFACERI
Adrian MIHALCEA 59

MĂSURAREA PERFORMANȚELOR TEHNICE PENTRU O SURSĂ COMPLEXĂ CU GENERATOR DE SEMNAL
Denis Ștefan NICULA 64

MODERNIZAREA MANAGEMENTULUI ÎNTREPRINDERILOR ÎN ERA TRANSFORMĂRII DIGITALE ȘI INDUSTRIEI 4.0
Alexandru PAȘEVSCHI, Ilinca OSIPOV 70

EVALUAREA CONFORMITĂȚII ECHIPAMENTELOR RADIO LA STANDARDELE DE COMPATIBILITATE ELECTROMAGNETICĂ: METODE ŞI IMPLICAȚII PRACTICE
Constantin PLAMADEALA 76

ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ В БАЗАХ ДАННЫХ И БОРЬБА С SQL-ИНЪЕКЦИЯМИ
Владислав ПАРХОМЕНКО 82

IMPACTUL TEHNOLOGIEI ASUPRA MANAGEMENTULUI AFACERILOR ÎN ERA DIGITALĂ
Alexandru PAȘEVSCHI, Ilinca OSIPOV 88

DESPRE ASIGURAREA EFICIENȚEI DE FUNCȚIONARE A REȚELELOR DE COMUNICAȚII RADIO
Alexandru PRETCU 93

APLICAREA MANAGEMENTULUI ÎN STIL JAPONEZ ȘI EXCELENȚĂ ORIENTAT SPRE SUCCES
Mihaela RÎMIȘ, Vladimir GUZUN 102

INTEGRAREA INTELIGENȚEI ARTIFICIALE ÎN CADRUL SISTEMELOR DE MONITORIZARE A REȚELELOR DE COMUNICAȚII
Victor SCLIFOS 107

MANAGEMENTUL CALITĂȚII ȘI METODOLOGIA DE UTILIZARE A SIX SIGMA
Ariana ȚENU 111

ИНТЕГРАЦИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В БИЗНЕС-ПРОЦЕССЫ
Marc ZAITEV, Alexandru MORARU, Vadim MARTINIUC 116

SPECTRUL FRECVENȚELOR MODERNE ÎN COMNUNICAȚII MOBILE
Victor ZMUNCILĂ 125

SECȚIA ENERGETICĂ ȘI INGINERIE ELECTRICĂ
SECTION OF ENERGETICS AND ELECTRICAL ENGINEERING

SUBSECȚIA ENERGETICĂ
ENERGETICS SUBSECTION

ANALIZA CONSUMULUI ENERGETIC AL REPUBLICII MOLDOVA ÎN ANUL 2022
Iulian ROTARI, Corina DIACOV 130

PYTHON – A MODERN ENGINEERING TOOL
Dmitrii CRISTEV 135

NUCLEAR FUSION – UNLIMITED GREEN POWER
Andrian PORCESCU 141

HARNESSING CHEAP SOLAR ENERGY THROUGH THE USE OF CONCENTRATED SOLAR POWER
Iulian PATRAȘCU 145

CARBON CAPTURE AND STORAGE
Nicolae RUSU 151

OPORTUNITĂȚI ȘI PERSPECTIVE DE IMPLEMENTARE A TEHNOLOGIEI SMR ÎN REPUBLICA MOLDOVA
Viorel ALBU 155

FLOATING PHOTOVOLTAIC PANELS IN THE REPUBLIC OF MOLDOVA
Cristian STRATAN 161

EVOLUȚIA SECTORULUI ENERGETIC ȘI SCHIMBĂRILE CLIMATICE ÎN REPUBLICA MOLDOVA
Iaroslav PAUN 166

SISTEME DE TELEGESTIUNE PENTRU ILUMINATUL PUBLIC
Gheorghe OPREA 172
RECONSTRUCȚIA STAȚIILOR DE TRANSFORMARE 110 kV CU UTILIZAREA ÎNTRERUPTOARELOR ÎN VID
Serghei VRABIE 178
GESTIONAREA POLUĂRII ÎN ENERGETICĂ: SOLUȚII DE CONTROL AL EMISIILOR DE NOx LA UTILIZAREA MOTOARELOR CU ARDERE INTERNĂ
Ștefan PANDELEA 181
SISTEM AUTOMATIZAT DE ILUMINAT PUBLIC STRADAL CU CORPURI DE TIP LED CONECTATE LA UN SISTEM TRIFAZAT
Iulian ROTARI 188

SUBSECȚIA INGINERIE ELECTRICĂ
ELECTRICAL ENGINEERING SUBSECTION

MATERIAL COMPOZIT ELECTRO-TEHNIC ÎN CONTEXTUL PORTOFOLIULUI DE STANDARDE A ENERGIILOR REGENERABILE PENTRU REPUBLICA MOLDOVA
Ruslan BALACCI 194
ANALIZA EVOLUȚIEI COSTURILOR PENTRU TEHNOLOGIILE DE VALORIFICARE A SURSELOR REGENERABILE ÎN REPUBLICA MOLDOVA
Ana-Maria TVERDOHLEB 200
ELABORAREA ȘI PUBLICAREA ARTICOLELOR ȘTIINȚIFICE DIN DOMENIUL TEHNIC ÎNTR-O PUBLICAȚIE
Eugen IAVORSCHI 204
SISTEM DE MĂSURARE PENTRU MAȘINA ASINCRONĂ HEXAFAZATĂ
Corneliu RĂILEANU, Florin TESLARI, Ciprian SAVCIUC 208
UTILIZAREA HIDROGENULUI PENTRU STOCAREA ENERGIEI
Florin TESLARI, Corneliu RĂILEANU, Ciprian SAVCIUC 214
AUTOMATIZAREA SISTEMULUI DE ADĂPARE A ALBINELOR ÎN APICULTURĂ
Ciprian SAVCIUC, Corneliu RĂILEANU, Florin TESLARI 219
ELABORAREA MOTOARELOR ASINCRONE HEXAFAZATE DE TRACȚIUNE PENTRU VEHICULE ELECTRICE AUTONOME URBANE DE PASAGERI
Dorel CORNOVAN, Florin TESLARI 225
IMPLEMENTAREA MODULELOR PELTIER PENTRU CONTROLUL PRECIS AL TEMPERATURII ÎNTR-O SERĂ AUTOMATIZATĂ DE DIMENSIUNI REDUSE
Valentin BÂNZARU, Florin TESLARI 231
REGLEMENTĂRI ȘI STANDARDE NAȚIONALE, REFERITOARE LA EFICIENȚA ENERGETICĂ
Vladislav ENACHI 236
TENDINȚELE UTILIZĂRII MOTOARELOR HEXAFAZATE
Ghenadie TERTEA 239

SECŢIA CALCULATOARE, INFORMATICĂ ŞI MICROELECTRONICĂ
SECTION OF COMPUTERS, INFORMATICS AND MICROELECTRONICS
SUBSECŢIA INGINERIA ŞI ŞTIINŢA CALCULATOARELOR
ENGINEERING AND COMPUTER SCIENCE SUBSECTION

PROGRAMAREA ȘI SIMULAREA UNEI HALE DE PRODUCȚIE ȘI DEPOZIT COMPLET AUTOMATIZATĂ

Samuel CHICU 247

ПРОГРАММНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ И КОМПЬЮТОРНЫЙ 3D АНАЛИЗ ДАННЫХ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В НЕОТЛОЖНОЙ НЕЙРОХИРУРГИИ

Анатолий ГУМЕНЮК 255

ROLUL AUTOMATIZĂRII ÎN GESTIONAREA RESURSELOR ȘI A PERFORMANȚEI ÎN INFRASTRUCTURILE DE CLOUD

Valeria GURANDA 259

ANALIZA METODELOR DE ACORDARE A REGULATORULUI LA MODELE DE OBIECTE CU DUBLU ASTATISM ȘI ÎNTÂRZIERE DE ORDINUL UNU

Iulia BERGHII 263

O MODIFICARE A METODEI NEWTON CU ORDINUL AL TREILEA DE CONVERGENȚĂ

Victoria OBRINTEȚCHI 268

ANALIZA COMPARATIVĂ A INSTRUMENTELOR DE MODELARE ÎN BAZA LIMBAJULUI UML

Cătălin DROGOMAN, Nina SAVA 272

SINTEZA REGULATOARELOR TIPIZATE LA OBIECTE CU INERȚIE PENTRU SISTEME DE REGLARE AUTOMATĂ CU GRAD MAXIMAL DE STABILITATE

Nadejda PALAMARCIUC 278

SISTEM INFORMAȚIONAL DE MANAGEMENT CU CLIENȚII

Dorin DRAGAN, Lilian CRAVCENCO, Ludmila DUCA 286

ТРИЛЕММА БЛОКЧЕЙНА

Никита МАКЕЕВ 290

APLICABILITATEA ISO/IEC27014:2020 ÎN SISTEMELE INFORMAȚIONALE DIN DOMENIUL SĂNĂTĂȚII

Adrian STOICA 294

GENERAREA DE COD CU AJUTORUL INTELIGENȚEI ARTIFICIALE: RISCURI ȘI BENEFICII

Artiom COMANAC 298

ÎMBUNĂTĂȚIREA CONTROLULUI CALITĂȚII AERULUI PRIN FOLOSIREA SENZORILOR IoT

Gheorghe ISAC 302

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

Владимир ВЕРЕТКО 308

ТЕСТИРОВАНИЕ В ОБЛАЧНЫХ СРЕДАХ. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДХОДОВ И МЕТОДОВ ТЕСТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ В ОБЛАЧНЫХ СРЕДАХ, ТАКИХ КАК AMAZON WEB SERVICES (AWS), MICROSOFT AZURE И GOOGLE CLOUD PLATFORM

Максим САВЕЛЬЕВ 313

ASIGURAREA SECURITĂȚII ȘI CALITĂȚII SISTEMELOR INFORMATICE PRIN TEHNICI DE INGINERIE INVERSĂ

Octavian MAGDEI 321

LARGE LANGUAGE MODELS IN ACADEMIA: A CASE STUDY AT THE TECHNICAL UNIVERSITY OF MOLDOVA

Daria POPOVA, Viorel MUNTEANU 324

A COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF SEQUENCE READ ARCHIVE METADATA COMPLETENESS

Albert BAS, Viorel MUNTEANU 332

SISTEM INTELIGENT DE INSTRUIRE BAZAT PE MODELUL DE STARE A FLUXULUI CONDUS DE INTELIGENȚA ARTIFICIALĂ

Sergiu SCROB, Inga LISNIC 340

CREAREA DINAMICĂ A CLASELOR ÎN CONTEXTUL AUTOMATIZĂRII PROCESULUI DE DEZVOLTARE

Vitalii ARMAȘ, Arina CARAUȘ, Cristian PÎRLEA, Sergiu BALTEAN, Marian TABUREANU 351

EVALUAREA CUVINTELOR EMOȚIONALE PRONUNȚATE ÎN SITUAȚII EXCEPȚIONALE

Olesea BOROZAN 357

SISTEM INFORMAȚIONAL PENTRU MONITORIZAREA OBIECTELOR MOBILE

Neonil ROȘCA 361

ПРАКТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МОНИТОРИНГА, УКРЕПЛЕНИЯ И ТЕСТИРОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ GNU LINUX

Антон СЕНЮШИН 366

ROBOT OPERATING SYSTEM

Alexei CAZIUC 372

EVOLUȚIA ȘI PERSPECTIVA GENERATOARELOR DE NUMERE PSEUDOALEATORII: DE LA ORIGINI LA CUANTUM

Gabriela CEBOTAR 376

UTILIZAREA CALCULULUI BIOLOGIC PENTRU MODELAREA ȘI SINTEZA SISTEMELOR DE LUARE A DECIZIILOR

Silvia MUNTEANU 380

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF SUPERCAPACITOR BASED RTC MODULE

Artur SIRBU 383

ASUPRA DURATEI DE VIAȚĂ A REȚELELOR DE TIP SERIAL-PARALEL CU DURATA DE VIAȚĂ A UNITĂȚILOR EXPONENȚIAL DISTIBUITĂ ȘI NUMĂRUL ALEATORIU DE SUBREȚELE
Maria ROTARU 388

ANALIZA MODELELOR DE CUNOȘTINȚE PENTRU SISTEME CU INTELIGENȚĂ ARTIFICIALĂ
Vadim STRUNA, Adriana URSU, Maxim KAPUSTEANSKI 392

MICROSERVICES ARCHITECTURAL STYLE
Artur CURNICOV 395

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В БОРЬБЕ С МОШЕННИЧЕСТВОМ: ПРИМЕНЕНИЕ, АЛГОРИТМЫ И ПРЕИМУЩЕСТВА
Iana ZABOLOTNII, Irina CERNEI 399

EFICIENȚA ALGORITMILOR DE ALOCARE A RESURSELOR ÎN CLOUD COMPUTING
Ecaterina CIOBANU 403

PROTEJAREA IDENTITĂȚILOR, PROTEJAREA CONFIDENȚIALITĂȚII: O EXAMINARE A TEHNICILOR UTILIZATE DE REȚELELE ANONIME
Ion STRONCEA 408

SISTEM DE CREARE A CIRCUITELOR IMPRIMATEPRIN TEHNOLOGIA LASER
Oleg OVCEARENCO 414

INFLUENȚA RADIAȚIEI SPAȚIALE ASUPRA SENZORILOR AGRICOLI
Adriana URSU 418

PROVOCĂRI DE SECURITATE CIBERNETICĂ ÎN PROTOCOLUL HTTP
Ana TURCAN 427

IMPLEMENTAREA SECURITĂȚII CIBERNETICE ÎN DEZVOLTAREA SOFTWARE
Maxim CATANOI 430

SUBSECŢIA MICROELECTRONICĂ ŞI NANOTEHNOLOGII

MICROELECTRONICS AND NANOTECHNOLOGIES SUBSECTION

CERCETAREA INFLUENȚEI PALADIULUI ASUPRA PROPRIETĂȚILOR PELICULELOR DIN OXID DE ZINC
Cristian LUPAN 434

EFFECTS OF TEMPERATURE ON OPTICAL PROPERTIES OF ZnO NETWORKS
Rajat NAGPAL, Cristian LUPAN 439

DEVELOPMENT OF AN ELECTROSPINNING DEVICE FOR NANOFIBER PRODUCTION
Cătălin CRECIUNEL 444

МИКРООХЛАЖДАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО НА ОСНОВЕ СЛОЕВ И ФОЛЬГ ТОПОЛОГИЧЕСКИХ ИЗОЛЯТОРОВ
Денис ШИВЕРСКИЙ 449

ELABORAREA SISTEMULUI DE ILUMINARE A AUTOVEHICULULUI
Alexandru RAILEAN, Andrian CHEPTENE 453

ELABORAREA DISPOZITIVULUI PENTRU STUDIEREA EFECTULUI DE TUNELARE
Serghei ANATI 457

IMPACTUL SUBSTRATULUI ASUPRA MORFOLOGIEI ȘI ORDONĂRII NANOFIRELOR DE OXID DE ZINC
Simon BUSUIOC 461

SENZORI ELECTROCHIMICI: INGINERIA ȘI PRINCIPII DE FUNCȚIONARE
Simon BUSUIOC 467

STUDIUL COMPARATIV AL DEPUNERII STRATURILOR DE $Zn_{1-x}Mg_xO$ PRIN METODA AEROSOL PE SUBSTRATURI PLANARE ȘI NANOSTRUCTURATE
Stepan BUIUCLI 473

АКУПУНКТУРА. МЕТОДЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА АКТИВНЫЕ ТОЧКИ
Татьяна МАСЛОВА 479

ELABORAREA DISPOZITIVULUI DE DEPISTARE A OBSTACOLELOR AUTOVEHICULULUI
Andrian CHEPTENE, Alexandru RAILEAN 484

PROPRIETĂȚILE LUMINESCENTE ALE NANOPLĂCILOR DE SELENURĂ DE STANIU
Ecaterina CRISTEA 488

SENSOR DE GAZE ÎN BAZA OXIZILOR DE CUPRU DOPAT CU ALUMINIU PENTRU DETECȚIA COMPUȘILOR ORGANICI VOLATILI
Maxim CHIRIAC, Dinu LITRA 492

POTENTIAL OF ETHANOL GAS SENSORS IN BIOMEDICAL APPLICATIONS
Mihai BRÎNZĂ 497

DISPOZITIV DE COMUNICARE WIRELESS PRIN INTERMEDIUL UNDELOR DE LUMINĂ VIZIBILĂ
Alexandru RACU 500

ELABORAREA BLOCULUI ELECTRONIC PENTRU INSTALAȚIA DE EXPUNERE
Octavian CAINAREAN, Maxim CHIRIAC 505

АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ГИДРОПОНИКИ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ВЫБОРА РЕЖИМА ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ КУЛЬТУР
Александр ЯРОШЕВИЧ 511

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЧАСОВ
Кириленко ВЛАДИСЛАВ 519

UTILIZAREA TiO_2S/CdS ÎN CALITATE DE SENZOR PENTRU DETECTAREA RADIAȚIEI ULTRAVIOLETE
Adrian BÎRNAZ 523

ILUMINAREA AUTOMATIZATĂ
Gabriel TOACĂ 527

SUBSECŢIA BAZE DE DATE
DATABASES SUBSECTION

EXPLORAREA ȘI BENEFICIILE BAZELOR DE DATE NOSQL
Nicolay-Alex AOUN 533

ИССЛЕДОВАНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОБУЧЕНИЯ МОДЕЛЕЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ НА БОЛЬШИХ ДАННЫХ: КЛАСТЕРИЗАЦИЯ И ЕЕ РОЛЬ В ЭФФЕКТИВНОЙ ОБРАБОТКЕ ИНФОРМАЦИИ
Максим САВЕЛЬЕВ 537

INSTRUMENTAR UTILIZAT ÎN ETL (EXTRACT TRANSFORM LOAD)
Ionuț DELEU 544

CUBRID
Grigore LUPU 550

НЕОБХОДИМОСТЬ СОБЛЮДЕНИЯ ТРЕБОВАНИЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДАННЫХ ДЛЯ БАНКОВ И ФИНАНСОВЫХ УСЛУГ
Александру СКРИПЧЕНКО 552

MONGODB
Алексей БАРБЭНЯГРЭ 555

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ SQL-ТРИГГЕРОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЦЕЛОСТНОСТИ ДАННЫХ
Анна БРОДАРЬ 559

ORM PRISMA: ХАМЕЛЕОН В МИРЕ БД
Iana GAMURAR 565

GraphQL
Юлия МЕДЕЛЯН 569

РАЗВИТИЕ БАЗ ДАННЫХ ДЛЯ ЭКОНОМИКИ
Elena LIOGCAIA 572

PostgreSQL
Garic KARAPETYAN 576

РОЛЬ БАЗ ДАННЫХ В ИНТЕРНЕТЕ ВЕЩЕЙ (IOT) И ИХ АРХИТЕКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ
Инна ПУГАЧЁВА 579

PERFORMANȚA BAZELOR DE DATE: SQL VS NOSQL
Eutalia PISTRUI 585

APACHE AIRFLOW: CADRU DE GESTIONARE A FLUXURILOR DE LUCRU
Andreea BAGRIN 589

INOVAȚII ADUSE ÎN SQL SERVER 2022
Ruxanda VOVC 593

БЕЗОПАСНОСТЬ ДАННЫХ В SQL: СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ
Dmitri BESSARAB 597

ANALYSIS OF AI DATABASES
Arina CARAUS 602
BIG DATA АНАЛИТИКА В АВИАИНДУСТРИИ
Кристина НЕБУРАК 607
ИНТЕГРАЦИЯ ГРАФОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В SQL-БАЗЫ ДАННЫХ
Кристиан ПЫНЗАРУ 612
INTELIGENȚA ARTIFICIALĂ ÎN MANAGEMENTUL BAZELOR DE DATE
Ana-Maria ERHAN 618
INTEGRAREA APACHE KAFKA CU BAZE DE DATE: STRATEGII, BENEFICII ȘI PROVOCĂRI
Dan MORCOV 622
SPRING DATA JPA
Iulian-Bogda DARZU 626
BAZE DE DATE SQL: COCKROACHDB
Marian CONDORACHI 630
ELASTICSEARCH
Sandu MORARI 634
TOP 3 SOFT-URI PENTRU SECURITATEA BAZELOR DE DATE
Valeria MUNTEANU-USCATU 637
AVANTAJELE ȘI DEZAVANTAJELE ÎN UTILIZAREA MYSQL ȘI POSTGRESQL
Vladimir PRODAN 641
SQL INJECTION
Vladimir SIRBU 646
OPTIMIZAREA INTEROGĂRILOR
Victor REABOI 655

SECȚIA ELECTRONICĂ ŞI TELECOMUNICAŢII

SECTION OF ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATIONS

PROVOCĂRI ȘI SOLUȚII ÎN IMPLEMENTAREA TEHNOLOGIEI VoWiFi

Ion CĂTANĂ

Departamentul Telecomunicații și Sisteme Electronice, grupa TST-201,
Facultatea Electronică și Telecomunicații, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Rep. Moldova

Autorul corespondent: Cătană Ion, ion.catana@tse.utm.md

Îndrumător/coordonator științific: **Valentina TÎRȘU**, dr., conf. univ., FET, UTM

Rezumat. *Tehnologia VoWiFi reprezintă o inovație semnificativă în comunicațiile mobile, oferind îmbunătățiri notabile în calitatea apelurilor vocale și video prin utilizarea rețelelor Wi-Fi. Aceasta tehnologie permite o integrare fără probleme a serviciilor de voce în infrastructurile de date, evitând necesitatea aplicațiilor terțe și promovând o experiență de utilizare îmbunătățită. În lucrare se oferă o perspectivă asupra aspectelor tehnice, de securitate și necesitate a calității serviciilor în contextul VoWiFi. Prin explorarea diferitelor provocări, cum ar fi securitatea rețelei, interoperabilitatea și controlul calității serviciilor, articolul oferă o înțelegere comprehensivă a complexității implementării VoWiFi. Soluțiile tehnologice avansate, cum ar fi selecția inteligentă a rețelelor Wi-Fi și mecanismele de transfer eficiente între VoWiFi și alte tehnologii de voce, sunt cruciale pentru asigurarea unei experiențe utilizator fără cusur.*

Cuvinte cheie: *VoWiFi, comunicații, telefonie, WiFi.*

Introducere

În contextul dezvoltării rețelelor LTE, care sunt orientate predominant către date, VoWiFi vine ca o soluție complementară, abordând limitările apelurilor tradiționale bazate pe comutarea de circuit și oferind o alternativă la serviciile de voce over-the-top (OTT) prin aplicații precum Skype sau WhatsApp. Spre deosebire de acestea, VoWiFi se integrează nativ în dispozitivele mobile, eliminând necesitatea instalării aplicațiilor suplimentare și oferind o calitate a sunetului superioară, grație lățimii de bandă largi și latenței reduse caracteristice rețelelor Wi-Fi.

Implementarea tehnologiei VoWiFi implică diverse provocări, printre care necesitatea de a include noduri noi în infrastructura rețelei, gestionând securitatea datelor și menținerea unei calități constante a serviciilor în condiții fluctuante ale rețelei. Pentru soluționarea acestor aspecte, există soluții avansate, cum ar fi procesul de selecție inteligentă a rețelelor Wi-Fi și mecanisme eficiente de transfer între VoWiFi și alte tehnologii de voce, ca VoLTE.

Fundamentele tehnologiei VoWiFi

Tehnologia VoWiFi se bazează pe soluția i-WLAN, așa cum este definită în 3GPP 23.402 pentru a permite efectuarea și primirea apelurilor vocale prin rețelele Wi-Fi, utilizând protocoalele de telecomunicații mobile standard [4].

În fig.1 sunt reprezentate trei opțiuni principale pentru accesul non-3GPP Wi-Fi în cadrul VoWiFi:

a) Acces non-3GPP Wireless Neîncredințat

Conceptul de Wi-Fi neîncredințat a fost introdus în Release 6 al 3GPP în 2005, referindu-se la orice tip de conectivitate Wi-Fi peste care furnizorul de servicii nu are control direct, cum ar fi hotspot-urile publice și Wi-Fi-urile de acasă [2].

b) Acces non-3GPP Wireless Încredințat

Accesul Încredințat în VoWiFi, lansat în cadrul Release 8 al 3GPP în 2008 împreună cu standardul LTE. Aceasta înseamnă că rețeaua WLAN de încredere este gestionată direct de operator. În cazul VoWiFi, este o rețea WiFi care poate fi controlată - de exemplu, o rețea WiFi corporativă [2].

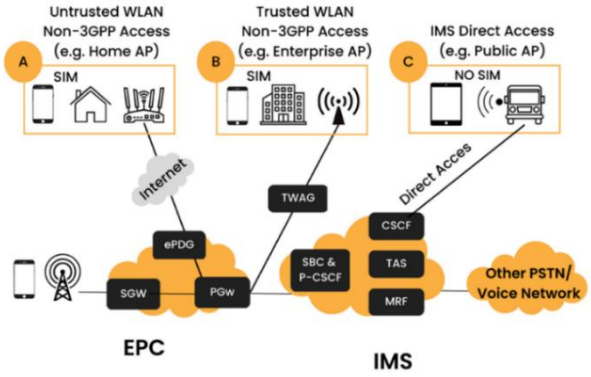


Figura 1. Arhitectura de bază VoWiFi
a)Acces non-3GPP Wireless Neîncredințat
b) Acces non-3GPP Wireless Încredințat
c) Acces Direct IMS

c) Acces Direct IMS

Utilizatorul se conectează direct la rețeaua IMS printr-o aplicație instalată pe dispozitivul mobil responsabilă pentru autentificare și acces. Aceasta permite realizarea de apeluri și transmiterea de conținut multimedia fără a necesita autentificarea prin intermediul rețelei celulare [2].

Beneficiile Implementării VoWiFi

Operatorii de telecomunicații văd în implementarea VoWiFi un pas încurajator către dezvoltarea serviciilor de broadband mobil (MBB). Aceasta aduce pe termen lung beneficii pentru operatori prin diminuarea cheltuielilor de rețea. De asemenea, utilizatorii beneficiază de o experiență net superioară cu VoWiFi în comparație cu serviciile de voce tradiționale. Avantajele sunt următoarele:

Introducerea calității HD pentru apelurile vocale și video ce îmbunătățește semnificativ calitatea convorbirii obținând un sunet mai clar și mai puține întreruperi în timpul apelurilor.

Durata de inițializare a apelului se scurtează (testele au dovedit că durata de configurare a apelului pe bază de VoWiFi este jumătate din cea pentru un apel CS).

VoWi-Fi este o modalitate rentabilă de a îmbunătăți acoperirea LTE, deoarece există zone în care semnalul este slab, în special în interior. În aceste zone, VoWi-Fi poate fi folosit pentru a îmbunătăți serviciile de voce.

VoWi-Fi nu necesită instalarea unei aplicații sau software. Această caracteristică este „încorporată” în telefonul dvs [1].

Provocări și soluțiile implementării VoWiFi

Pentru a implementa serviciul VoWiFi, trebuie să introducem două noduri noi: Evolved Packet Gateway (ePDG) responsabil pentru crearea tunelului de securitate cu dispozitivul, inclusiv semnalizarea vocală și traficul media și serverul de autentificare, autorizare și contabilitate (AAA) responsabil pentru autentificarea dispozitivelor pentru a stabili tunelul de securitate cu ePDG.

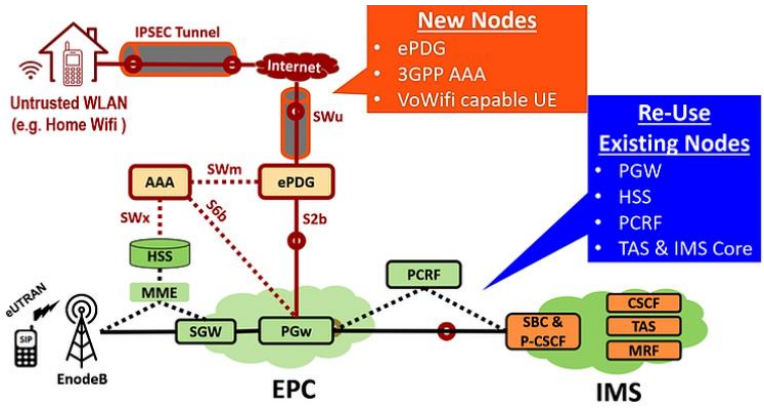


Figura 2. Nodurile ePDG și AAA în VoWiFi

ePDG facilitează conectivitatea și securitatea comunicațiilor dintre clienți și rețeaua de telecomunicații prin intermediul rețelelor Wi-Fi neîncredințat.

Caracteristici cheie și funcționalități:

Securitatea Traficului: securizează traficul de date dintre UE și rețeaua core a operatorului prin implementarea unui canal securizat IPsec.

Managementul Calității Serviciului (QoS): gestionează prioritățile de trafic și alocă resursele necesare de rețea pentru a menține claritatea și stabilitatea apelurilor.

Interoperabilitatea: facilitează interoperabilitatea între rețelele Wi-Fi și rețeaua core LTE/4G.

Autentificarea și Autorizația: ePDG lucrează împreună cu alte elemente de rețea, cum ar fi HSS (Home Subscriber Server) și AAA (Authentication, Authorization, and Accounting), pentru a autentifica utilizatorii VoWiFi și a asigura dreptul să acceseze serviciile oferite.

Gestionarea adreselor IP: responsabil pentru alocarea adreselor IP utilizatorilor care accesează rețeaua prin VoWiFi, facilitând comunicarea între UE și rețeaua operatorului [2].

Pentru autentificare și a ne asigura că doar clienții validați primesc serviciul VoWiFi, avem nevoie de AAA care comunică cu HSS și obține detaliile bazei de date a abonaților. Sarcinile AAA includ:

Autentificarea utilizatorului folosind EAP-AKA și recuperarea informațiilor de autentificare de la HSS. Practic, autentificarea și autorizarea accesului EPC pe interfețele SWm și SWx.

Recuperarea profilului abonatului de la HSS.

Actualizarea și recuperarea adresei IP a P-GW în HSS folosind S6b și SWx (Necesar pentru handover-urile VoLTE și VoWiFi).

Comunicarea informațiilor de autentificare înapoi la ePDG.

Înregistrarea sa în HSS pentru fiecare utilizator autentificat și autorizat [2].

Până în prezent, rețelele care acceptă VoWi-Fi tind să adopte arhitectura de acces non-3GPP neîncredințată pentru a permite abonaților să utilizeze rețele Wi-Fi în afara controlului lor; adică rețele Wi-Fi de acasă, birou, hotspot Wi-Fi. Pentru a asigura funcționarea eficientă a serviciilor Voice over Wi-Fi (VoWiFi) sunt implementate mai multe intervenții tehnologice esențiale:

Selecția WiFi: Acest aspect este crucial pentru determinarea ușurinței cu care un dispozitiv mobil se conectează la rețele Wi-Fi, pentru a beneficia de serviciile VoWiFi. Controlul acestei selecții se poate realiza atât din partea echipamentului utilizatorului (UE), cât și a rețelei. Fig.3 prezintă procesul de selecție Wi-Fi, care este utilizat pentru a asigura continuitatea serviciului de voce în timpul schimbărilor între diferite tipuri de rețele.



Figura 3. Selecția WiFi

ANDSF: folosit pentru controlul în selecția Wi-Fi efectuată de către handset. Aici, UE este informat despre punctele de acces Wi-Fi din apropiere. Operatorul poate ține sub observație puterea semnalului radio și locația utilizatorului instruind proactiv dispozitivul să se conecteze la un SSID WiFi specific, pentru conexiune optimă și rapidă [2].

Securitatea: Confidențialitatea și securitatea datelor este stabilită printr-un tunel IPSec între UE și ePDG, fig.2. Astfel se criptează traficul de date, prevenind accesul neautorizat și interceptarea informațiilor sensibile [3].

Datorită diversităților întreprinderilor vor apărea diferite opinii cu privire la riscurile asociate cu IPSec. În continuare este prezentată o gamă de soluții, de la ușoară la dificilă, pentru implementarea VoWi-Fi în mediul de afaceri:

Nu se impune nicio restricție privind porturile IPSec.

Se oferă un SSID WiFi separat pentru VoWi-Fi cu porturi IPSec de firewall deschise către porturile ePDG ale operatorului. În această abordare, utilizatorii nu au acces la intranetul corporației.

Se activează IPSec doar pentru VoWiFi. Întreprinderile permit conexiuni IPSec în firewall-urile lor către ePDG-uri aparținând furnizorilor de servicii de încredere. O listă de adrese ePDG de încredere este oferită întreprinderii de către furnizorul de servicii pentru a fi adăugată la firewall-ul lor [3].

Transferurile VoWiFi: Asigurarea experienței de utilizare fluidă și continuitate în serviciile de voce, sunt implementate mecanisme de transfer. În fig.4 este reprezentat colaborarea între VoWiFi, VoLTE și rețelele celulare mai vechi 2G/3G.

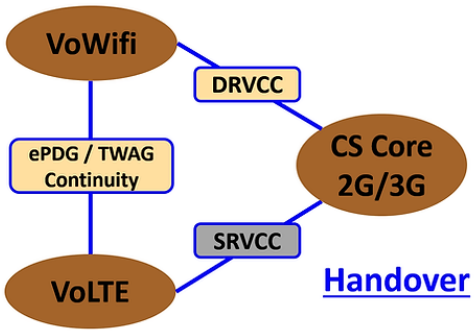


Figura 4. Transferurile VoWiFi

Continuitatea ePDG/TWAG: Efectuează handover între Wi-Fi și LTE utilizând ePDG sau TWAG.

DRVCC (Dual Radio Voice Call Continuity): Este un mecanism care permite transferul apelurilor între VoWiFi și rețelele celulare.

SRVCC (Single Radio Voice Call Continuity): Este un proces prin care un apel este transferat de la VoLTE la rețelele tradiționale de voce 2G/3G fără întrerupere [2].

Necesitatea QoS în VoWiFi:

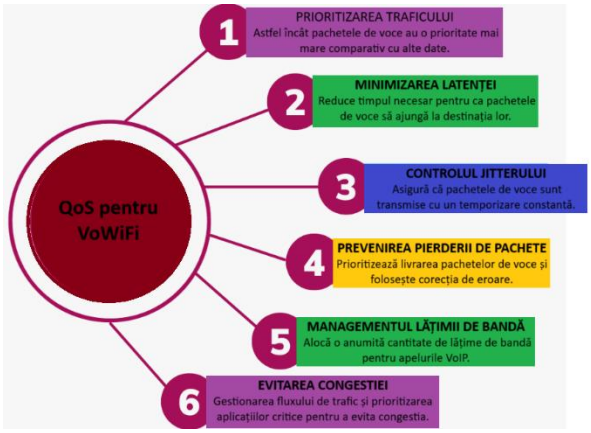


Figura 5. Necesitatea QoS pentru VoWiFi

Figura 5 oferă un rezumat vizual al elementelor cheie care compun necesitatea implementării Quality of Service (QoS) pentru Voice over Wi-Fi (VoWiFi).

Absența QoS în VoWiFi ar duce la o experiență de utilizare frustrantă, apariției vocii metalizate, întreruperi și interferențe, având impact negativ asupra satisfacției generale a utilizatorilor.

Concluzii

În concluzie, tehnologia Voice over WiFi (VoWiFi) marchează un avans semnificativ în evoluția comunicațiilor mobile, oferind beneficii substanțiale atât operatorilor, cât și utilizatorilor. Prin utilizarea rețelelor Wi-Fi existente, VoWiFi permite o calitate superioară a apelurilor vocale și video, îmbunătățind acoperirea în zonele cu semnal slab LTE.

Această tehnologie, elimină necesitatea aplicațiilor terțe și promovează o experiență de utilizare îmbunătățită. Cu toate acestea, implementarea VoWiFi prezintă provocări tehnice și de securitate, inclusiv necesitatea de a gestiona autentificarea și calitatea serviciului (QoS) în rețele fluctuante. Soluții precum selecția inteligentă a rețelelor Wi-Fi și mecanismele eficiente de transfer între VoWiFi și alte tehnologii de voce, cum ar fi VoLTE, sunt esențiale pentru asigurarea unei experiențe fără cusur pentru utilizator.

Referințe

[1] "Rețele IMS.Tehnologii VoLTE/VoWiFi" Disponibil: https://ro.scribd.com/document/471486119/VoLTE-VoWiFi
[2] TelecomTutorial.info. Arhitectura VoWiFi. [citat 26.02.2024]. Disponibil:https://www.telecomtutorial.info/post/02-vowifi-architecture.
[3] Cisco. "Cisco Voice over Wi-Fi Solution." KIPDF, Printed in USA C11-736770-00 [02/2016]. Disponibil:https://kipdf.com/cisco-voice-over-wi-fi-solution_5ab206ab1723dd329c639858.html
[4] WAGDY ANIS AZIZ: *Performance Evaluation of Voice over WiFi (VoWiFi) Using IP Multimedia Subsystem (IMS)* DOI 10.5013/IJSSST.a.24.02.05, ISSN: 1473-804x online, 1473-8031 print.
[5] Lumenci. Voice Over Wi-Fi (VoWiFi): Technology Overview, Opportunities, and Challenges. [citat 25.02.2024]. Disponibil: https://www.lumenci.com/research-articles/voice-over-wi-fi.

ANALIZA TENDINȚELOR ACTUALE PENTRU SUSTENABILITATE ÎN TELECOMUNICAȚII LA NIVEL NAȚIONAL

Elena DUMBRAVA*, Roman CEBAN

Departamentul Telecomunicații și Sisteme Electronice, grupa IMTC-201,
Facultatea Electronică și Telecomunicații, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Rep. Moldova

*Autorul corespondent: Elena Dumbrava, elena.dumbrava@tse.utm.md

Îndrumător/coordonator științific: **Victoria GANEA**, dr. hab., prof. univ., FET, UTM

Rezumat. *Prezentul articolul dezvăluie importanța și oportunitatea intensificării tendințelor actuale din companiile autohtone de telecomunicații cu referire la implementarea inițiativelor de sustenabilitate, astfel urmărind să fie redusă amprenta de carbon, creșterea eficienței energetice, reciclarea deșeurilor electronice și să se promoveze la scară largă practici ecologice în domeniu. În procesul de dezvoltare economică, utilizare activă a tehnologiilor din domeniul telecomunicații asigură tranziția la societatea informațională, unde informația devine cea mai importantă resursă economică. Scopul studiului realizat este de a demonstra că de calitatea măsurilor de dezvoltare sustenabilă și de eficiența implementării acestora depinde în mod direct dezvoltarea sectorului de telecomunicații din republică și vectorul dezvoltării durabile a economiei naționale. Prin urmare, dezvoltarea activă a sectorului de telecomunicații este iminentă astăzi pentru asigurarea progresului economic și menținerea orientării către o societate postindustrială în condiții de sustenabilitate și dezvoltare durabilă.*

Cuvinte cheie: *sustenabilitate, telecomunicații, societate informațională, dezvoltare durabilă.*

Introducere

Pe fundalul realizărilor din ultimele decenii, civilizația modernă se confruntă cu multiple crize, fie de mediu, economice, sociale etc., fapt care impune identificarea unui nou nivel de dezvoltare, capabil să asigure un echilibru calitativ în viața umanității. În acest sens, sustenabilitatea ca și conceptul central al dezvoltării moderne, implică capacitatea de a satisface nevoile actuale fără a compromite dezvoltarea ascendentă a generațiilor viitoare.

În contextul analizat, sectorul telecomunicațiilor joacă un rol esențial, facilitând comunicarea, accesul la informație și stimulând inovarea și progresul tehnologic. Importanța acestuia în dezvoltarea durabilă este incontestabilă, servind ca infrastructură critică pentru economia digitală și având un impact profund asupra competitivității economice și coeziunii sociale, atât la nivel global, cât și național. Telecomunicațiile sunt esențiale pentru dezvoltarea și implementarea noilor tehnologii și facilitează tranziția către bioeconomia circulară inclusiv prin optimizarea utilizării resurselor și reducerea emisiilor de carbon.

Astfel, analiza tendințelor actuale pentru sustenabilitate în telecomunicații la nivel național este oportună, căci reflectă modul în care Republica Moldova se adaptează la condițiile impuse de vectorul dezvoltării durabile și capacitatea de a contribui la obiectivele de sustenabilitate, în lumina angajamentelor internaționale precum Acordul de la Paris și Agenda 2030 pentru Dezvoltare Durabilă a Națiunilor Unite.

1. Analiza tendințelor de sustenabilitate în telecomunicații la nivel global

Actualele realii de sustenabilitate la nivel global evidențiază un interes și o acțiune crescândă în direcția adoptării unor practici care să asigure nu doar progresul economic, dar și protecția mediului și echitatea socială. În acest context, trei tendințe principale se conturează ca fiind definitorii pentru direcția pe care o iau organizațiile, guvernele și societățile în întregul spectru al sustenabilității:

Tranziția Energetică către Surse Regenerabile pentru a micșora emisiile de gaze cu efect de seră care scoate în evidență tendința de tranziție de la combustibilii fosili la surse de energie regenerabilă, precum energia solară, eoliană, hidroelectrică și biomasa. Această schimbare este motivată de nevoia de a reduce emisiile de gaze cu efect de seră și de a combate schimbările climatice.

Energia este încorporată în orice tip de bunuri și este necesară pentru a produce orice fel de serviciu [1]. Totodată, conform datelor de la sfârșitul anului 2022, 38.521.998 kt emisii de CO_2 la nivel global au fost înregistrare, iar principalii poluatori sunt giganții economici precum China, SUA, India etc. (vezi figura 1) [2].

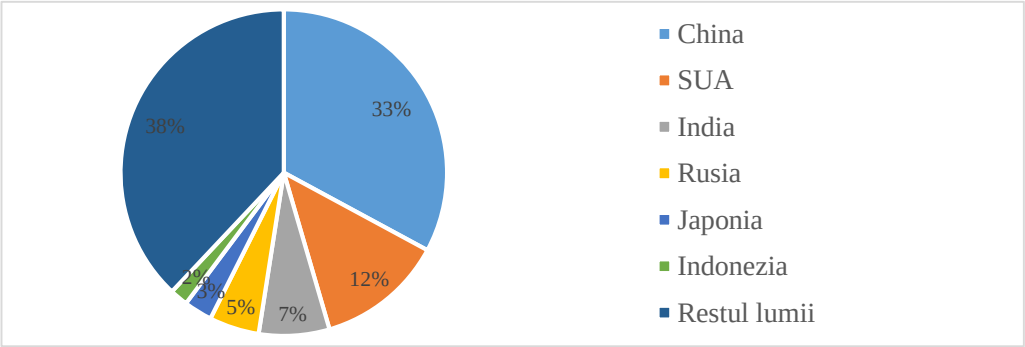


Figura 1. Principalii poluatori cu emisii de CO2 din lume, 2022
Sursa: Elaborată de autori în baza [2]

Analiza bibliografică ne confirmă faptul că actualmente în multe țări, investițiile în energie regenerabilă depășesc pe cele în tehnologiile bazate pe combustibili fosili, indicând o schimbare semnificativă în modul în care lumea se gândește la producția de energie [3; 4]. Această tendință este susținută de inovații în tehnologia de stocare a energiei, care fac sursele regenerabile mai fiabile și competitive din punct de vedere cost.

Economia Circulară: O altă tendință importantă este trecerea la un model economic circular, care promovează reutilizarea, repararea, recondiționarea și reciclarea materialelor și produselor. În total, 62 de milioane de tone de deșeuri electronice au fost produse în 2022. În general, doar 22,3% din deșeurile electronice din lume au fost documentate ca fiind reciclate corespunzător în 2022 [5]. Companiile adoptă strategii de design pentru sustenabilitate, încurajează reciclarea și creșterea durabilității produselor, și explorează noi modele de afaceri, cum ar fi sistemele de produse ca serviciu, care pot reduce consumul de resurse și generarea de deșeuri.

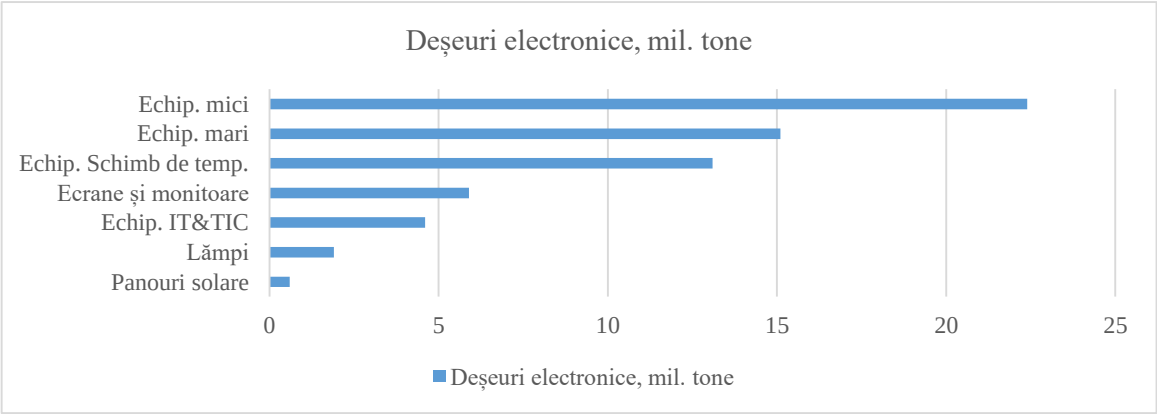


Figura 2. Totalul deșeurilor electronice pe categorii produse în anul 2022
Sursa: Elaborată de autori în baza [5]

Responsabilitate Socială Corporativă și Transparență: Există o tendință clară spre creșterea transparenței în raportarea impactului de mediu și social, companiile din domeniul telecomunicațiilor fiind tot mai mult sub presiunea de a divulga informații legate de amprenta lor de carbon, utilizarea resurselor, practicile de muncă și contribuția la comunitate. Acest lucru este însoțit de o creștere a standardelor și certificărilor de sustenabilitate, care ajută la orientarea consumatorilor și la creșterea încrederii în practicile sustenabile ale companiilor din domeniul analizat.

Aceste trei tendințe, împreună cu inovațiile tehnologice și schimbările în politicile guvernamentale, conturează viitorul sustenabilității sectorului de telecomunicații la nivel global. Ele reflectă o înțelegere tot mai profundă a necesității de a echilibra creșterea economică cu protecția mediului și justiția socială, pentru a asigura un viitor durabil pentru toate generațiile.

2. Analiza tendințelor de sustenabilitate în telecomunicații la nivel național

În contextul celor relatate la nivel global și în baza propriilor studii și observații, autorii constată că Republica Moldova, ca și alte țări din regiune, actualmente își îndreaptă atenția către sustenabilitate și protecția mediului, integrând aceste principii în diverse sectoare, inclusiv în telecomunicații. Această orientare este confirmată în septembrie 2015, când Republica Moldova a adoptat Declarația Summit-ului privind Dezvoltarea Durabilă, alături de alte 192 de state membre ale ONU, angajându-se să pună în aplicare Strategia națională de dezvoltare „Moldova 2030” [6]. În susținerea celor relatate, vom analiza câteva tendințe și inițiative de sustenabilitate observate în Republica Moldova în companiile de top din domeniul telecomunicațiilor.

Compania „Moldtelecom” se angajează să ofere cele mai noi tehnologii și servicii de calitate clienților săi, punând un accent deosebit pe inovație, satisfacția clienților, dar și promovarea soluțiilor sustenabile. La moment, compania întreprinde o serie de acțiuni pentru a minimiza impactul uman asupra mediului și pentru a promova o abordare mai durabilă, cum ar fi:

Trecerea la energie verde: În parteneriat cu USAID, prin intermediul proiectului Securitatea Energetică a Republicii Moldova (MESA), au început o tranziție etapizată către energia regenerabilă, propunându-și să reducă consumul de energie electrică cu 20% prin implementarea unui proiect major de dotare cu panouri fotovoltaice la 270 de locații ale Moldtelecom. Aceasta nu numai că va ajuta să economisească energie, dar va contribui și la reducerea amprentei de carbon pentru a îmbunătăți mediul ambiant, și speră că în următorii câțiva ani vor putea să treacă majoritatea rețelelor fixe și mobile la consumul de energie regenerabilă [7].

Eficiența energetică: Compania „Moldtelecom” migrează de la tehnologia ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) la GPON (Gigabit Passive Optical Network), ceea ce poate reduce semnificativ consumul de energie, contribuind astfel la eficiența energetică prin reducerea consumului de energie datorită tehnologiei optice superioare și infrastructurii pasive.

Responsabilitate socială corporativă: Compania „Moldtelecom” promovează conștientizarea ecologică în rândul angajaților și clienților săi, iar în vederea reducerii impactului uman asupra naturii și în contextul creșterii numărului de dispozitive electronice, care necesită a fi reciclate, în magazinele sale au fost instalate boxe de colectare și reciclare a gadgeturilor, care, la rândul lor, se bucură de un feedback pozitiv din partea comunității noastre.

Compania Moldcell prin intermediul Fundației Moldcell combină elementele de transformare digitală și utilizarea tehnologiilor, reieșind din cei patru piloni de activitate în domeniile cheie: Educație, Societate, Investiții de impact Social și Implementarea Obiectivelor Globale de Dezvoltare Durabilă. De remarcat că Moldcell este prima și unica companie din Republica Moldova care a semnat Memorandumul de Înțelegere privind susținere și promovare a Obiectivelor de Dezvoltare Durabilă ONU și prin toată activitatea sa precum și a Fundației Moldcell contribuie la atingerea acestora [8].

Orange Moldova implementează activ inițiative sustenabile în cadrul operațiunilor sale și respectă politici riguroase de eficiență energetică, extinderea utilizării energiei din surse regenerabile și promovarea economiei circulare. Astfel, compania își aliniază obiectivele cu viziunea Grupului Orange de protejare a mediului, urmărind să atingă nivelul zero de emisii de carbon până în anul 2040. Acest obiectiv este cu zece ani mai devreme decât alte companii de telecomunicații din întreaga lume. Printre aceste acțiuni, pot fi enumerate:

- Solarizarea treptată a site-urilor din rețeaua mobilă;
- Îmbunătățirea eficienței energetice în spațiile echipate cu echipamente, care se realizează prin intermediul soluției Free Cooling;
- Electrificarea treptată a parcului auto pentru a reduce amprenta sa de carbon. Până în prezent, Orange a atins o rată de electrificare a parcului auto de aproximativ 6%, iar până la sfârșitul anului 2025 își propune să ajungă la o cotă de 20% de automobile electrice și hibride în flota sa auto [9].

Concluzii.

În final, putem constata faptul că în ciuda provocărilor actuale ale economiei naționale, există un potențial semnificativ pentru inovare și progres către o telecomunicație mai sustenabilă, în armonie cu mediul și societatea. Sustenabilitatea în telecomunicații este un domeniu dinamic și complex, care necesită angajamentul continuu al tuturor actorilor implicați, de la companii la guvern și societatea civilă. Prin adoptarea și promovarea practicilor sustenabile, sectorul telecomunicațiilor nu doar că își poate reduce impactul negativ asupra mediului, dar poate și să servească drept exemplu și catalizator pentru alte industrii și sectoare economice. Astfel, prin intermediul inițiativelor „re” companiile sectorului de telecomunicații din republică, promovează și implementează intens diverse metode pentru reciclare, reparație sau returnarea dispozitivului mobil vechi pentru a beneficia de reduceri la achiziționarea unuia nou.

De asemenea, în contextul actual, caracterizat de urgența acțiunilor climatice și de nevoia accelerată de tranziție către o economie verde, eforturile sectorului telecomunicațiilor din Republica Moldova reprezintă un pas important și valoros către un viitor mai sustenabil și echitabil pentru toți, iar accelerarea implementării postulatelor de sustenabilitate în sectorul analizat prin optimizarea utilizării resurselor și reducerea emisiilor de carbon reprezintă o necesitate urgentă și o imensă oportunitate pentru Republica Moldova, fapt care ar asigura un echilibru stabil între soluționarea problemelor socio-economice şi conservarea mediului.

Referinţe

[1] Armaroli N., Balzani V. Energy for a Sustainable World: From the Oil Age to a Sun-Powered Future. December 2010. Printed in the Federal Republic of GermanyPrinted on acid-free paper, 2011. ISBN: 978-3-527-32540-5
[2] GHG emissions of all world countries. European Commission report, 2023. https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report_2023
[3] Teske S., Sawyer S. Energy Revolution 2015 a sustainable world energy outlook 2015 - 100% renewable energy for all. Edition World Energy Scenario. 2015, 364 p.
[4] Ha E.-G., Chang J.-A., Byun S.-M., Pac C., Jang D.-M., Park J., Kang S. O. High-Turnover Visible-Light Photoreduction of CO2by a Re(I) Complex Stabilized on Dye-Sensitized TiO2. Chem.Commun. 2014, 50, pp. 4462-4464.
[5] Hunter W. The vast scale of Earth's e-waste in 2022.
[6] Strategia națională de dezvoltare „Moldova 2030” https://gov.md/ro/moldova2030
[7] https://moldtelecom.md/
[8] https://www.moldcell.md/rom/despre
[9] https://www.orange.md/ro/noutate/orange-dezvolta-o-afacere-sustenabila-in-moldova

PROCESUL DE TRANZIȚIE AL UNUI INGINER SPRE FUNCȚIA DE MANAGER

Loredana FLOREA

Departamentul Inginerie Electrică, grupa ISEM-211, Facultatea Energetică și Inginerie Electrică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Rep. Moldova

*Autorul corespondent: Loredana Florea, loredana.florea@ie.utm.md

Îndrumătorul/coordonatorul științific **Maria GRIȚCO**, asistent universitar, FET, UTM

Rezumat. *Cum este posibilă tranziția unei persoane din domeniul ingineresc în domeniul managementului, și de ce abilități este nevoie pentru a deveni un manager de succes?*
Evoluția unui inginer spre o carieră axată pe domeniul managementului include nu doar o ascensiune în titluri profesionale, dar și dezvoltarea cunoștințelor în domeniul ingineresc, și desigur creșterea abilităților de leadership. Este importantă învățarea abilităților esențiale de conducere, înțelegerea nuanțelor dintre liderul tehnic și rolurile de management ingineresc și explorarea strategiilor eficiente de comunicare și feedback constructiv.
În tranziția de la un inginer la un manager, este important de stabilit priorități precum: asigurarea că echipa condusă va atinge succesul având la baza o colaborare eficientă, dezvoltarea abilităților de comunicare și de gestionare a timpului, crearea unui mediu prielnic pentru fiecare membru al întreprinderii, și dezvoltarea continuă nu doar a echipei ci și a propriei persoane.

Cuvinte cheie: *leadership, management, tehnologic, manager, inginerie*

Introducere

Managementul este știința de a-i face pe alții să acționeze în așa fel încât să se atingă obiectivele unei organizații; prin realizarea unor funcții de bază, specifice în dirijarea și utilizarea resurselor umane, materiale și financiare ale organizației [1]. În poziția de manageri sunt acele persoane care dispun de autoritatea de a lua decizii prin care sunt angajate (consumate) resurse, în vederea atingerii unor scopuri (țeluri). Luarea deciziilor poate fi intuitivă, chiar arbitrară sau, dimpotrivă, pe bază de cunoștințe, idei, reguli, principii, respectiv experiența multor altor manageri [1]. Managerul are un șir considerabil de responsabilități cu privire la dezvoltarea fructuoasă a organizație din care face parte, iar unele din acestea sunt revizuirea performanței, oferirea de feedback constructiv, gestionarea părților interesate și realizarea unui plan de activitate pentru companie/echipă. Construirea unui traseu care va duce compania pe culmile succesului presupune ceva mai mult decât niște cunoștințe manageriale, și anume înțelegerea procesului tehnologic și implicarea a 100% din partea liderului. De aici apare ideea de a dezvolta o persoană din domeniul ingineresc, care să creeze un mediu bazat pe relația 50/50, balanța dintre cunoștințe inginerești și abilități de lider.

Manager in domeniul ingineriei

Inginerii își găsesc locul, în mod normal, în sisteme care produc ceva, precum: produse agricole, produse industriale, bunuri de larg consum. Toate aceste sisteme au drept scop funcționarea cu un randament optim, adică să producă rezultate maxime consumând un minim de resurse.

Pentru a funcționa, oricare tip de întreprindere trebuie organizată și condusă. De normă un rezultat mai bun în ceea ce privește excelența profesională și eficiența produsului final o prezintă întreprinderile care au în frunte un manager, care pe lângă abilitățile de lider, acesta prezintă și cunoștințe vaste in domeniul tehnologic, fiind un specialist în inginerie.

Și totuși leadership-ul este o acțiune de conducere complexă, unde nu sunt suficiente doar cunoștințe inginerești. De aceea este necesar ca persoana să obțină experiența practică pentru a înțelege conceptul de leadership.

Etapele profesionale, de la Inginer la Manager

Aspectul esențial asupra căruia se axează subiectul este tranziția de la funcția de Inginer la cea de Manager. Respectiv, conform Fig. 1, avem prezentate etapele profesionale prin care trece persoana care dorește o ascensiune în carieră.

Nivelul inferior îi revine *Inginerului începător*, care de regulă are o diplomă de licență în domeniul ingineresc, căruia de normă, îi revin următoarele funcții: asistarea cu proiectare, analiza, testarea și documentarea sistemelor sau componentelor tehnologice sub îndrumarea unor ingineri mai experimentați [3].

Cel deal doilea nivel îi revine *Inginerului junior*, care a avansat pe măsura dobândirii experienței și cunoștințelor în domeniu. Aceștia de regulă preiau sarcini mai complexe, având responsabilități sporite în planificarea și execuția proiectelor.

Următorul post este cel de *Inginer superior*, acesta are roluri care implică o mai mare independență și responsabilitate în proiectarea, implementarea și depanarea sistemelor tehnice. Inginerii superiori pot prelua, de asemenea, roluri de conducere în cadrul echipelor de proiect și pot îndruma inginerii juniori.

Cea de-a patra etapă profesională este *Inginerul principal*, care este responsabil pentru supravegherea proiectelor specifice sau a aspectelor tehnice ale proiectelor. Ei oferă direcție tehnică, îndrumare și sprijin echipelor de proiect și pot fi implicați în planificarea, coordonarea și alocarea resurselor proiectului.

Penultimul nivel este *Manager de inginerie/ proiect*, care e responsabil pentru supravegherea proiectelor întreprinderii sau a echipelor de inginerie. Acesta coordonează și gestionează termenele, bugetele, resursele și rezultatele proiectului. De asemenea, managerii de inginerie pot fi implicați în planificarea strategică, dezvoltarea afacerii și relațiile cu clienții.

În vârful piramidei sunt *funcțiile de conducere*, care implică responsabilități mai largi, cum ar fi stabilirea obiectivelor organizaționale, gestionarea bugetelor și luarea deciziilor strategice care influențează direcția generală a companiei. Managerii de inginerie cu experiență pot progresa în poziții de conducere superioară sau executive în cadrul organizațiilor lor. Este important de menționat că titlurile prezentate și metodele de carieră pot varia în dependență de organizație și industrie [3].

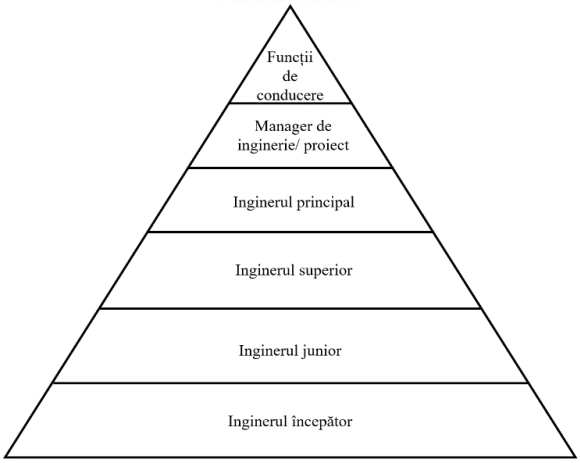


Figura 1. Etapele profesionale, de la inginer la manager

Abilități necesare unui manager în domeniul ingineresc

Tranziția de la un inginer la un rol de manager implică un amestec de expertiză tehnică, abilități de conducere și dezvoltare profesională. În procesul de tranzit este importantă dobândirea de competențe tehnice, și desigur dezvoltarea abilităților de conducere, care implică îmbunătățirea abilităților de comunicare, lucrul în echipă, preluarea rolurilor de leadership în proiecte sau echipe.

Este arhi-importantă și dezvoltarea continuă în bază de cunoștințe manageriale, ce presupune preluare de cursuri de leadership, comportament organizațional, înțelegerea metodologiilor de management de proiect, bugetare și alocarea resurselor [4]. În procesul de creștere în carieră este necesară și construirea unei rețele profesionale puternice în industrie, participarea la evenimente de networking, conferințe și seminare pentru a întâlni alți profesioniști și potențiali mentori. Este utilă și cultivarea relațiilor cu colegii, supraveghetorii și liderii din industrie care pot oferi îndrumare și sprijin în avansarea în carieră. O altă metodă de avansare este demonstrarea abilităților de conducere prin, luarea de inițiativă, rezolvarea de probleme în mod proactiv și demonstrarea angajamentului față de succesul echipei și al organizației.

Abilități indispensabile pentru a deveni un manager de succes

Un lider bun știe cum să creeze o echipă competentă care prezintă abilități superioare în domeniu. Acest tip de echipă este esențial un grup de oameni care au abilitatea de a colabora eficient, cunoscând importanța de a oferi un feedback constructiv unul altuia, dezvoltându-se împreună.

Un manager bun știe cum să creeze astfel de mediu indiferent de situație sau de personalitățile diverse prezente în echipă. A fi un lider bun nu înseamnă doar creșterea oamenilor din echipă, ci și obținerea de rezultate în afaceri [2]. Un manager de succes știe exact cum să dezvolte fiecare membru al echipei, ajutându-l să excleze în domeniu. Acest lider oferă feedback, creează un plan de dezvoltare, și rezolvă problema lacunelor pe care o întâmpină membrii echipei, ajutându-i să atingă obiectivul propus.

O altă calitate pe care un bun manager ar trebui să o posede este crearea unui mediu sigur din punct de vedere psihologic. Ceea ce înseamnă că membrii echipei au dreptul de a face greșeli, și nu va fi aplicat un mod autoritar de constrângere a persoanei vinovate. Este foarte important de știut că primești ceea ce oferi, iar un manager autoritar va avea o echipă a cărei valori vor fi bazate pe competitivitate și individualism [2].

De altfel un manager profesionist coordonează o situație dificilă într-un mod asertiv. Iar comportamentele adoptate ca lider vor fi transmise ușor tuturor membrilor echipei. Cea mai importantă abilitate pe care o deține un manager de succes este comunicarea. Aceasta este extrem de importantă pentru discuțiile eficiente și bine puse la punct. Pentru a crea abilități de comunicare strategice este esențial să identificăm cu cine va avea loc discuția, să înțelegem ce dorim să obținem din discuția respectivă. În plus, este necesară crearea unei agende pentru meeting, prin așa metodă vom gestiona eficient timpul, și vom oferi un impact concret cu informație precisă către echipă.

Concluzii

În urma datelor afirmate putem trage concluzii cu privire la posibilitatea crescută a unui inginer de a deveni un manager de succes. În această evoluție se pune accentul pe dezvoltarea profesională și a diverselor abilități de lider, precum: comunicarea asertivă, oferirea unui feedback constructiv echipei, comportament organizațional, înțelegerea metodologiilor de management de proiect, bugetare și alocarea resurselor.

Ascensiunea în carieră presupune multă muncă asiduă, perseverență și stabilirea de priorități. În plus, un manager își cultivă în permanență atât cunoștințele tehnologice, cât și abilitățile de conducere. Acțiunile unui lider sunt urmate de către echipa pe care o conduce, iar atmosfera creată depinde de cel care este în fruntea piramidei. De aceea un manager bun își asumă toate responsabilitățile la cel mai înalt nivel.

Referințe

[1] Prof. univ. dr. I. Ursachi, Management. București, ASE, 2001.p [7-8]
[2] Become a great engineering manager [online] [accesat 10.03.2024] Disponibil: https://www.youtube.com/watch?v=kZdFRXeuCuY&t=43s
[3] How to become an engineering manager [online] [accesat 08.03.2024] Disponibil: https://graduate.northeastern.edu/resources/how-to-become-an-engineering-manager
[4] 12 Must-Have Skills for Engineering Managers [online] [accesat 08.03.2024] Disponibil: https://fellow.app/blog/engineering/must-have-skills-for-engineering-managers/

FUNCȚIONALUL TEHNOLOGIEI LiDAR ÎN DISPOZITIVELE COMPANIEIE APPLE

Igor FORTUNA

Departamentul Tehnologii si Sisteme Electronice, grupa IMT,
Facultatea Electronica si Telecomunicații, Universitatea Tehnica a Moldovei, Chisinau, Republica Moldova

*Autorul corespondent: Igor Fortuna, igor.fortuna@tse.utm.md

Îndrumător/coordonator științific: **Roman GRIȚCO**, l. univ, FET UTM

Rezumat. *Lidar este o tehnologie apărută în anii 1960 care permite cartografierea terenurilor cu ajutorul undelor laser. Datorita tehnologiilor noi avansate putem primi cu precizie distanta amplasarea și forma obiectelor. Aceasta tehnologie este prezenta în mai multe sfere ale vieții precum și în iPhone ceea ce permite crearea proiectelor în 3D și prezentarea lor la un alt nivel, deoarece acesta tehnologie permite atât scanarea zonelor cu o distanta mana la 10m de la dispozitiv. De asemenea cu ajutorul noilor tehnici și tehnologii aceste proiecte pot fi modificate și aranjate astfel ușurând munca dizainerilor și arhitecților. Aceasta tehnologie este de asemenea utilizata în mașinile noi cu autopilot, care datorita acestei tehnologii poate scana mediul înconjurător și se poate deplasa fără ajutorul omului de asemenea având protocoale speciale pentru evitarea situațiilor excepționale. În timp ce LiDAR începe să fie mai recunoscut și valorificat în dispozitivele de consum, potențialul său complet rămâne încă să fie descoperit și exploatat în viitor.*

Cuvinte cheie: *Modernizare, LiDAR, Ecosistem, Simplitate*

Introducere

Oricare telefon modern reprezintă un ansamblu de tehnologii, multe dintre care sunt destul de simple și pe înțelesul fiecărui utilizator. Spre exemplu fiecare înțelege de ce avem nevoie de motor cu vibrație în telefoane, pentru a putea simți mișcarea telefonului când este în modul silențios, sau daca luam spre exemplu camera foto de ea avem nevoie pentru a face anumite fotografii sau video pentru a le păstra că amintire. Este destul de clar că daca într-un telefon ar lipsi camera sau microfoanele și dinamicele cu siguranță veți observa acest lucru și vă veți întreba de ce aveți nevoie de așa dispozitiv daca în el lipsesc niste lucruri care în ziua de astăzi se considera o necesitate primordiala într-un smartphone.

Însă exista ceva special în versiunile pro ale telefoanelor companieie apple pentru care vă trebui să achitați un plus la preț însă veți avea la dispoziție o tehnologie avansată care va ajuta atât la crearea unui content de înalta calitate cât și va oferi un bonus la Securitate. Acest beneficiu nu este atât de cunoscut și de mulți nu este luat în considerare, dar anume despre aceasta vom vorbi [1-10].

Ce reprezintă tehnologia LIDAR

Per general este o tehnologie care cu ajutorul undelor laser permite scanarea spațiului înconjurător, ceva asemănător cu eholocatia la lilieci. Detectând cât de repede lumina ajunge la obiect și cât de repede se întoarce înapoi, dispozitivul poate calcula poziția și forma obiectului. De asemenea luând în considerare că Sistema poate detecta și unghiul sub care se întorc undele laser aceasta tehnologie poate crea și simularea precisa în 3d a spațiului scanat. Diferență majora intre radar care utilizează undele radio și LiDAR care utilizează lumina laser constă în faptul că cu ajutorul LiDAR putem avea o precizie mult mai mare [1-3].

Tehnologia nu este una noua și a apărut în 1930. La început era folosit în scopuri militare dar ulterior prin anii 1960 a început să fie utilizata pentru cartografiere de oameni de știință iar prima utilizare a acestei tehnologii datorita căruia a fost marcat a fost utilizarea acestei tehnologii pentru scanarea suprafeței lunii în misiunea apollo 15 pentru a primi o harta aproximativa a acesteia [2-6].

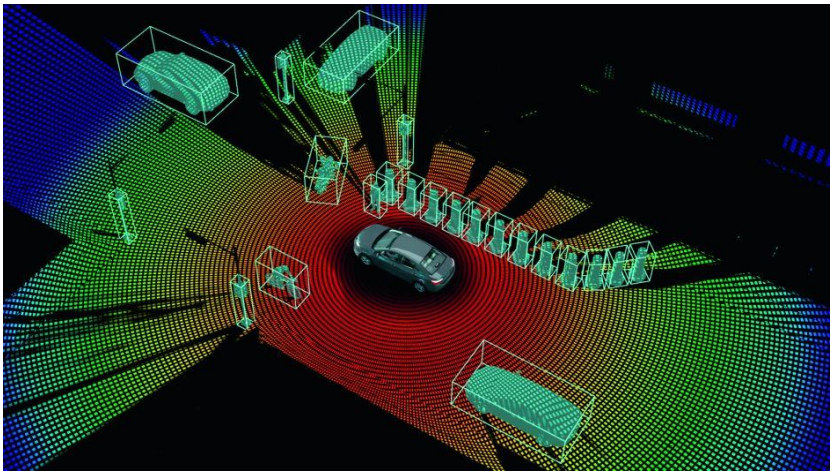


Figura 1. Utilizarea in practica a tehnologiei LiDAR

De asemenea, a fost utilizată pentru scanarea suprafeței terestre cât și a marilor și a oceanelor ceea ce a permis o închipuire mai profunda asupra componentei și creării oceanelor și mărilor. Iar astăzi aceasta tehnologie poate fi întâlnită în foarte multe dispozitive cum ar fi automobilele care pot merge pe autopilot scanând mediul înconjurător, de asemenea în drone sau în aspiratoare robot. Însă aceste tehnologii creează o imagine virtuală slabă a anturajului deoarece aceste dispozitive au nevoie de date doar pentru a crea o cale de deplasare optimală [2-3].

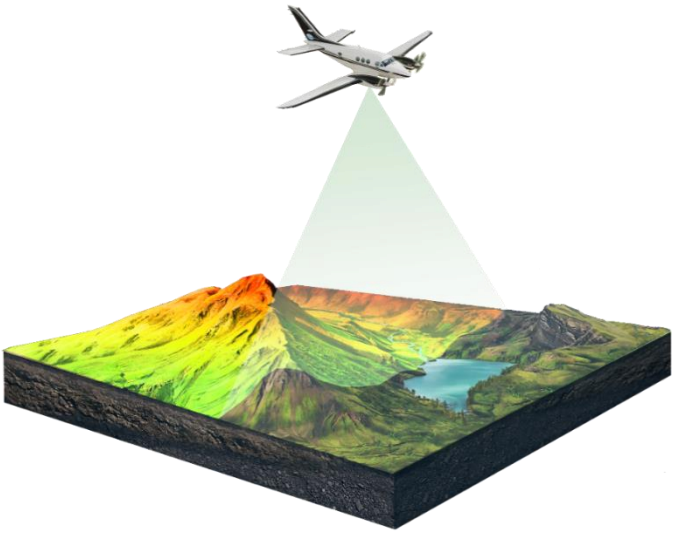


Figura 2. Utilizarea in practica a tehnologiei LiDAR pentru cartografiere

Utilizarea tehnologiei LiDAR în dispozitivele apple

Pentru ce are nevoie de LiDAR un iphone? Din cate știm el nu circulă singur prin casă sau pe stradă pentru a crea situații de accident. În iphone precum și în alte telefoane, LiDAR este utilizat pentru a îmbunătăți calitatea fotografiilor și video atât în timpul zilei cât și în condiții de

iluminare slabă pentru a primi fotografii de calitate înaltă iar ulterior cu ajutorul inteligentelor artificiale să fie posibila modificarea fundalului și focusarea pe anumite obiecte în dependență de distanța acestora față de camera propriu zisă.

De asemenea, această tehnologie poate fi utilizată de către designeri. Cu ajutorul telefonului puteți scana încăperea iar ulterior prin anumite aplicații puteți simula cum ar putea arata diferite proiecte într-o zona anumită a apartamentului sau a casei deoarece inteligenta artificiala va reda cu precizie maximă cum va arata locuința după modificări, iar cu ajutorul unor ochelari de realitate virtuala veți putea vedea schiță proiectului [7-8].



Figura 3. Exemplu de casă scanată cu ajutorul iPhone 13 PRO MAX

De asemenea măsurările în teren sunt mult mai ușor de realizat cu ajutorul dronelor care dețin aceasta tehnologie, ulterior schițând în baza datelor acumulate o cartografiere a locului analizat. Pentru designeri și arhitecți acum a apărut un nou dispozitiv care îi vă putea ajuta foarte mult. Daca ochelarii de realitate virtuală permit vizualizarea doar a proiectul în 3D analizat, apple vision pro permite vizualizarea camerei în timp real și să adaugi sau să scoți obiecte din uz pentru a avea o închipuire reala a ceea cum va arata proiectul final. De asemenea ai posibilitatea în timp real să faci modificări în baza proiectului fără a pierde timp. Aceste posibilități vor mări semnificativ calitatea și timpul pierdut de către designeri și de către arhitecți [4-5].

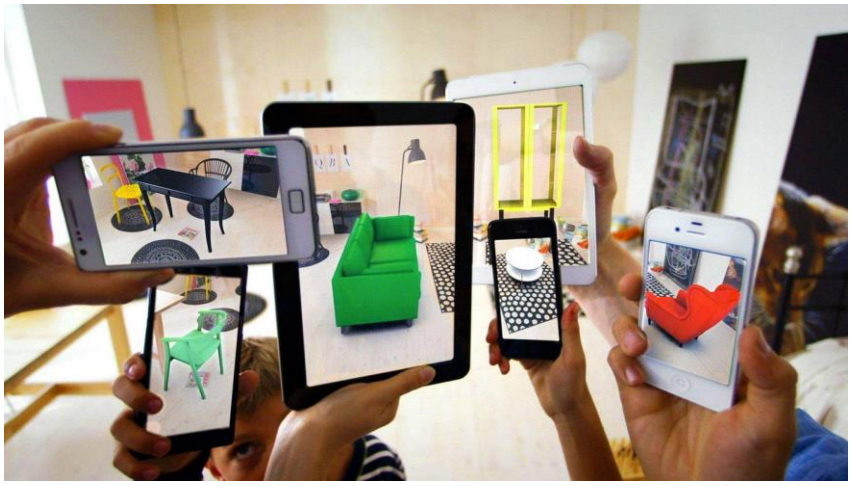


Figura 4. Exemplu de utilizare a tehnologiei LiDAR de către designeri

O tehnologie apropiată de LiDAR utilizată pe larg în telefoanele pe android este ToF.

Aceste două tehnologii au un funcțional asemănător, dar totodată foarte diferit, deoarece tehnologia ToF trimite un singur impuls luminos pentru a scana zona pe când tehnologia LiDAR trimite raze mai mici și mai dese pentru a o scana cu o precizie mai ridicată [9].

Avantajele / Dezavantajele tehnologiei

Avantaje LiDAR

- Datele pot fi colectate rapid și cu o precizie ridicată;
- LiDAR poate fi integrat cu alți senzori: senzori sonar, camera, IMU, GPS, ToF;
- Tehnologia LiDAR poate fi folosită pe timp de zi sau pe întuneric, datorită unui senzor de iluminare activ;
- Poate fi folosită pentru a colecta date din locuri greu accesibile;
- LiDAR sunt rapide și extrem de precise. Acești senzori sunt instrumente excelente pentru a colecta date despre zone vaste de teren;
- Odată configurat corect, un LiDAR este o piesă tehnologică autonomă și poate funcționa destul de mult fără intervenție asupra ei.

Dezavantaje LiDAR

- LiDAR poate fi scump în funcție de specificațiile cerute de proiect;
- LiDAR sunt ineficiente în ploaie abundentă, nori groși, dacă este ceață mare sau fum sau se utilizează obstacole transparente;
- Analiza volumului masiv de date colectate poate consuma timp și resurse;
- Lamele laser puternice utilizate în unele LiDAR pot deteriora ochiul uman;
- Dificultăți de a pătrunde în materie extrem de densă.

Concluzii

În concluzie, tehnologia LiDAR reprezintă un pas important în evoluția dispozitivelor mobile, oferind utilizatorilor posibilitatea de a interacționa cu lumea înconjurătoare în moduri noi și inovatoare. Prin capacitatea sa de a crea hărți 3D precise ale spațiului înconjurător, LiDAR deschide uși către aplicații avansate de realitate augmentată și îmbunătățește fotografia și videografia pe dispozitivele mobile. Introducerea acestei tehnologii în modelele Pro ale iPhone-urilor Apple demonstrează angajamentul companiei către inovație și îmbunătățirea continuă a experienței utilizatorilor. Cu toate că nu este încă pe deplin cunoscută sau utilizată la potențialul său maxim de către toți utilizatorii, LiDAR rămâne un element distinctiv care diferențiază produsele de top de restul pieței și subliniază importanța tehnologiei avansate în viața cotidiană. Tehnologia LiDAR este un exemplu remarcabil al inovației în domeniul dispozitivelor mobile, oferind o nouă dimensiune în interacțiunea cu mediul înconjurător. LiDAR reprezintă un pas important spre viitorul tehnologiei mobile și un factor cheie care diferențiază produsele premium de restul pieței.

Referințe

[1] “Lidar,” Wikipedia, [Online]. Disponibil: https://en.wikipedia.org/wiki/Lidar. Accesat: 26-Feb-2024.

[2] “What is LiDAR?,” Synopsys, [Online]. Disponibil: https: www.synopsys.com/glossary/what-is-lidar.html. Accesat: 27-Feb-2024.

[3] “LiDAR|Earthdata,”NASA,[Online].Disponibil:https://www.earthdata.nasa.gov/technology/lidar. Accesat: 28-Feb-2024.

[4] “WhatisLiDAR?,”NOAAOceanService,[Online].Disponibil:https://oceanservice.noaa.gov/facts/lidar.html. Accesat: 29-Feb-2024.

[5] "LiDAR - Light Detection and Ranging - is a remote sensing method used to examine the surface of the Earth," IBM, [Online]. Disponibil: https://www.ibm.com/topics/lidar. Accesat: 26-Feb-2024.

[6] "What Is LiDAR, and How Will It Work on the iPhone?," How-To Geek, [Online]. Disponibil: https://www.howtogeek.com/695823/what-is-lidar-and-how-will-it-work-on-the-iphone/. Accesat: 27-Feb-2024.

[7] "LiDAR is one of the iPhone and iPad's coolest tricks, and it's only getting better," CNET, [Online]. Disponibil: https://www.cnet.com/tech/mobile/lidar-is-one-of-the-iphone-ipad-coolest-tricks-its-only-getting-better/. Accesat: 28-Feb-2024.

[8] "LiDAR on the iPhone, explained," LiDAR News, [Online]. Disponibil: https://blog.lidarnews.com/lidar-on-the-iphone-explained/. Accesat: 29-Feb-2024.

[9] "iPhone 12: What is LiDAR and how does it work?," Mashable, [Online]. Disponibil: https://mashable.com/article/iphone-12-what-is-lidar-explained. Accesat: 26-Feb-2024.

[10] "iPhone 16 Concept Envisions a Notch-Less Design and a LiDAR Sensor," Wccftech, [Online]. Disponibil: https://wccftech.com/iphone-16-concept-with-lidar-sensor/ .Accesat: 27-Feb-2024.

UTILIZAREA DRONELOR PENRU TOPOGRAFIE ȘI CARTOGRAFIE

Marius GROSU

Departamentul Telecomunicații și Sisteme Electronice, grupa IMT,
Facultatea Electronică și Telecomunicații, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Rep. Moldova

*Autorul corespondent: Marius Grosu, marius.grosu@tse.utm.md

Îndrumător/coordonator științific: **Roman GRIȚCO**, l. univ, FET UTM

Rezumat. *În ultimii ani, tehnologia dronelor a cunoscut o evoluție remarcabilă, transformându-se dintr-un simplu instrument de divertisment într-un vector crucial pentru progrese științifice și tehnologice, în special în domeniile topografiei și cartografiei. Această lucrare explorează integrarea avansată a dronelor în practicile de topografie și cartografie, evidențiind modul în care acestea facilitează colectarea rapidă și precisă a datelor geospațiale de la altitudini și în condiții care ar fi fost anterior dificile sau imposibile de atins. Prin analiza studiilor de caz specifice, precum monitorizarea zonelor inundabile și evaluarea degradării pădurilor, articolul subliniază nu doar eficiența și flexibilitatea acestor tehnologii, ci și contribuția lor semnificativă la îmbunătățirea gestionării resurselor naturale și a planificării urbane. În pofida potențialului lor vast, utilizarea dronelor vine și cu provocări, inclusiv aspecte legate de reglementări și preocupări privind intimitatea. Această lucrare argumentează că, prin abordarea acestor provocări și prin continuarea inovațiilor tehnologice, dronele pot juca un rol și mai important în viitorul topografiei și cartografiei.*

Cuvinte cheie: *Dronă, Topografie, Cartografie, Fotogrammetrie, Teledetecție, GIS*

Introducere

Utilizarea vehiculelor aeriene fără pilot (UAVs), sau drone, în topografie și cartografie, marchează o evoluție semnificativă în modul în care colectăm și interpretăm datele geospațiale. În decursul ultimului deceniu, progresele în tehnologia dronelor au deschis noi posibilități pentru colectarea de date de înaltă rezoluție în mod eficient, transformând radical atât costul, cât și complexitatea operațiunilor de teren. Această lucrare își propune să examineze impactul tehnologiei dronelor asupra topografiei și cartografiei, două domenii în care acuratețea și actualitatea datelor sunt de o importanță capitală.

Vom explora modul în care dronele au îmbunătățit capacitatea de a realiza măsurători precise în terenuri greu accesibile și de a monitoriza schimbările ambientale la scară largă, oferind astfel o perspectivă nouă asupra gestionării resurselor și planificării teritoriale. În plus, discutăm provocările asociate cu integrarea acestei tehnologii emergente în practicile standard de topografie și cartografie și explorăm potențialele soluții pentru depășirea acestor obstacole.

Prin evaluarea atât a beneficiilor, cât și a limitărilor utilizării dronelor, această introducere stabilește scena pentru o discuție detaliată despre viitorul acestor tehnologii în colectarea și analiza datelor geospațiale [1-2].

Dezvoltarea tehnologiei dronelor în topografie și cartografie

Fotogrammetria prin utilizarea dronelor reprezintă un salt tehnologic major, permițând colectarea de imagini aeriene din multiple unghiuri, care sunt apoi procesate pentru a crea modele digitale de teren (DTM) și modele digitale de suprafață (DSM). Această metodă este remarcabilă pentru acuratețea și detaliul pe care îl oferă, fiind utilizată într-o gamă largă de aplicații, de la monitorizarea eroziunii solului până la planificarea urbană (fig. 1).

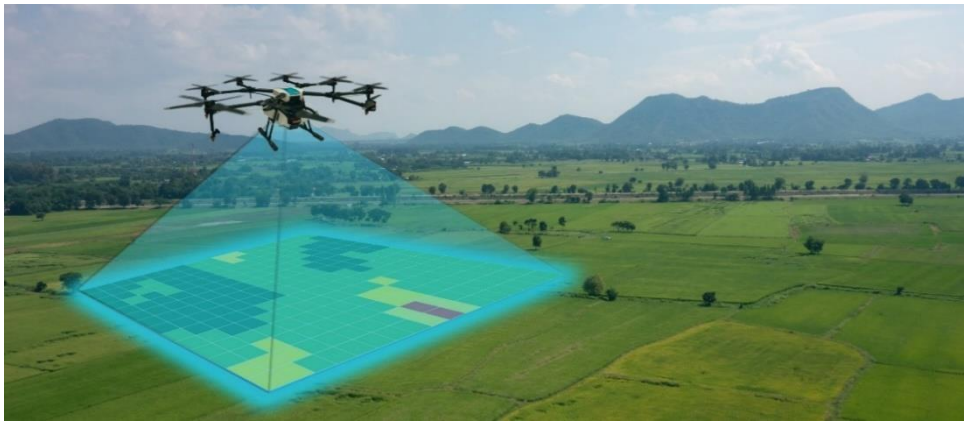


Figura 1. Utilizarea in practica a tehnologiei Fotogrammetria cu Drone

Colectarea datelor are loc cu ajutorul unei drone echipată cu o cameră de înaltă rezoluție, zburând deasupra unei zone de interes(de exemplu, un teren cu variații topografice, clădiri, vegetație). Traseul de zbor al dronei este reprezentat printr-o serie de linii punctate care formează un model gridat, indicând acoperirea sistematică a zonei. Procesarea datelor acestei tehnologii are loc cu ajutorul unui ecran de computer cu o interfață de software de fotogrammetrie, unde imaginile colectate sunt încărcate și procesate. Ecranul afișează progresia de la imagini individuale la un model 3D detaliat al terenului.

Teledetecția implică utilizarea senzorilor montați pe drone pentru a măsura și a înregistra informații despre suprafața Pământului. Această tehnologie este esențială pentru identificarea tipurilor de vegetație, evaluarea resurselor de apă și monitorizarea schimbărilor ambientale. Prin utilizarea teledetecției, cercetătorii pot obține date valoroase despre zone care sunt altfel dificil de accesat.

Drona este echipată cu unul sau mai mulți senzori specializați care pot detecta diferite tipuri de radiații electromagnetice. Acești senzori pot include camere fotografice, camere infraroșii, LiDAR (Light Detection and Ranging), RADAR (Radio Detection and Ranging), și senzori multispectrali sau hiperspectrali. Fiecare tip de senzor este adaptat pentru a colecta anumite tipuri de date, de la imagini vizuale la informații despre temperatura suprafeței sau compoziția chimică.

Înainte de zbor, este necesară planificarea traseului și a altitudinii de zbor pentru a acoperi eficient zona de interes. Aceasta implică stabilirea punctelor de referință, frecvenței de achiziție a datelor și a altor parametri specifici misiunii. Drona execută apoi zborul conform planului prestabilit, asigurându-se că senzorii colectează date de înaltă calitate și acoperă întreaga zonă țintă.

Pe parcursul zborului, senzorii atașați dronei detectează radiațiile reflectate sau emise de obiectele de pe Pământ. Aceasta include lumina vizibilă, radiația infraroșie, microundele etc., în funcție de tipul de senzor utilizat. Datele colectate sunt înregistrate și stocate în memoria dronei sau transmise în timp real către o stație de bază.

Un aspect revoluționar al utilizării dronelor în topografie și cartografie este capacitatea lor de a se integra cu Sistemele de Informații Geografice (GIS). Aceasta permite analizarea și manipularea datelor colectate într-un mediu digital, facilitând crearea de hărți detaliate, analize de teren și simulări. Integrarea GIS extinde capacitatea de a interpreta datele colectate, transformându-le în informații utile pentru deciziile de planificare și gestionare.

Integrarea teledetecției cu drone în sistemele GIS transformă datele brute în informații valoroase, oferind un suport decisiv pentru analiza spațială, planificarea teritorială și monitorizarea mediului. Prin această sinergie, utilizatorii beneficiază de o înțelegere profundă și o capacitate îmbunătățită de a gestiona resursele și teritoriile [1-2].

Studii de caz și aplicații

Cartografierea Zonelor Inundabile. Într-un efort de a înțelege și a preveni impactul inundațiilor în zonele rurale din Bangladesh, cercetătorii au folosit drone echipate cu senzori fotogrammetrici pentru a cartografia terenurile afectate de inundații. Prin zboruri repetate, au fost colectate date precise despre topografia regiunii, permițând identificarea zonelor cu risc ridicat de inundații. Aceste informații au fost esențiale pentru dezvoltarea unor planuri de management al riscurilor de inundații, demonstrând eficacitatea dronelor în monitorizarea și planificarea resurselor hidrografice.

Monitorizarea Degradării Pădurilor. În Amazonia braziliană, dronele au fost utilizate pentru a monitoriza degradarea pădurilor datorată defrișărilor ilegale și schimbărilor de utilizare a terenului. Utilizând tehnici avansate de teledetecție și fotogrammetrie, cercetătorii au putut evalua extinderea și impactul defrișărilor asupra biodiversității și climatului. Această abordare a oferit o metodă cost-eficientă și rapidă pentru colectarea de date actualizate, susținând eforturile de conservare și gestionare durabilă a pădurilor (fig. 2) [3-4].



Figura 2. Monitorizarea pădurilor/spații verzi urbane cu ajutorul dronei

Provocări și Perspective Viitoare

Deși adoptarea dronelor în topografie și cartografie prezintă numeroase avantaje, există provocări semnificative care trebuie abordate, inclusiv problemele de reglementare, preocupările privind viața privată și limitările tehnologice actuale. Această secțiune discută aceste provocări în detaliu și explorează direcțiile viitoare în cercetarea și dezvoltarea tehnologiei dronelor.

Integrarea tehnologiilor de teledetecție cu drone și Sisteme de Informații Geografice (GIS) a deschis noi orizonturi în domeniul colectării și analizei datelor geospațiale. Această combinație de tehnologii aduce o serie de avantaje semnificative, dar și unele dezavantaje care trebuie considerate.

Avantajele Teledetecției cu Drone și Integrării cu GIS sunt: dronele pot zbura și colecta date din zone greu accesibile, furnizând informații valoroase din locuri care altfel ar fi dificil de examinat; Senzorii montați pe drone pot capta imagini și date de înaltă rezoluție, oferind detalii fine necesare pentru analize precise în GIS; În comparație cu colectarea de date prin metode tradiționale (de exemplu, avioane cu echipaj uman sau sateliți), utilizarea dronelor poate fi mult mai cost-eficientă.

Există și un numar semnificativ de dezavantaje, cum ar fi: dronele au limitări legate de autonomia de zbor și capacitatea de încărcare, ceea ce poate restrânge acoperirea și tipurile de

senzori utilizabili în anumite misiuni; Performanța dronelor poate fi afectată semnificativ de condițiile meteorologice, cum ar fi vântul puternic, ploaia sau ceața, limitând capacitatea de colectare a datelor; Volumul mare de date de înaltă rezoluție colectate necesită timp semnificativ și resurse computaționale pentru prelucrare și analiză înainte de a putea fi utilizate efectiv în GIS [5-6].

Concluzii

Integrarea dronelor în topografie și cartografie marchează o evoluție semnificativă în colectarea, analiza și utilizarea datelor geospațiale, transformând modul în care abordăm cartografierea și monitorizarea mediului. Această tehnologie oferă soluții rapide și precise pentru captarea datelor de la altitudini și în condiții anterior considerate dificile sau imposibile. Avansurile în fotogrammetrie și teledetecție, împreună cu integrarea acestor date în sisteme GIS, deschid calea către noi perspective în gestionarea resurselor naturale și planificarea urbană. Cu toate acestea, succesul pe termen lung al acestor inovații depinde de capacitatea noastră de a naviga provocările etice, tehnice și de reglementare. Prin continuarea cercetării și dezvoltării tehnologice, precum și prin stabilirea unor cadre regulatoare echilibrate, dronele pot juca un rol și mai important în viitorul topografiei și cartografiei, oferind unelte esențiale pentru o lume în schimbare rapidă.

Referințe

[1] D. A. Zook și J. M. Baranowski, "Drone Technology in Geospatial Data Acquisition: Advances and Challenges," in Journal of Geographical Systems, vol. 22, no. 2, pp. 455-488, Apr. 2020, doi: 10.1007/s10109-020-00321-4.

[2] S. J. Smith, R. Gupta, și L. X. Zhang, "The Application of UAVs in Topography and Mapping: A Review," in GIScience & Remote Sensing, vol. 57, no. 5, pp. 582-600, May 2021, doi: 10.1080/15481603.2021.1873102.

[3] A. N. Johnson și C. R. Weis, "Flood Zone Mapping with Drone Technology: A Case Study in Bangladesh," in Water Resources Management, vol. 34, no. 14, pp. 4457-4474, Sep. 2020, doi: 10.1007/s11269-020-02654-2.

[4] M. P. Carlson și D. E. Gerson, "Monitoring Forest Degradation in the Amazon Using Remote Sensing Techniques," in International Journal of Environmental Research and Public Health, vol. 17, no. 8, pp. 2875, Apr. 2020, doi: 10.3390/ijerph17082875.

[5] T. R. Greenway, "Challenges and Opportunities in Drone-Based Environmental Monitoring," in Environmental Science & Technology, vol. 54, no. 12, pp. 7124-7133, Jun. 2020, doi: 10.1021/acs.est.0c01253.

[6] F. L. Bell et al., "Integrating UAV Remote Sensing and GIS Technologies: Implications and Challenges for Urban Planning," in Journal of Urban Planning and Development, vol. 146, no. 4, Dec. 2020, doi: 10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000598.

PRINCIPIILE METODOLOGIEI AGILE ȘI IMPLEMENTAREA ACESTORA ÎN MANAGEMENTUL PROIECTELOR COMPANIEI CISCO SYSTEMS, INC

Otilia GUȘAN*, Ana CHETRUȘCA

Departamentul Telecomunicații și Sisteme Electronice ,grupa IMTC-211,
Facultatea Electronică și Telecomunicații, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Rep. Moldova

*Autorul corespondent: Otilia Gușan, otilia.gusan@tse.utm.md

Îndrumătorul/coordonatorul științific **Maria GRIȚCO**, asist univ., FET, UTM

Rezumat. *Metodologia Agile este o abordare dinamică și iterativă în dezvoltarea și managementul proiectelor care se concentrează pe colaborare, adaptabilitate și flexibilitate. Spre deosebire de abordările tradiționale, care se bazează pe planificare și execuție rigidă, Agile promovează interacțiunea strânsă între membrii echipei, feedback-ul constant și capacitatea de a răspunde rapid la schimbările cerințelor și condițiilor de piață. Această metodă se bazează pe principii precum prioritizarea satisfacerii nevoilor clienților și colaborare în cadrul echipei. Echipele Agile lucrează în iterații scurte, numite sprinturi, în care dezvoltarea, testarea și feedback-ul se desfășoară în mod continuu. Prin utilizarea iterațiilor și auto-organizarea echipei, dezvoltarea și livrarea de produse sau servicii de calitate are loc într-un mod eficient. Acestă metodologie nu se limitează doar la industria tehnologică, ci poate fi aplicată într-o varietate de domenii, inclusiv managementul proiectelor, dezvoltarea de produse și marketingul, ducând la îmbunătățirea continuă și adaptarea la cerințele pieței.*

Cuvinte cheie: *iterații, colaborare, flexibilitate, dezvoltare, eficiență, productivitate.*

Introducere

Într-o lume dominată de tehnologii și inovație continuă, ritmul rapid al schimbării cere metode de dezvoltare mai flexibile și mai adaptabile. Metodologiile Agile au devenit esențiale în această privință, oferind o abordare dinamică pentru a răspunde cerințelor pieței și pentru a livra produse de înaltă calitate. În acest articol, vom explora principiile Agile și cum Cisco Systems, Inc. a implementat aceste practici, și ce beneficii au adus în termeni de eficiență și satisfacție a angajaților. Analiza experienței Cisco ne va arăta cum o abordare agilă poate transforma modul în care sunt livrate produsele și serviciile, aducând cu sine rezultate superioare și adaptabilitate sporită la schimbările din piață.

Principiile metodologiei Agile

Agile reprezintă o metodă modernă de a gestiona proiectele, în special cele din domeniul tehnologiilor. Aceasta propune o abordare ce implică divizarea proiectului în iterații scurte (sprinturi) și evidențiază colaborarea cu părțile interesate și îmbunătățirea continuă în fiecare etapă.

Cele douăsprezece principii ale Agile servesc ca fundament, utilizând valorile și practicile acesteia pentru a livra un produs de calitate înaltă, care să satisfacă nevoile clienților și promovarea în cadrul echipei a colaborării și adaptabilității. Acestea sunt:

Clientul este văzut ca element central în procesul realizării proiectului, de aceea satisfacerea continuă a acestuia reprezintă o prioritate.

Acest lucru se realizează prin identificarea necesităților și preferințelor utilizatorilor în timp util, prin actualizări frecvente și iterații ale produsului, astfel permițându-le să ofere feedback și să orienteze eficient direcția dezvoltării.

Necesitatea abordării schimbărilor într-un mod flexibil și adaptabil.

Indiferent la ce etapă de dezvoltare se află proiectul, această flexibilitate permite echipei să ajusteze sau să introducă noi cerințe pe parcursul proiectului, în funcție de schimbările din piață, feedback-ul utilizatorilor sau alți factori externi.

Oferirea frecventă a unei forme adaptate a produsului, în intervale de timp cât mai scurte posibil și regulate.

Această practică permite clientului să beneficieze rapid de noile funcționalități și îmbunătățiri, iar feedback-ul poate fi analizat și integrat rapid în dezvoltarea etapei următoare, astfel contribuind la creșterea satisfacției și obținerea unui avantaj competitiv pe piață.

Colaborarea eficientă și strânsă între membrii echipei de dezvoltare și a persoanelor din domeniul afacerilor participante în cadrul proiectului este esențială.

Prin cooperarea în mod regulat, se promovează o comunicare eficientă și o înțelegere a cerințelor și obiectivelor de afaceri. Această colaborare continuă asigură că rezultatele sunt aliniate cu obiectivele strategice și nevoile reale ale organizației.

Încurajarea organizării proiectelor în jurul indivizilor motivați, oferindu-le mediul și sprijinul necesar pentru a-și desfășura activitățile și pentru a avea încredere în capacitatea lor de a finaliza sarcinile.

Este încurajată libertatea și responsabilitatea individuală, motivând membrii echipei să ia inițiativă și să-și atingă propriul potențial. Astfel, încrederea acordată membrilor echipei va genera implicarea acestora în cadrul proiectului și generarea rezultatelor dorite.

Cea mai bună modalitate de comunicare în echipa de dezvoltare este prin conversații față în față.

Comunicarea directă permite schimbul rapid de informații și clarificarea întrebărilor sau a detaliilor în timp real. Această abordare sporește eficiența și productivitatea, promovează colaborarea și consolidarea relațiilor mai puternice între membrii echipei.

Progresul este cel mai bine evaluat prin prezentarea rezultatelor/produselor funcționale.

Punctul de concentrare în cadrul proiectului este plasat asupra dezvoltării eficiente a caracteristicilor, cât și a testării cu succes, și nu asupra realizării unui plan bine definit. Ulterior, produsul este prezentat utilizatorilor, aceștia generează feedback, ceea ce permite continuarea procesului de îmbunătățire și dezvoltarea continuă.

Menținerea unui ritm de lucru constant și sustenabil pe termen nedeterminat pentru toate părțile implicate.

Deși livrarea rapidă a produsului este un aspect important, mai esențial este văzut faptul ca toți cei implicați să poată lucra într-un mod echilibrat și să beneficieze de sprijinul necesar pentru a-și menține productivitatea pe termen lung. Astfel, se evită epuizarea și se asigură că proiectul poate progresa în mod durabil și eficient.

Focalizarea continuă asupra excelenței tehnice și a unui design de calitate îmbunătățește flexibilitatea și adaptabilitatea.

Echipele sunt încurajate să acorde atenție specială aspectelor tehnice, cât și design-ului pentru a asigura o bază sigură a proiectului. Această abordare contribuie la îmbunătățirea timpului de livrare a produsului și la creșterea satisfacției clienților prin oferirea unui produs fiabil și calitativ.

Simplificarea procesului de muncă și prioritizarea sarcinilor este esențială.

Concentrarea pe activitățile care ar aduce cu adevărat beneficii proiectului și ar contribui la îndeplinirea obiectivelor stabilite reprezintă o modalitate de progresare. Prin eliminarea complexității inutile și concentrarea pe esențial, echipele pot lucra mai eficient și pot livra rezultate de înaltă calitate într-un timp mai scurt.

Capacitatea unei echipe de a se organiza și structura activitatea este interdependentă cu reușita proiectului.

Oferind libertate membrilor echipei la gestionarea procesului de organizare și luare a deciziilor contribuie la explorarea și exprimarea creativității și gândirii critice. Ca și rezultat se prezintă identificarea celor mai eficiente soluții, deoarece membrii echipei la contextul în care se desfășoară proiectul.

La intervale regulate, evaluarea critică a nivelului de funcționare și eficiență al echipei și rezolvarea problemelor existente este absolut necesară.

Este importantă reflectarea și autoevaluarea continuă în cadrul echipei. Prin efectuarea unor sesiuni regulate de reflecție, membrii echipei au ocazia să examineze și să evalueze modul în care lucrează împreună și să identifice modalități de îmbunătățire a eficienței.

Implementarea principiilor Agile de către compania Cisco Systems, Inc

Cisco Systems, Inc este o companie multinațională americană de tehnologie, fondată în 1984 și cu sediul în San Jose, California. Compania este cunoscută pentru dezvoltarea și comercializarea de echipamente de rețea, precum rutere, switch-uri, dispozitive de securitate și echipamente de comunicații unificate. Cisco oferă, de asemenea, o gamă largă de servicii și soluții IT, inclusiv servicii de consultanță, gestionare a rețelelor și securitate cibernetică.

Din 2012, Cisco a introdus facturarea anuală pentru serviciile prestate sub formă de abonament. Printre serviciile de abonament se numără Cisco WebEx, software-ul Unified Communications, Prime Home și Platforma de Schimb de Servicii (SBP).

Platforma SBP (Subscription Billing Platform) este un software complex ca serviciu (SaaS), iar pentru dezvoltarea acestui proiect, inițial, au fost formate echipe distincte care răspundeau de un anumit domeniu, design, construcție, testare și implementare. Astfel, realizarea sarcinilor de către o echipă era dependentă de terminarea sarcinilor de către cealaltă.

Acest model (modelul cascadă) de gestionare a proiectelor a avut un impact negativ, având ca și urmări:

- Perioade lungi între lansări, mai mult de trei luni;
- Prelungirea perioadei de încheiere a documentelor reglatoare;
- Neîndeplinirea termenelor perioadelor de livrare;
- Probleme de calitate cauzate de întârzierea ciclurilor de integrare;
- Ore de lucru prelungite și muncă în weekend pentru a recupera întârzierile în graficul de lucru.

Pentru a depăși aceste provocări, compania a făcut o tranziție de la modelul cascadă, utilizat anterior, la metoda Agile. Astfel, au implementat conceptul de trenuri de lansare, acestea reprezintă echipe formate din mai multe echipe. Au fost formate trei trenuri de lansare, capacități, defecte și remedieri, și proiecte. Toate cele trei echipe au colaborat în vederea construirii și testării caracteristicilor dezvoltate în cadrul platformei SBP.

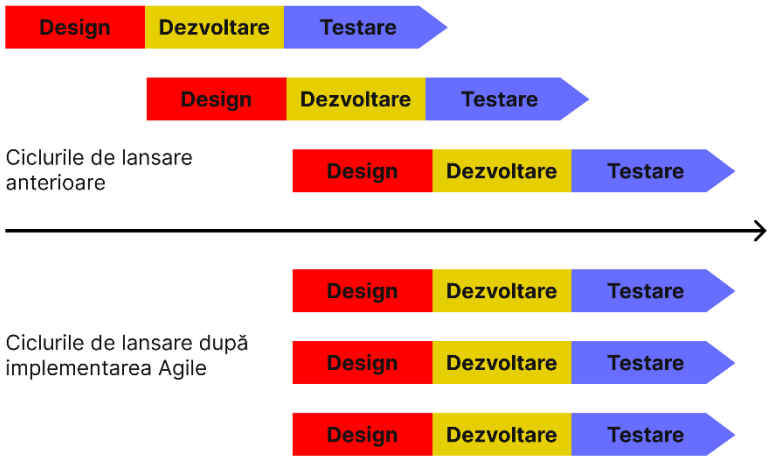


Figura 1. Efectele implementării Agile asupra ciclurilor de lansare

Implementarea livrării continue a dus la o creștere a calității, sporirea productivității și o îmbunătățire a experienței angajaților. Această îmbunătățire a fost evidentă în timpul livrării noii versiuni a SBP, care a fost realizată la timp și a inclus 100% din capacitățile planificate. În plus,

comparativ cu metoda tradițională în cascadă, procentul de respingere a defectelor (DRR) a scăzut cu 16%, iar numărul defectelor critice și majore a înregistrat o scădere de 40%.

Astfel, îmbunătățirea calității și creșterea productivității se datorează colaborării și concentrării echipei care s-a realizat prin alinierea viziunii de ansamblu asupra proiectului pentru toți membrii, stimulând astfel asumarea responsabilității de către fiecare membru. Acest lucru a ajutat toate cele trei echipe să depășească limitele propriului lor domeniu de activitate pentru a contribui la finalizarea cu succes a aplicației și la satisfacerea nevoilor clienților. Totodată, libertatea acordată echipelor a contribuit la administrarea eficientă a propriilor lor activități. Aplicarea Agile, de asemenea, a eliminat necesitatea lucrului în afara orelor de program și în weekend pentru analiză, design și implementare.

Concluzii

Implementarea principiilor Agile în cadrul companiei Cisco a evidențiat nu doar o schimbare în modul de gestionare a proiectelor, ci și o transformare fundamentală în cultura organizațională. Abordarea flexibilă și orientată către colaborare a permis companiei să răspundă mai eficient la schimbările pieței și să ofere soluții inovatoare clienților săi. Prin adoptarea acestor principii, Cisco a demonstrat că agilitatea nu este doar un concept teoretic, ci o practică esențială pentru succesul într-un mediu de afaceri dinamic și competitiv.

Referințe

[1] https://agilemanifesto.org/principles.html
[2] https://en.wikipedia.org/wiki/Agile_software_development
[3] https://zenkit.com/en/blog/agile-methodology-an-overview/
[4] https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/enterprise/cisco-on-cisco/cs-boit-06172016-agile-development.html

PROGRESUL TEHNOLOGIEI Li-Fi (LIGHT FIDELITY) CA O ALTERNATIVĂ POTENȚIALĂ LA Wi-Fi

Daniela GUȚU

Departamentul Telecomunicații și Sisteme Electronice, grupa IMTC-231,
Facultatea Electronică și Telecomunicații, Universitatea Tehnică a Moldovei ,Chișinău, Rep. Moldova

*Autorul corespondent: Daniela Guțu, daniela.gutu@tse.utm.md

Îndrumător/coordonator științific: **Serghei ANDRONIC**, dr., conf. univ., FET, UTM

Rezumat. *În lucrare se expune istoria apariției și progresul tehnologiei Li-Fi (Light Fidelity) ca o potențială alternativă a tehnologiei Wi-Fi, evidențiind punctele ei forte. Sunt prezentate avantajele sale semnificative în comparație cu tehnologia Wi-Fi. Se abordează perspectivele și oportunitățile de dezvoltare ale tehnologiei Li-Fi în viitorul telecomunicațiilor și în alte sfere.*

Cuvinte cheie: *Li-Fi, Wi-Fi, tehnologie nouă, viteză de transmisie, bandă de frecvențe, acoperire.*

Introducere

Societatea modernă este tot mai dependentă de rețelele wireless (fără fir) - acestea sunt sisteme de comunicație, care permit transmiterea datelor fără cabluri sau alte conexiuni fizice. De obicei rețelele de comunicații folosesc unde radio sau semnale de lumină infraroșie pentru a permite transmiterea datelor fără necesitatea unor conexiuni fizice prin cabluri sau alte mijloace tangibile. Rețelele fără fir sunt folosite în toate aspectele vieții noastre, de la comunicațiile personale și sociale până la accesul la informații și servicii online. Oamenii depind de Wi-Fi (Wireless Fidelity), care se referă la tehnologia de comunicație fără fir, utilizată pentru rețelele locale (LAN) fiind o tehnologie folosită pentru a conecta dispozitivele într-o locație geografică restrânsă. Acesta permite dispozitivelor să comunice între ele și să acceseze Internetul fără a fi nevoie de cabluri fizice pentru a se conecta la Internet, a-și verifica e-mailurile, a accesa rețelele sociale și a utiliza diverse aplicații și servicii online. În această dependență tot mai mare, orice limitare sau obstacole întâlnite în tehnologia Wi-Fi pot avea un impact semnificativ asupra funcționării și eficacității. Potrivit unor studii se estimează că volumul traficului global al rețelei va crește în medie cu 30% anual. Până în 2035, acesta va crește de 30 de ori față de nivelurile din anii trecuți [8]. Rețelele wireless sunt supraîncărcate din cauza creșterii numărului de dispozitive conectate și a amplorii fluxurilor de informații. Acest lucru îi încetinește funcționarea.

Prezentarea tehnologiei Li-Fi și avantajele asociate

Li-Fi este o tehnologie de comunicație fără fir care utilizează lumină, funcționând prin utilizarea unui semnal în spectrul optic de la 400 la 800 de Teraherți (THz). Un bec cu LED (Light-emitting diode) dotat cu un cip special face transformarea informației în cod binar și o transmite către dispozitivul utilizatorului, echipat cu fotoreceptoare. Modularea datelor - adică transformarea semnalului - are loc la o viteză de peste 60 de Hz, astfel încât acest proces este inaccesibil ochiului uman [1].

În 2011, fizicianul german Harald Haas a avut ideea inovatoare de a utiliza o lampă cu LED în loc de un router. În condiții de laborator, acesta a obținut rezultate remarcabile - viteza de transfer a datelor a atins 224 Gb/s, echivalentul a aproximativ 10 filme în Full HD descărcate în doar o secundă [1,7]. Tehnologia Li-Fi se bazează pe transmisia datelor prin intermediul undelor electromagnetice din spectrul luminii vizibile (Visible Light Communications - VLC). Un sistem VLC are două componente de calificare:

1. Cel puțin un dispozitiv, care conține o fotodiodă pentru a recepționa semnale luminoase.
2. O sursă de lumină echipată cu o unitate de procesare a semnalului pentru transmiterea datelor.

Sursa de lumină VLC poate fi sub forma unui bec fluorescent sau a unei diode emițătoare de lumină. Cu toate acestea, becurile cu LED sunt cea mai optimă sursă de lumină VLC, deoarece un sistem Li-Fi robust necesită rate extrem de ridicate de ieșire a luminii. Becurile fluorescente emit lumină într-o bandă mult mai largă de lungimi de undă, ceea ce o face o sursă de lumină relativ mai puțin eficientă decât LED. LED, pe de altă parte, este o sursă de lumină care emite lumină într-o bandă foarte îngustă de lungimi de undă, făcându-l o sursă de lumină mai eficientă.

LED este, de asemenea, un dispozitiv cu semiconductori, ceea ce înseamnă că poate amplifica intensitatea luminii și poate efectua comutații rapide. Aceasta este o calitate importantă de căutat într-o sursă de lumină VLC, deoarece Li-Fi se bazează pe fluxul constant de fotoni emiși ca lumină vizibilă pentru transferul de date. Pentru a atinge un echilibru între sursa de lumină VLC și iluminarea casnică, acest curent, precum și ieșirea optică sunt modulate la viteze extrem de mari, făcându-l detectabil de dispozitivul cu fotodiodă și transformat înapoi în curent electric, dar neperceptibil de ochiul uman. Odată ce aceste semnale sunt primite și demodulate, ele pot fi acum transformate într-un flux continuu de date binare, care conțin videoclipuri, imagini, audio, text sau aplicații, care sunt ușor de consumat pe orice dispozitiv compatibil cu Internet. Tehnologia Li-Fi are domeniul de frecvență cuprins între 400 la 800 de Teraherți (THz). Pe când pentru consumatorii Wi-Fi, există trei benzi de frecvență: 2,4 GHz, 5 GHz și 6 GHz. Diferența de frecvență între Li-Fi și Wi-Fi este:

$$(400000\ \text{GHz})/(6\ \text{GHz}) = 66\ 666 \text{ ori.} \qquad (1)$$

Deci, frecvența Li-Fi este de aproximativ 66 666 de ori mai mare decât frecvența Wi-Fi. Această diferență mare de frecvență explică de ce Li-Fi poate oferi viteze de transfer de date extrem de rapide comparativ cu Wi-Fi. Li-Fi utilizează spectrul de lumină vizibilă (VLC) și infraroșu (IR), după cum se observa în figura 1.

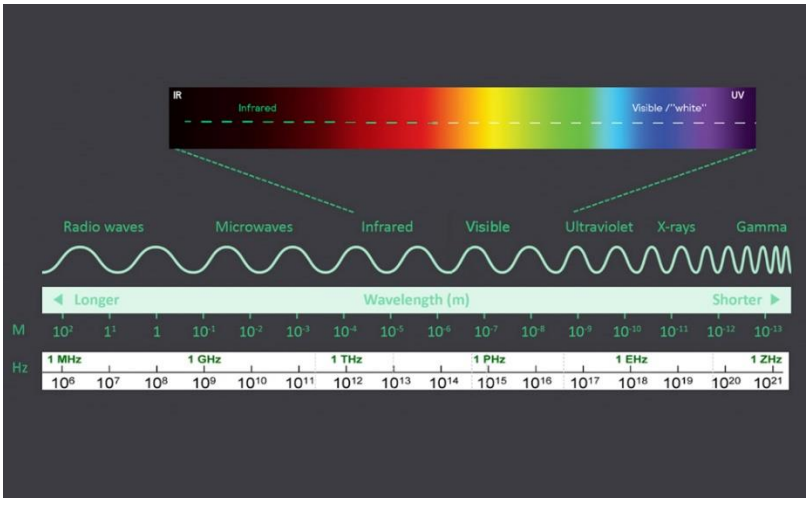


Figura 1. Banda de frecvență și spectrul electromagnetic

Deoarece tehnologia Li-Fi este încă la începutul său relativ, există încă mult loc pentru inovație în creștere. O inovație propusă pentru tehnologia existentă include crearea unui sistem de comunicații bidirecționale similar cu bandă largă convențională și Wi-Fi. Acest lucru se poate face prin interschimbarea luminii vizibile și a luminii infraroșii de la un fotodetector, permițând dispozitivelor mobile conectate să trimită date înapoi la sursa de lumină pentru o legătură în sus. Prin "legătură în sus", se referă la capacitatea dispozitivelor mobile de a transmite date înapoi către sursa de lumină, astfel încât să se realizeze o conexiune bidirecțională. Acest lucru poate

permite, de exemplu, transmiterea de feedback sau de informații de la dispozitivul mobil către sursa de lumină, cum ar fi date despre starea și performanța unui sistem sau comenzi de control.

O altă inovație propusă este reproiectarea LED RGB multicolore pentru a trimite și primi date pe un interval mai larg de semnale decât LED albe acoperite de o singură culoare [2].

Li-Fi și Wi-Fi reprezintă două tehnologii revoluționare în comunicarea fără fir. Se vor analiza utilizările, diferențele și potențialul viitor al Li-Fi în comparație cu Wi-Fi:

Viteza- una dintre cele mai semnificative diferențe dintre Li-Fi și Wi-Fi este în ceea ce privește viteza. Li-Fi oferă viteze de transfer de date de neegalat, atingând până la 224 Gb/s, depășind cu mult maximul de 1 Gbps care se poate realiza de obicei cu Wi-Fi tradițional. Această viteză incredibilă face ca Li-Fi să fie ideal pentru sarcini cu lățime de bandă largă cum ar fi streaming video 4K, realitate virtuală și transferuri mari de fișiere.

Acoperirea este un aspect în care Wi-Fi își depășește rivalul. Datorită naturii sale, undele radio utilizate de Wi-Fi pot traversa pereții, ceea ce permite o acoperire mai mare într-o locație. Pe de altă parte, Li-Fi are o acoperire limitată deoarece lumina vizibilă nu poate traversa pereți, ceea ce limitează zona de acoperire la încăperile în care sunt instalate sursele de lumină Li-Fi.

Securitatea este un alt domeniu în care Li-Fi excelează. Utilizarea de către Li-Fi a undelor luminoase care nu pot pătrunde în pereți reduce drastic riscul de interceptare a datelor de către utilizatorii neautorizați în afara camerei. Această caracteristică face Li-Fi foarte potrivit pentru medii sigure, cum ar fi birourile guvernamentale și instituțiile financiare.

Interferența- dispozitivele Li-Fi nu interferează între ele în rețea datorită naturii lor de comunicare prin lumină vizibilă. Fiecare dispozitiv Li-Fi utilizează un canal de comunicație separat, bazat pe modularea luminii LED sau a altor surse de lumină, pentru a transmite și recepționa date

Instalarea-instalațiile Li-Fi sunt ușoare și discrete. În industrii precum transportul aerian, Li-Fi poate reduce semnificativ greutatea echipamentelor de comunicații, reducând astfel emisiile de CO_2 și costurile operaționale. Integrarea sa în sistemele de iluminat existente face din Li-Fi o alegere convenabilă și eficientă [3,4].

Puncte slabe ale tehnologiei Li-Fi

Deși tehnologia Li-Fi există, nu este încă disponibilă pentru consumatorii obișnuiți și vor trece mulți ani până acest lucru se va întâmpla. Este o tehnologie încă experimentală și chiar dacă pare ceva minunat, să nu se uite ca există și dezavantaje, dintre acestea se poate de menționat:

Undele de lumină nu trec prin obiecte, așa cum fac undele radio, deci dacă există o interferență, semnalul se pierde.

Distanța maximă între două dispozitive Li-Fi este de maxim 10 metri și numai dacă între acestea există vizibilitate directă.

Este sensibilă la interferențele provocate de lumina naturală sau cea artificială provenită de la becurile clasice [3].

Perspective de viitor ale tehnologiei Li-Fi

Tehnologia Li-Fi are potențialul de a fi utilizată în diverse aplicații și prezintă perspective interesante pentru viitorul conectivității și comunicațiilor. Iată câteva aplicații și perspective în viitor pentru tehnologia Li-Fi:

• *Iluminat inteligent:* Iluminatul privat sau public, inclusiv lămpile de stradă, poate fi utilizat pentru a furniza hot-spots Li-Fi și aceeași infrastructură de comunicații și senzori poate fi utilizată pentru a monitoriza și controla iluminatul și datele.

- *Conectivitate mobilă:* Telefoanele inteligente, tabletele, laptopurile și alte dispozitive mobile pot interconecta direct folosind Li-Fi. Utilizarea legăturilor pe distanțe scurte oferă rate de date foarte mari și, de asemenea, furnizează securitate.
- *Evitarea RF(Radiofrecvența):* Unii oameni insistă că sunt hipersensibili la frecvențele radio și caută o alternativă. Li-Fi este o soluție bună la această problemă.

- *Servicii bazate pe locație (LBS-* este un sistem de localizare prin intermediul semnalului celular, localizarea făcându-se in raport cu antenele de semnal GSM ale operatorilor locali de rețele de telecomunicații GSM). Servicii extrem de precise de informații specifice locației
- *Educație:* Li-Fi este tehnologia de vârf care îmbunătățește viteza de acces la Internet cu lățime de bandă mare. Prin urmare, instituțiile de învățământ și organizațiile pot folosi această tehnologie pentru accesul la Internet cu viteză rapidă pentru videoconferințe, descărcări de tutoriale digitale și învățare online.
- *Medii periculoase:* Li-Fi oferă o alternativă sigură la interferența electromagnetică din comunicațiile cu frecvență radio în medii precum minele și uzinele petrochimice.
- *Spital și îngrijire medicală:* Li-Fi nu creează interferențe electromagnetice și, prin urmare, nu interferează cu instrumentele medicale, nici nu este interferată de scanerele MRI (imagistică prin rezonanță magnetică).
- *Console de jocuri:* O idee modernă ar fi să se pună senzori pe un televizor pentru a primi informații de la consolele de jocuri. Acest lucru ar permite unității să fie plasată literalmente într-un loc din cameră atât timp cât există o linie directă de vedere către senzor.
- *Comunicații subacvatice:* Datorită absorbției semnalelor puternice în apă, utilizarea frecvențelor radio este nepotrivită. Undele acustice au cea mai mică lățime de bandă și perturbă viața marină. Li-Fi oferă o soluție pentru comunicările pe distanțe scurte [5,6].

Concluzii

În această lucrare sau elucidat unele aspecte ale tehnologiei Li-Fi în comparație cu Wi-Fi. Pe baza acestui articol s-a determinat că Li-Fi este un domeniu în curs de dezvoltare, care necesită investigații suplimentare. A fost prezentată o scurtă istorie a apariției acestei tehnologii, modul de funcționare, avantajele sale în comparație cu Wi-Fi, dar și unele puncte slabe. Este evident că multe dintre aceste elemente necesită cercetări mai complexe pentru a oferi oportunități de dezvoltare a tehnologiei Li-Fi.

Referințe

[1] https://iks.ru/news/chto-takoe-li-fi-i-kak-rabotaet-tehnologiya
[2] https://lifi.co/how-lifi-works/
[3] http://1234g.ru/novosti/li-fi
[4] https://lifi.co/lifi-vs-wi-fi-understanding-the-differences-and-benefits/
[5] https://hal.science/hal03371883/file/The%20Next%20Generation%20of%20Wireless%20Communication%20Using%20%20Li-Fi%20(Light%20Fidelity)%20Technology%20(1).pdf
[6] A Review on LiFi Network Research: Open Issues, Applications and Future Directions
[7] The Next Generation of Wireless Communication Using Li-Fi (Light Fidelity) Technology https://hal.science/hal03371883/file/The%20Next%20Generation%20of%20Wireless%20Communication%20Using%20%20Li-Fi%20(Light%20Fidelity)%20Technology%20(1).pdf
[8] https://sber.pro/digital/publication/luch-sveta-chto-takoe-li-fi-i-chem-luchshe-wi-fi/

ANALIZA EVOLUȚIEI REȚELELOR MOBILE 5G: IMPACTUL SERVICIILOR 5G ÎN DEZVOLTAREA DURABILĂ A ECONOMIEI

Anton IACOVLEV

Departamentul Telecomunicații și Sisteme Electronice, grupa IMTC-231,
Facultatea Electronică și Telecomunicații, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Rep. Moldova

*Autorul corespondent: Anton Iacovlev, anton.iacovlev1@tse.utm.md

Îndrumătorul/coordonatorul științific **Lilia Sava**, dr., conf. univ., FET, UTM

Rezumat. *A cincea generație de rețele mobile, cunoscută sub denumirea de 5G, reprezintă o evoluție semnificativă a tehnologiilor de comunicații mobile, aducând cu sine îmbunătățiri în performanță, latitudine de bandă, viteze de transfer de date, latență redusă și capacități de conectivitate masivă. Conceptul 5G a fost dezvoltat ca răspuns la prognoza evoluției rețelei Internet către o fază viitoare cunoscută sub denumirea de Internetul Lucrurilor (IoT), în care sute de miliarde de dispozitive mobile, incluzând computere, smartphone-uri, tablete, aparate casnice, îmbrăcăminte inteligentă, senzori și vehicule pot fi interconectate. Sistemele 5G au capacitatea de a oferi acces la servicii de bandă largă oriunde, facilitând stocarea datelor în cloud, experiențe de jocuri în timp real, aplicații ce implică realitate virtuală și augmentată, soluții pentru case inteligente sau orașe inteligente, conducere autonomă a vehiculelor, control autonom al liniilor de producție, aplicații medicale, securitate la domiciliu și personală, și multe altele.*

Cuvinte cheie: *Generații Rețelelor Mobile 1G, 2G, 3G, 4G, 5G, progres tehnologic, evoluția rețelelor mobile, arhitectura rețelei, analiza impactului serviciilor 5G, volumul trafic mobil anual.*

Introducere

Lumea tehnologiei mobile a suferit o evoluție remarcabilă de-a lungul anilor. Pentru a înțelege pe deplin impactul semnificativ asupra societății, economiei și vieții cotidiene, este necesar să privim retrospectivă dezvoltării rețelelor mobile. Începând de la prima generație a rețelelor mobile 1G, care a facilitat doar apelurile vocale, până la revoluția tehnologică a rețelelor 5G, care au introdus conectivitatea la internet și serviciile multimedia la viteze impresionante, vom analiza cum s-au dezvoltat rețelele mobile în ultimele decenii.

Comunicația fără fir a început odată cu Marconi, un inventator italian care, în 1895, a transmis semnale de cod Morse folosind unde radio pe o distanță de 3,2 km. Aceasta a fost prima transmisie fără fir din istoria științei. De atunci, inginerii și oamenii de știință au lucrat la dezvoltarea comunicației eficiente folosind undele radio.

Telefonul a devenit popular în mijlocul secolului al XIX-lea. Datorită conexiunii prin cablu și mobilității restricționate, inginerii au început să dezvolte un dispozitiv care să nu necesite o conexiune prin cablu și care să transmită vocea folosind unde radio.

În 1947, Laboratoarele Bell au început să exploreze conceptul conform căruia celulele mobile de putere mică administrate prin calculator ar permite utilizarea frecvențelor de către un număr mai mare de abonați, crescând în același timp și gradul de mobilitate al acestora (tehnologia informatică care să poată susține acest nou tip de comunicații a fost lansată abia în mijlocul anilor '60 odată cu descoperirea circuitelor electronice comutate).

Ziua oficială de naștere a comunicațiilor celulare este considerată a fi 3 aprilie 1973, când șeful diviziei de comunicații mobile a Motorola, Martin Cooper, l-a sunat pe șeful

departamentului de cercetare AT&T Bell Labs, Joel Engel, pe o stradă aglomerată din New York. Aceste două companii au fost la baza telefoniei mobile.

De aici a început conceptul de "generație a unei rețele mobile".

Acest concept se referă la un grup de tehnologii, standarde și protocoale care definesc caracteristicile și capacitățile acelei rețele într-o anumită perioadă de timp. Fiecare generație reprezintă o etapă de dezvoltare și avansare a rețelelor mobile, aducând îmbunătățiri semnificative în performanța, viteza, capacitatea și funcționalitățile disponibile pentru utilizatori. De obicei, o nouă generație este introdusă aproximativ la fiecare 10 ani și aduce cu ea tehnologii și servicii noi.

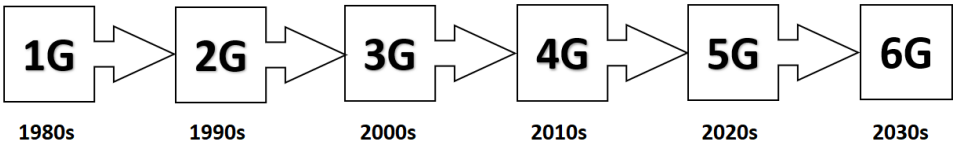


Figura 1. Evoluția rețelelor mobile.

Elaborat de autor în baza istoriei evoluției rețelelor mobile.

De la primele zile ale comunicațiilor mobile, construirea dispozitivelor mobile cu costuri mai ieftine și un consum redus de energie a fost o cerință-cheie pe piață. Pentru a face posibilă realizarea viziunii de conectare a miliardelor de senzori fără fir, este necesar să ne concentrăm pe reducerea costurilor acestor dispozitive și a consumului lor de energie. Toți producători mari de smartphone-uri, cum ar fi Samsung, Apple, Huawei, Xiaomi, OnePlus și alții, au lansat modele 5G. Dispozitivele mobile 5G sunt echipate cu chipset-uri și antene speciale pentru a permite conectivitatea 5G. Aceste dispozitive au, de obicei, ecrane avansate, camere performante și alte caracteristici tehnice ridicate pentru a răspunde cerințelor utilizatorilor moderni. Există diverse modele de smartphone-uri 5G, de la variante de buget până la flagship-uri cu specificații tehnice avansate. Utilizatorii pot alege dintr-o gamă variată de opțiuni, în funcție de nevoile și bugetul lor. Pe lângă smartphone-uri, există și alte dispozitive care beneficiază de tehnologia 5G, cum ar fi routerele 5G, hotspot-urile mobile și dispozitivele IoT, care sunt proiectate pentru a funcționa pe rețelele 5G.

Descoperirea și dezvoltarea tehnologiei 5G nu pot fi atribuite unui singur moment sau unei singure persoane, ci reprezintă rezultatul unui efort colectiv și continuu în domeniul comunicațiilor fără fir.

Evoluția rețelelor mobile 5G

Conversațiile despre tehnologia 5G au început în jurul anilor 2010, cu experți din domeniul comunicațiilor care anticipau nevoia unei rețele mai rapide și mai eficiente pentru a satisface cerințele viitoarelor aplicații și dispozitive. Grupurile de standarde, cum ar fi Uniunea Internațională de Telecomunicații (ITU) și organizațiile industriale 3GPP (3rd Generation Partnership Project), au început să definească cerințele pentru tehnologia 5G în ceea ce privește viteză, latență redusă, capacitate sporită și suport pentru un număr masiv de dispozitive conectate.

În jurul anului 2013, s-au desfășurat ample proiecte de cercetare și dezvoltare pentru a explora tehnologiile potențiale care ar putea sta la baza rețelelor 5G. S-au investigat aspecte precum Massive MIMO, BeamForming, tehnologii de antenă avansate și concepte de rețele de tip slice.

În perioada anilor 2015-2017, au fost lansate primele specificații tehnice pentru 5G, cu discuții detaliate privind parametrii tehnologici esențiali. 3GPP a început să definească cerințele pentru 5G în cadrul studiului tehnic "5G Radio Access". La sfârșitul anului 2017 3GPP a finalizat specificațiile pentru primul set de standarde 5G în cadrul Release15, care a inclus 5G NR (New Radio) pentru frecvențe sub-6 GHz și milimetrice (mmWave). În aceeași an 2017 au

avut loc primele teste de teren pentru tehnologia 5G în diverse regiuni ale lumii. Aceste teste au vizat validarea conceptelor și evaluarea performanțelor în condiții reale.

Începând cu 2018 tehnologia 5G era în faza de pregătire pentru lansarea comercială. Organizațiile de standarde, în special ITU și 3GPP, au finalizat primele specificații tehnice pentru tehnologia 5G. Companii din industrie, operatori de telecomunicații și furnizori de echipamente și-au anunțat planurile de implementare a tehnologiei 5G, formând parteneriate pentru dezvoltarea și testarea echipamentelor. Au avut loc discuții internaționale despre avantajele 5G, impactul asupra economiilor naționale și necesitatea standardelor globale pentru interoperabilitate.

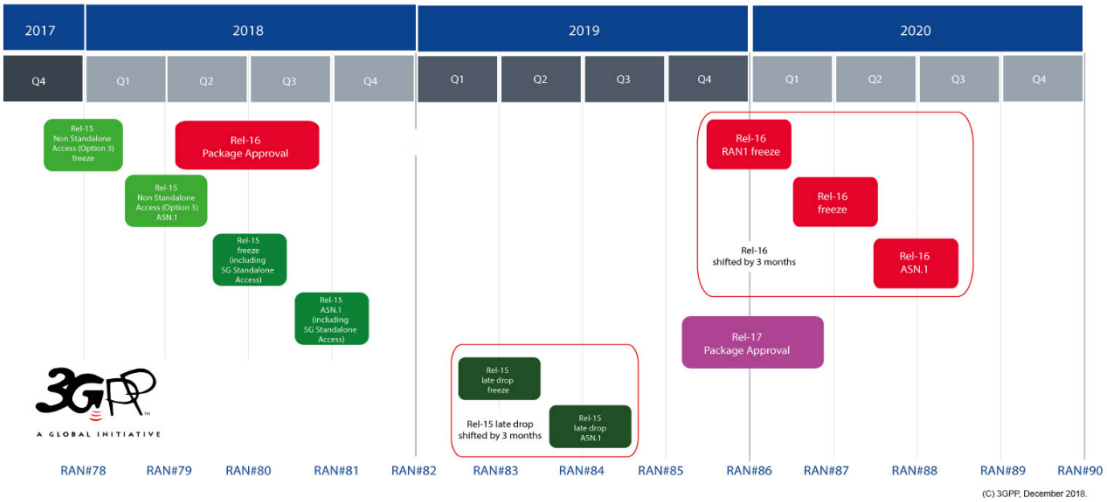


Figura 2. Evoluția rețelelor 5G pe an și lansările 3GPP

Sursa: elaborat de autor în baza ***https://www.3gpp.org/***

Prima rețea 5G comercială a fost lansată în Coreea de Sud de operatorul SK Telecom la sfârșitul lunii aprilie 2019. Lansarea a avut loc în orașe majore precum Seul și alte regiuni ale țării, marcând astfel începutul implementării 5G la nivel global. Această lansare a reprezentat un moment important în istoria comunicațiilor mobile. Alți operatori din SUA, precum Verizon și AT&T, au urmat cu lansări comerciale în aceeași perioadă. Din acest an o serie de dispozitive compatibile cu 5G au fost lansate pe piață, inclusiv smartphone-uri, routere și dispozitive IoT.

In anul 2020 apare o inițiativă globală pentru stabilirea standardelor tehnologice ale rețelelor mobile 5G, IMT-2020 (International Mobile Telecommunications-2020). Prin intermediul IMT-2020, ITU stabilește cerințele minime pentru tehnologiile 5G, inclusiv viteză de descărcare și încărcare, latență redusă, densitatea dispozitivelor și eficiența energetică. Aceste cerințe sunt stabilite pentru a ghida dezvoltarea și implementarea tehnologiilor 5G la nivel mondial și pentru a asigura un cadru comun pentru standardele tehnice.

În perioada anilor 2020-2021 rețelele 5G au fost extinse în mai multe regiuni, inclusiv în orașe mari și centre urbane in Europa, Asia și America de Nord. 3GPP au lansat specificațiile versiunii evoluate ale 5G, cum ar fi 5G NR (New Radio), pentru a aduce îmbunătățiri în performanță și eficiență. În prezent, se explorează și implementează aplicații diverse ale tehnologiei 5G, cum ar fi Internet of Things (IoT), realitate augmentată și virtuală (AR/VR), precum și tehnologiile avansate pentru industrie și sănătate. Organizația de standardizare 3GPP a continuat să optimizeze specificațiile 5G și a lansat actualizări minore pentru a îmbunătăți performanța și eficiența rețelelor.

În iunie 2020 a fost făcută lansarea Release 16 a 3GPP, care a adus noi funcționalități și extensii pentru a susține implementări 5G avansate, cum ar fi suportul pentru rețele private și îmbunătățiri ale lățimii de bandă. Operatorii de telecomunicații și furnizorii de echipamente au început să implementeze noile caracteristici din Release 16, extinzând astfel capabilitățile rețelelor 5G. Se așteaptă ca furnizorii și operatorii să continue să implementeze caracteristicile

din Release 16, iar 3GPP să continue să dezvolte noi standarde pentru a îmbunătăți performanța, eficiența și capabilitățile 5G. Dezvoltarea tehnologiei 5G este în continuare în desfășurare, cu eforturi continue pentru optimizare și inovare.

La momentul anului 2023 tehnologia 5G este deja implementată de 229 operatori în mai mul de 70 țări din întreaga lume, si continuă sa crească.

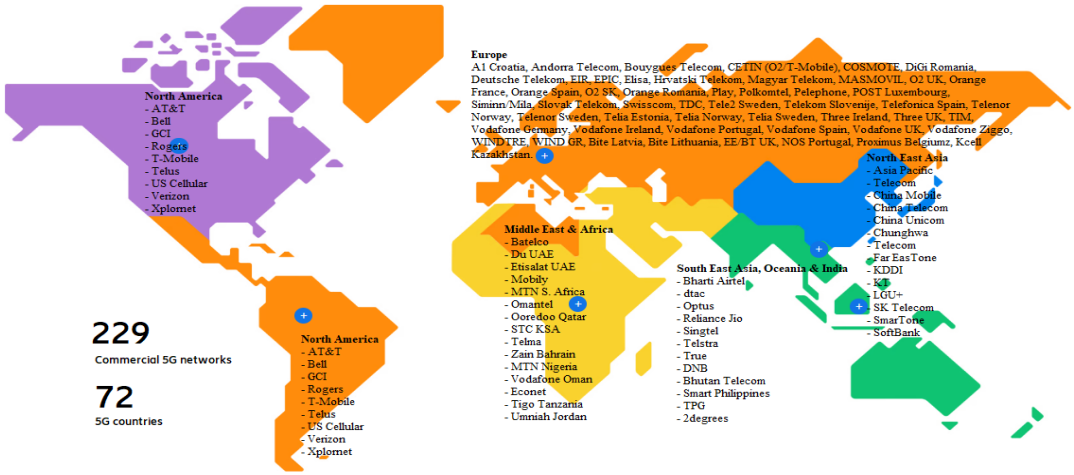


Figura 3. Acoperire mondiala 5G, rețele oficiale, țări

Sursa: elaborat de autor în baza ***https://www.gsma.com/****.*

Impactul serviciilor 5G în dezvoltarea durabilă a economiei.

În acest capitol sunt descrise informațiile cheie legate de statutul actual al implementării rețelelor 5G si prognozele pe viitor, bazate pe analiza datelor statistice de la furnizori de servicii mobile, volumul traficului mobil, dispozitive mobile și a serviciilor acestuia în diverse locații din rețelele mobile. Informația a fost luata din raport anual de la compania Ericsson (Ericsson Mobility Report | June 2023).

Rețele 5G se dezvoltă rapid - numărul total de abonamente 5G este proiectat să depășească cantitatea de 1,5 miliarde în 2023, crescând cu 500 de milioane în doar 1 an. Prognoza globală a abonamentelor 5G a fost ajustata luând in considerație licitațiile de spectru amânate în mai multe țări și condițiile macroeconomice dificile. Se prevede acum că abonamentele 5G vor ajunge la 4,6 miliarde la nivel global până la sfârșitul anului 2028, reprezentând mai mult de 50% din toate abonamentele mobile. Astfel, 5G va deveni tehnologia dominantă de acces mobil prin abonamente în 2028.

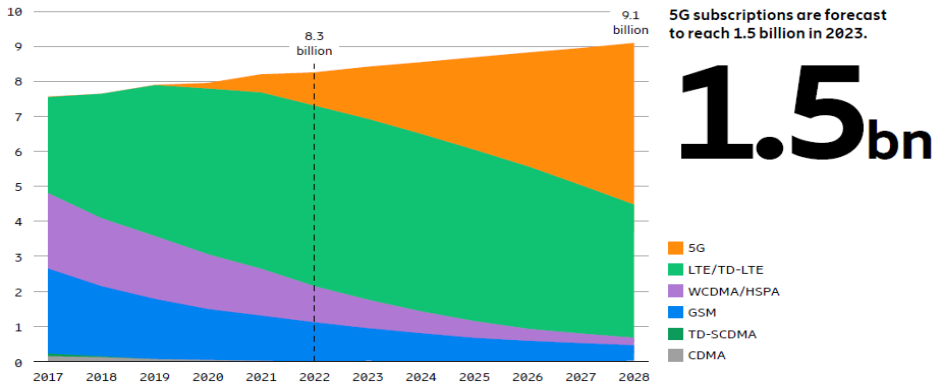


Figura 4. Numărul total de abonamente pe tehnologii (miliard)

Sursa: elaborat de autor în baza Ericsson Mobility Report, November 2023.

Veniturile cresc pentru furnizorii de servicii în cele mai bune 20 de piețe 5G, înregistrând o creștere de 7% în ultimii 2 ani. Mai mult de 100 de furnizori de servicii oferă acum servicii de acces wireless fix prin tehnologia 5G. Cele mai răspândite servicii 5G lansate de operatorii

mobile sunt eMBB (enhanced mobile broadband), FWA (Fixed Wireless Access), jocuri și unele servicii bazate pe AR/VR.

Piețele numite "cele mai bune 20 de piețe 5G" includ: Australia, Bahrain, China, Danemarca, Finlanda, Hong Kong, Irlanda, Japonia, Kuweit, Monaco, Norvegia, Qatar, Arabia Saudită, Singapore, Coreea de Sud, Elveția, Taiwan, Emiratele Arabe Unite, Regatul Unit, Statele Unite. Listă acesta a fost identificată pe baza clasamentului de penetrare a abonamentelor 5G.

Analiza evoluțiilor în piețele de top 5G arată o corelație puternică între creșterea penetrării abonamentelor 5G și veniturile de servicii. Așa cum este arătat în Figura de mai jos, lansarea serviciilor 5G în primele 20 de piețe merge cu creștere pozitivă a veniturilor în ultimii 2 ani cu 7%.

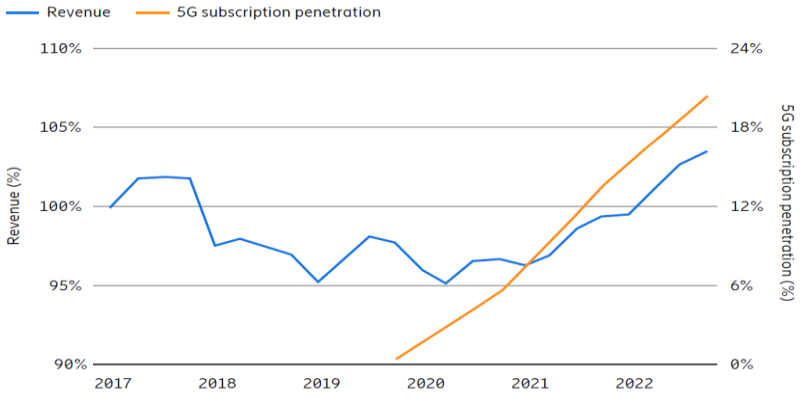


Figura 5. Venituri vs. Penetrarea abonamentelor 5G - Top 20 de piețe 5G

Sursa: elaborat de autor în baza Ericsson Mobility Report, November 2023.

5G a creat o nouă valoare pentru consumatori, oferind servicii cu volume mai mari de date, viteze mai mari și experiențe îmbunătățite. Pentru furnizorii de servicii, valoarea suplimentară furnizată consumatorilor și întreprinderilor se traduce în oportunități de vânzare suplimentară și creștere a veniturilor. Tendința creșterii numărul abonamentelor mobile pe regiuni din figura de mai jos indică faptul că această captare a valorii a început deja.

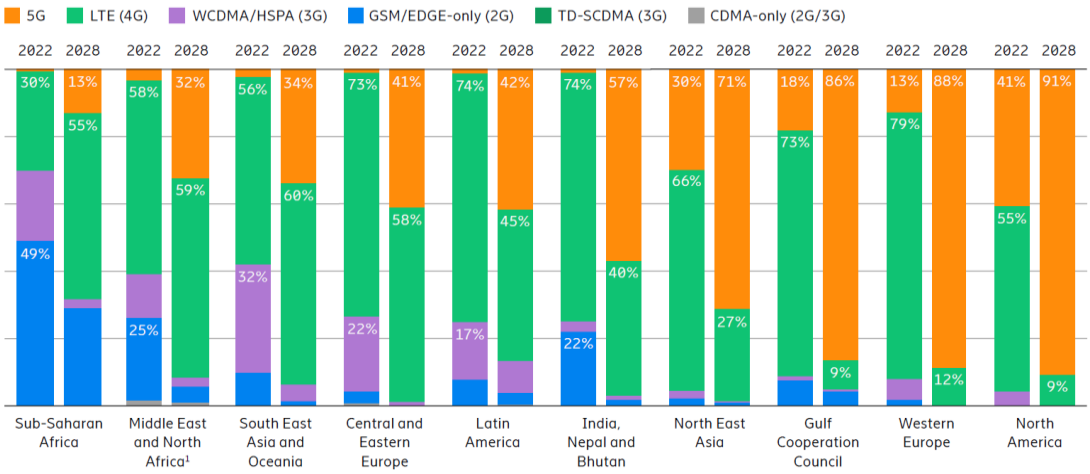


Figura 6. Abonamentele mobile pe regiuni și tehnologie (procente)

Sursa: elaborat de autor în baza Ericsson Mobility Report, November 2023.

Furnizorii de servicii din regiunea Asia de Nord-Est au făcut investiții semnificative în implementarea timpurie a rețelelor 5G. Regiunea Asia de Nord-Est include așa țări ca Japonia, China, Coreea se Sud, Taiwan, Hong Kong. Coreea de Sud a fost prima țară care a lansat rețele comerciale 5G, și acestea erau disponibile în toate cele cinci piețe până în 2020. Tendințele creșterii abonamentelor mobile si volumului trafic mobil pentru regiunea este arata pe figuri mai jos.

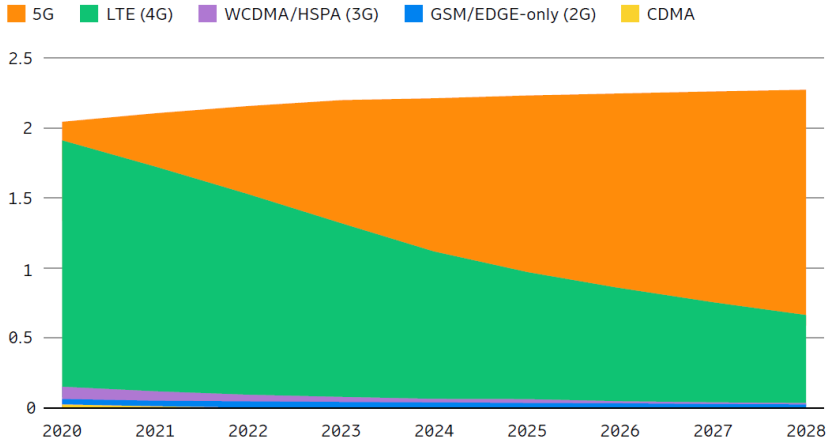


Figura 7. Asia de Nord-Est abonamentele mobile pe tehnologie (miliard)

Sursa: elaborat de autor în baza Ericsson Mobility Report, November 2023.

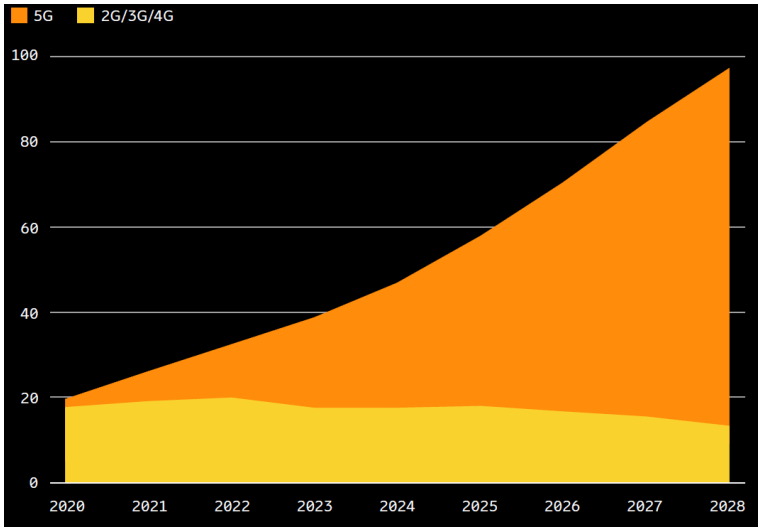


Figura 8. Trafic mobil de date in regiunea Asia de Nord-Est (EB pe luna). EB = 10^{18} bytes

Sursa: elaborat de autor în baza Ericsson Mobility Report, November 2023.

Regiunea este considerata prima în acoperirea populației cu 5G, prima din punct de vedere ai furnizorilor de servicii 5G, producătorilor de infrastructură mobilă, producătorilor de chipseturi, furnizorilor de terminale.

Piața smartphone-urilor nu oprește adoptarea 5G. Diagrama de mai jos ilustrează gradul de pregătire a pieței pentru tehnologia 5G, disponibilitatea funcționalităților de rețea, precum și suportul în dispozitive.

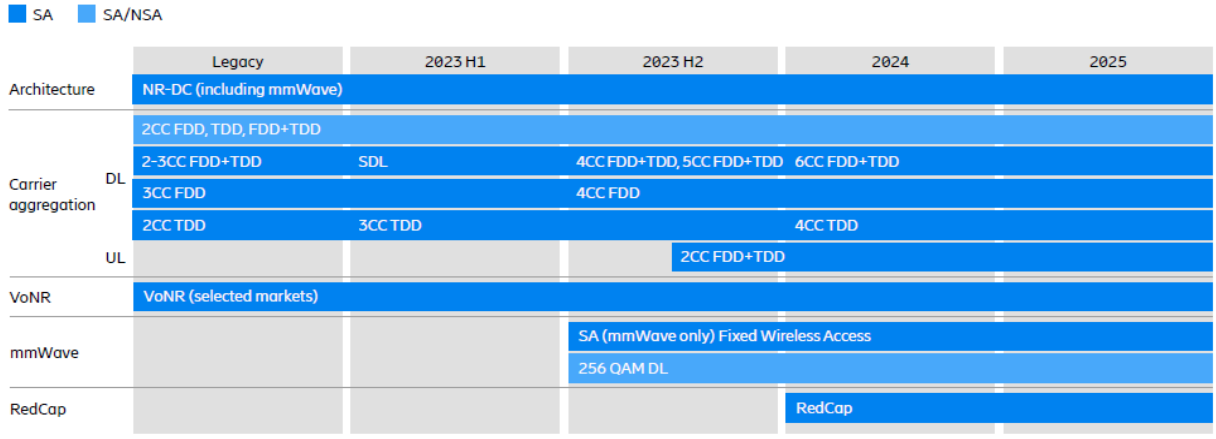


Figura 9. Statistica pieței dispozitivelor mobile

Sursa: elaborat de autor în baza Ericsson Mobility Report, November 2023.

Până în prezent, au fost lansate peste 870 de modele de smartphone-uri 5G, 80 din ele au fost lansate în 2023. Se așteaptă ca smartphone-urile 5G să reprezinte 62% din toate smartphone-urile livrate în 2023.

Conexiunile IoT 4G/5G continuă să fie implementate în întreaga lume. Tehnologiile Massive IoT NB-IoT și Cat-M prezinta un număr mare de dispozitive cu complexitate redusă, cu costuri reduse, durată lungă a bateriei și utilizare trafic mobil scăzut. La nivel global, 125 de furnizori de servicii au implementat sau lansat comercial rețele NB-IoT și 56 au lansat Cat-M, în timp ce 40 au implementat ambele tehnologii. Numărul dispozitivelor conectate prin aceste tehnologii a atins aproape 500 de milioane la sfârșitul anului 2022.

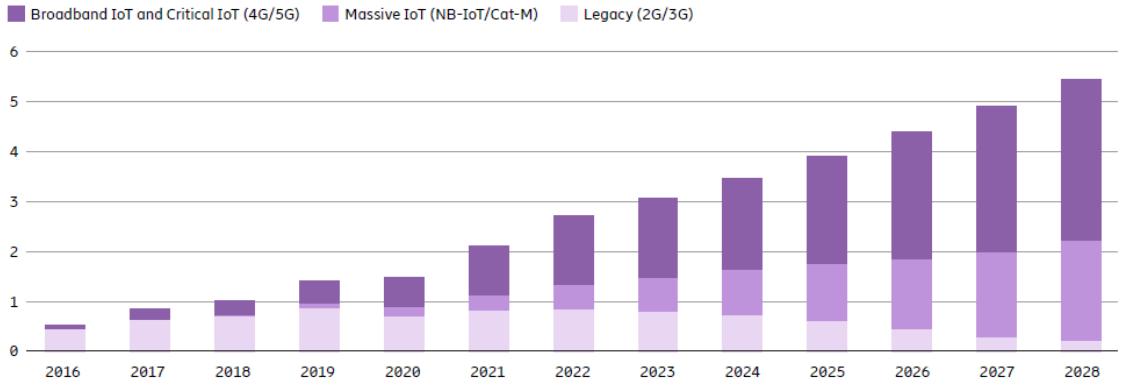


Figura 10. Conexiunile celulare pentru Internet of Things (IoT)
în funcție de segment și tehnologie (miliarde)

Sursa: elaborat de autor în baza Ericsson Mobility Report, November 2023.

FWA reprezintă o conexiune care furnizează acces principal la bandă largă prin intermediul echipamentelor de la domiciliu (CPE) activate de rețeaua mobilă. Aceasta include diverse forme de CPE, precum cele de interior (desktop și montate pe fereastră) și cele de exterior (montate pe acoperiș și pe perete). Nu include routere Wi-Fi portabile cu baterie sau dongle-uri.

La sfârșitul anului 2022, se prognozează că conexiunile FWA la nivel mondial vor crește de la 100 la 300 de milioane până la sfârșitul anului 2028. Aceasta reprezintă 17% din toate conexiunile de bandă largă fixă. Din cele 300 de milioane de conexiuni estimate, aproape 80% se așteaptă să fie peste 5G.

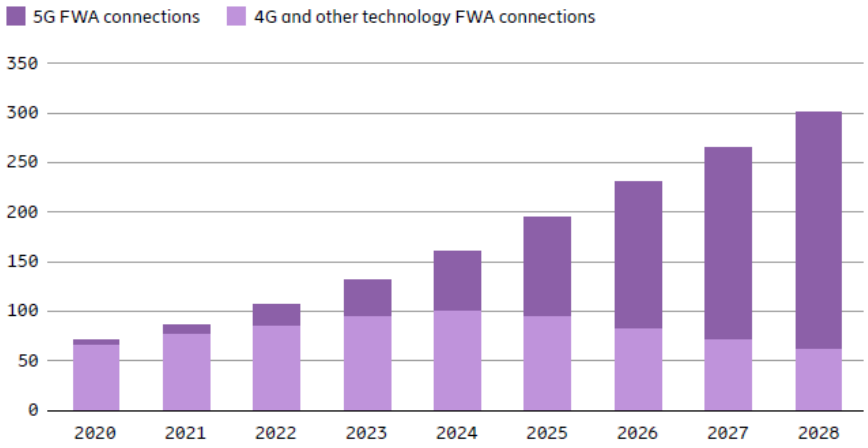


Figura 11. Conexiuni FWA (milioane)

Sursa: elaborat de autor în baza Ericsson Mobility Report, November 2023.

Impactul FWA asupra traficului global de date mobile a reprezentat 21% din traficul global de date mobile la sfârșitul anului 2022 și se estimează că va crește de aproape 6 ori, în 2028. Un studiu actualizat al Ericsson din luna mai 2023, privind pachetele de retail oferite de 310 furnizori de servicii mobile la nivel global arată că 5G stimulează inovația în serviciile mobile, fiind acum opțiune standard pentru consumatori. Majoritatea furnizorilor nu percepe diferențe de preț pentru accesul la 5G, încurajând trecerea consumatorilor la această tehnologie eficientă. Pachetele de date sunt variate, cu opțiuni nelimitate și adaptate nevoilor consumatorilor. Analiza este prezentata pe figura de mai jos.

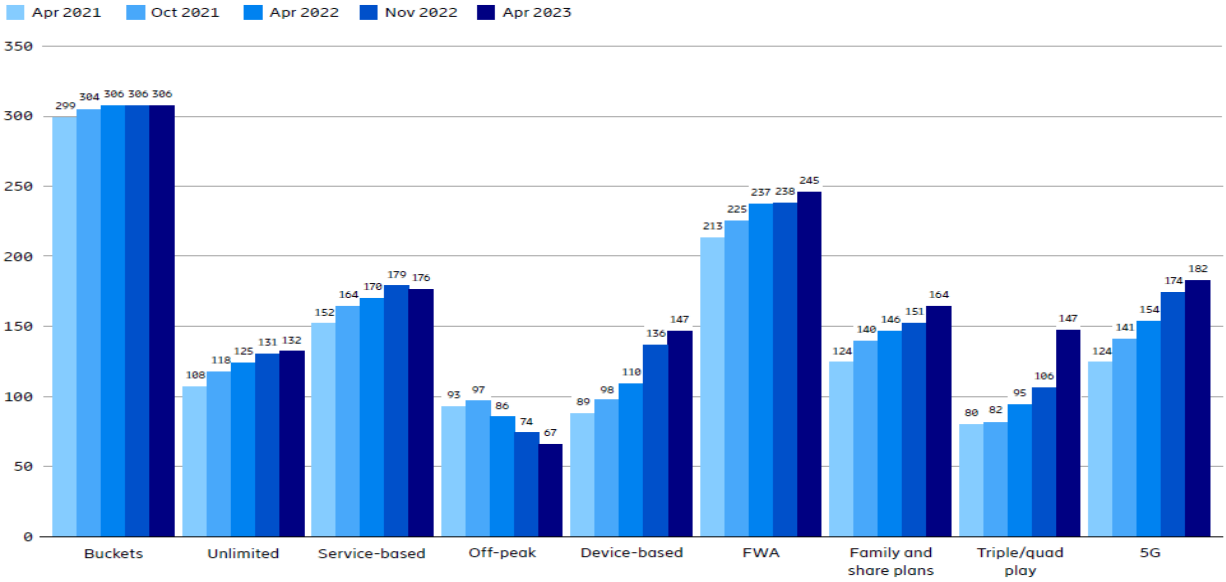


Figura 12. Numărul de furnizori de servicii în funcție de tipul de ofertă

Sursa: elaborat de autor în baza Ericsson Mobility Report, November 2023.

Furnizorii oferă diverse nivele de viteză și pachete adaptate, iar concurența se concentrează mai mult pe preț. Măsurătorile traficului arată că un procent mic de utilizatori generează majoritatea volumului, cu videoclipurile dominând consumul, influențând traficul de date în piețele avansate de telecomunicații mobile.

Se așteaptă ca media globală lunară de utilizare a traficului de pe smartphone să depășească 20 GB la sfârșitul anului 2023.

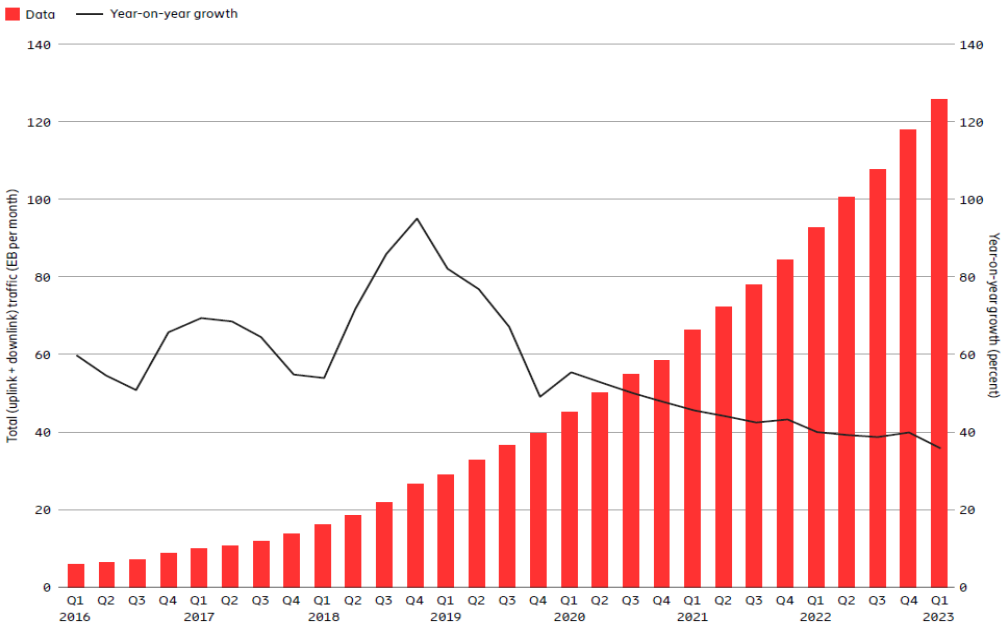


Figura 13. Traficul global de date pe rețele mobile și creșterea anuală (EB pe lună)

Sursa: elaborat de autor în baza Ericsson Mobility Report, November 2023.

Traficul pe rețelele mobile s-a dublat în aproape doi ani, atingând 126 EB lunar global. Această creștere este susținută de numărul tot mai mare de abonamente la smartphone-uri și de volumul crescut de date per abonament, alimentat de vizionarea conținutului video.

Traficul global de date mobile, fără serviciile Fixed Wireless Access (FWA), a atins 93 EB lunar la sfârșitul anului 2022 și se preconizează că va ajunge la 329 EB lunar în 2028.

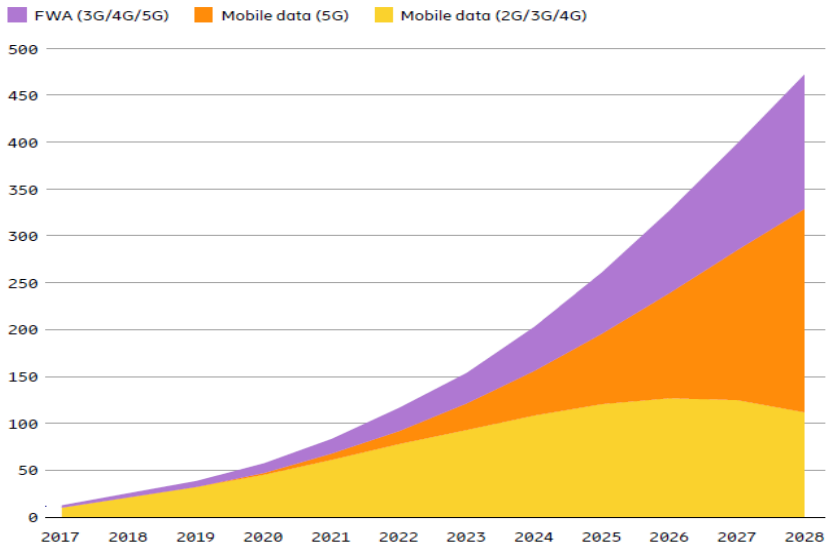
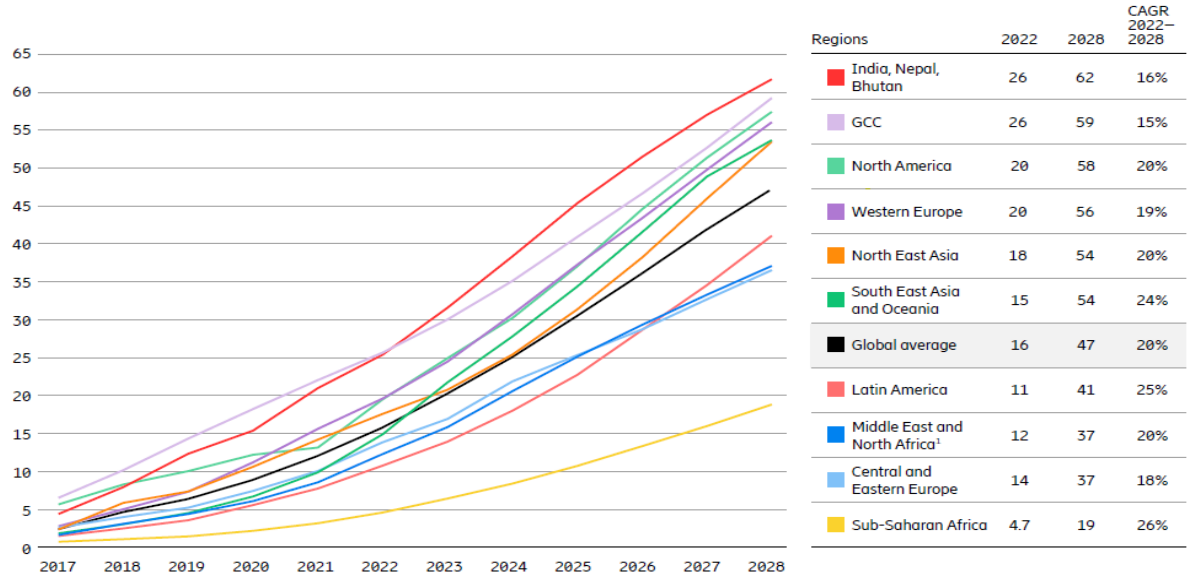


Figura 14. Traficul global de date pe rețele mobile (EB pe lună)

Sursa: elaborat de autor în baza Ericsson Mobility Report, November 2023.

Incluzând FWA, traficul total de rețea mobilă a fost de aproximativ 118 EB lunar la sfârșitul anului 2022 și se așteaptă să ajungă la 472 EB lunar până la sfârșitul anului 2028. Proiecțiile pentru 2028 prevăd că traficul de date video va reprezenta 80% din totalul traficului mobil, iar ponderea 5G în traficul de date mobil se estimează să ajungă la 66%.

Creșterea traficului pe rețelele mobile variază între țări și regiuni, fiind influențată de mai mulți factori, inclusiv capacitățile dispozitivelor, conținutul intensiv în date și îmbunătățirile în performanța rețelelor. Proiecțiile arată că până în 2028, consumul mediu lunar de date pe smartphone va depăși 20 GB global și va ajunge la 47 GB la nivel global.



Regions	2022	2028	CAGR 2022–2028
India, Nepal, Bhutan	26	62	16%
GCC	26	59	15%
North America	20	58	20%
Western Europe	20	56	19%
North East Asia	18	54	20%
South East Asia and Oceania	15	54	24%
Global average	16	47	20%
Latin America	11	41	25%
Middle East and North Africa[1]	12	37	20%
Central and Eastern Europe	14	37	18%
Sub-Saharan Africa	4.7	19	26%

Figura 15. Traficul mobil de date pe smartphone (GB pe lună)
Sursa: elaborat de autor în baza Ericsson Mobility Report, November 2023.

În America de Nord, se estimează că va atinge 58 GB în 2028, iar în Europa de Vest, aproximativ 56 GB. Proiecțiile pentru alte regiuni arată creșteri similare, cu variabilitate în funcție de țări și factori locali. De exemplu, în Africa Subsahariană se așteaptă ca traficul de date pe smartphone să crească la 19 GB lunar în 2028, în timp ce în Asia de Nord-Est se estimează o creștere la 54 GB lunar.

Concluzii

Prin investigarea stadiului actual al implementării tehnologiei 5G și analiza proiecțiilor viitoare, acest articol evidențiază schimbările semnificative aduse de progresului tehnologic în domeniul comunicațiilor mobile. Analiza detaliată a evoluției tehnologiilor mobile, îndeosebi a tranziției către rețelele 5G, ne permite să tragem următoarele concluzii științifice:

- Procesul de dezvoltare și implementare a tehnologiei 5G a demonstrat un progres remarcabil în ultimii ani. De la etapele incipiente de standardizare și cercetare, până la lansările comerciale și extinderea rețelelor la nivel global, tehnologia 5G a devenit un punct de referință în evoluția comunicațiilor mobile.
- Lansarea rețelelor 5G a avut un impact major asupra industriei telecomunicațiilor și a economiei în ansamblu. Aceasta a creat oportunități pentru inovație și creștere economică prin furnizarea unor servicii și aplicații inovatoare, precum și prin stimularea adoptării tehnologiei în diverse sectoare ale economiei.
- Prognozele indică o creștere rapidă a adopției tehnologiei 5G la nivel global, cu un număr estimat de abonamente care va depăși 1,5 miliarde până la sfârșitul anului 2023. Această creștere va continua în următorii ani, cu 5G devenind tehnologia dominantă de acces mobil prin abonamente la nivel mondial până în 2028.
- Tehnologia 5G aduce o serie de beneficii semnificative pentru consumatori și întreprinderi, inclusiv viteze mai mari de transfer de date, latență redusă și posibilități extinse pentru aplicații și servicii inovatoare, cum ar fi Internet of Things (IoT), realitate augmentată și virtuală (AR/VR), jocuri și servicii bazate pe acestea. Aceste beneficii contribuie la crearea unei noi valori și la îmbunătățirea experienței utilizatorilor.

În ciuda progreselor remarcabile realizate până în prezent, evoluția tehnologiei 5G necesită continuarea inovației și colaborării între industrie, instituții de cercetare și reglementatori pentru a aborda provocările și pentru a exploata pe deplin potențialul acestei tehnologii.

În concluzie, tranziția către tehnologia 5G marchează o etapă importantă în evoluția tehnologiilor mobile, oferind beneficii semnificative pentru societate, economie și viața cotidiană, și stabilind bazele pentru inovații viitoare în domeniul comunicațiilor fără fir.

Referințe

[1] Documentație de la furnizori precum Ericsson, Nokia, Huawei, etc.
[2] Andrews, J. G., et al. (2014). "What Will 5G Be?" IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 32(6), 1065-1082.
[3] Osseiran, A., et al. (2014). "Scenarios for 5G Mobile and Wireless Communications: The Vision of the METIS Project." IEEE Communications Magazine, 52(5), 26-35.
[4] Akpakwu, G. A., et al. (2017). "A Survey on 5G Networks for the Internet of Things: Communication Technologies and Challenges." IEEE Access, 6, 3619-3647.
[5] Verizon. (2021). "Verizon 5G Overview." [Online]. Disponibil: https://www.verizon.com/5g/what-is-5g/
[6] 3RD GENERATION PARTNERSHIP PROJECT (3GPP) specificații: 2G (GSM 02.01-03.22), 3G(TS 36.xxx), 4G LTE (TS 36.xx), 5GNR (TS 38.xx). Disponibil: https://www.3gpp.org/
[7] Ericsson. Disponibil: https://www.ericsson.com/
[8] Ericsson Mobility Report, November 2023, Disponibil: https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/mobility-report/reports/november-2023
[9] Evolution of wireless technologies 1G to 5G in mobile communication. July 4, 2023 by Rajiv Baby. Disponibil: https://www.rfpage.com/
[10] Степутин А., Николаев А. "Мобильная связь на пути к 6G. 2021, ISSN 978-5-9729-0571-3, Disponibil: http://1234g.ru/
[11] Unifying the mobile ecosystem and related industries. https://www.gsma.com/

USIGN - SISTEM AUTONOM DE SEMNĂTURI ELECTRONICE

Cristian JEVERDAN[1*], Elvira DAVID[2], Bogdan GALAȚAN[2], Vlad TROHIN[2]

[1]Departamentul Telecomunicații și Sisteme Electronice, grupa IMTC-221,
Facultatea Electronică și Telecomunicații, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Rep. Moldova
[2]Departamentul Telecomunicații și Sisteme Electronice, grupa RST-221,
Facultatea Electronică și Telecomunicații, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Rep. Moldova

*Autorul corespondent: Cristian Jeverdan, cristian.jeverdan@tse.utm.md

Îndrumător/coordonator științific: **DOROGAN Andrei**, dr., l. univ., FET, UTM.

Rezumat. *Usign reprezintă un sistem autonom de semnături electronice, cu scopul principal de a eficientiza și a conferi independență față de alte sisteme de semnături electronice oricărei organizații ce operează cu un volum mare de documente și își dorește să optimizeze cheltuielile, evitând astfel costurile asociate fiecărei semnături. Documentele semnate cu Usign sunt securizate cu cele mai avansate tehnologii criptografice, iar accesul la semnătură este posibil doar cu cunoașterea unei parole unice de către semnatar.*

Cuvinte cheie: *usign, semnătură electronică, tehnologii criptografice, securitate*

Introducere

Proiectul Usign a avut ca obiectiv elaborarea unui sistem informatic software autonom, securizat și flexibil, destinat aplicării semnăturilor digitale pe documente digitale și verificării autenticității acestora de către utilizatorii unei entități economice [1]. Creatorii platformei au urmărit dezvoltarea unui sistem software robust, care să faciliteze emisia automatizată a semnăturilor electronice pentru utilizatorii autorizați, implementarea unui sistem de administrare a certificatelor digitale pentru o gestionare eficientă a semnăturilor, respectarea standardelor tehnice de securitate privind semnătura electronică.

Proiectul a inclus și asigurarea unei verificări facile a autenticității semnăturilor electronice aplicate documentelor PDF, utilizarea tehnicilor criptografice avansate pentru garantarea integrității documentelor și prevenirea falsificării după semnare, facilitarea utilizării semnăturii electronice de pe diverse dispozitive, atât fixe cât și mobile, și oferirea unei interfețe intuitive și ușor de utilizat pentru toți utilizatorii.

Structura sistemului Usign

Sistemul de semnături electronice Usign se distinge prin competitivitate și eficiență, fiind conceput pentru a funcționa independent în cadrul unei entități economice. Este complet autonom și nu depinde de alți furnizori de servicii, precum sistemul guvernamental "Msign". Semnătura este gratuită, semnatarul nefiind obligat să plătească pentru fiecare semnătură în parte și neavând nicio limitare în numărul de documente pe care le poate semna cu semnătura sa aprobată. Un avantaj crucial al sistemului Usign este accesibilitatea acestuia prin intermediul unei pagini web, ceea ce oferă mobilitate sistemului fără a compromite nivelul înalt de securitate.

Structural, Usign este divizat în două componente majore, care, în simbioză, formează sistemul nostru de semnături electronice securizat. Prima parte a platformei este cea pentru utilizatori, fiind cea mai simplă și intuitivă. Aici au acces toți utilizatorii prin intermediul oricărui browser, accesând adresa URL: usign.ddns.net. Utilizatorul are posibilitatea de a alege între două funcții esențiale ale platformei, "Semnează" sau "Verifică", afișate pe pagina principală a site-ului web (fig.1).

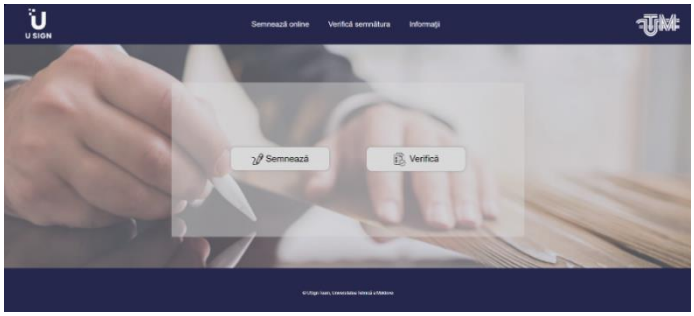


Figura 1. Pagina principală a site-ului web Usign

Accesând butonul "Semnează", utilizatorul va fi redirecționat către o altă pagină, unde îi vor fi propuși 3 pași esențiali și simpli, ce vor rezulta în semnarea fișierului PDF introdus și ulterior va verifica veridicitatea documentului. Primul pas constă în selectarea fișierului PDF ce urmează să fie semnat, al doilea pas presupune alegerea fișierului cu extensia .p12, în care se regăsește certificatul digital cu ajutorul căruia va fi semnat documentul ales, iar al treilea pas implică introducerea parolei unice, cu care va fi posibilă citirea containerului PKCS-12 [2]. După finalizarea acestor pași, utilizatorului îi rămâne doar opțiunea de a accesa butonul "SEMNEAZĂ". Astfel, dacă semnătura este înregistrată în baza de date și parola este corectă, documentul va fi semnat cu succes. Toate aceste etape sunt reprezentate în (fig.2).

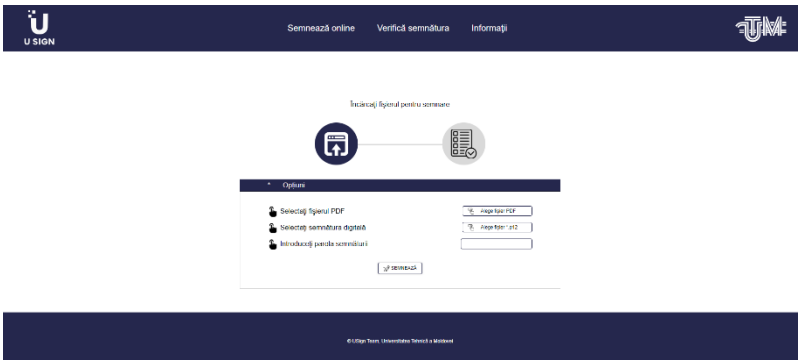
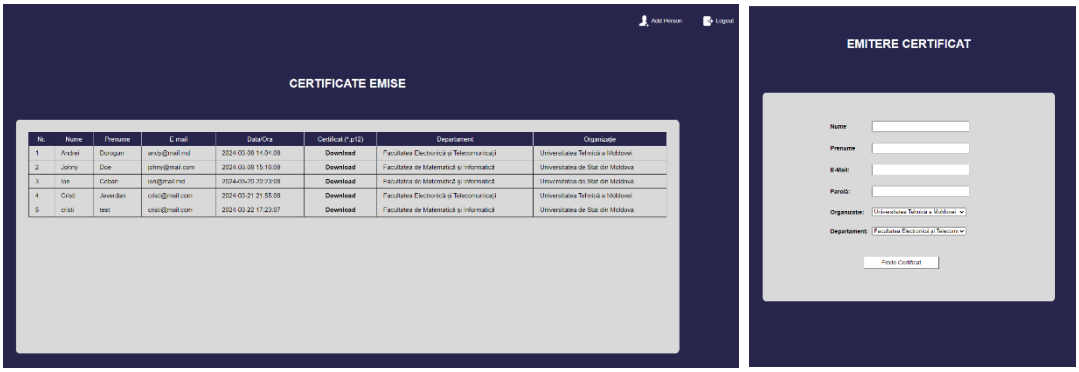


Figura 2. Pagina pentru semnarea documentului

A doua parte a platformei este secțiunea de administrare, accesibilă doar utilizatorilor cu privilegii speciale prin intermediul adresei URL: usign.ddns.net/admin. Aici se găsește lista certificatelor emise destinate utilizatorilor sistemului. Pentru acces, se introduc numele utilizatorului și parola. După autentificarea persoanei cu acces privilegiat, interfața de administrare afișează un tabel cu certificatele emise. Acesta conține informații precum numele, prenumele, adresa de email, departamentul și organizația persoanei pentru care a fost emis certificatul, precum și data și ora emiterii acestuia. Administratorul are posibilitatea de a descărca certificatul în format p12 (fig.3, a).

Prin apăsarea butonului "Add Person", administratorul este redirecționat către pagina cu formularul destinat emiterii certificatului. Aici se completează informațiile referitoare la nume, prenume, email, departament și organizație. Pentru crearea certificatului, este necesară introducerea unei parole unice pentru utilizator, care va fi folosită pentru semnarea documentelor PDF. După completarea datelor, administratorul validează emiterea certificatului. În decurs de 1 minut, certificatul poate fi descărcat și distribuit persoanei căreia i-a fost emis (fig.3, b).



a) b)

Figura 3. a) Pagina cu certificatele emise; b) Formular pentru emiterea certificatului

Standardul PKCS12

PCKS12 este unul dintre standardele din familia Public-Key Cryptography Standards (PKCS). Este un fișier de tip container criptat, unde se păstrează cheia privată, cheia publică și certificatul utilizatorului, care conține informație despre autoritatea eminentă a certificatului. Acest fișier este folosit pentru semnarea documentelor PDF. Stochează și transportă securizat cheia privată, care este partea componentă a certificatului utilizatorului. Semnătura digitală este obținută prin folosirea cheii private a platformei sursă. Verificarea semnăturii se realizează prin utilizarea cheii publice a destinatarului pe platformă. Cheia privată se află doar la utilizator și este utilizată înainte de semnarea informațiilor personale. Usign folosește algoritmul de criptare RSA-SHA256.

Pentru semnarea unui document, sistemul software calculează un rezumat al conținutului PDF, adică un hash, și apoi criptează rezumatul cu ajutorul cheii private a utilizatorului care semnează, formând astfel semnătura digitală. Această semnătură digitală este atașată la conținutul fișierului PDF. În faza verificării semnăturii, sistemul software formează un hash din conținutul primar al PDF-ului (fără semnătură), decriptează semnătura digitală din conținutul fișierului încărcat folosind cheia publică și obține un alt hash. Dacă cele două hash-uri obținute sunt identice, semnătura este considerată validă.

Avantajele implementării semnăturii electronice

Semnăturile electronice sunt o componentă esențială a securității cibernetice, oferind o modalitate de a verifica autenticitatea și integritatea mesajelor sau documentelor digitale. Ele joacă un rol crucial în consolidarea securității cibernetice prin asigurarea integrității datelor, verificarea autenticității expeditorului, nerepudierea și protecția datelor.

Autentificare: Semnăturile electronice leagă identitatea unei persoane de un mesaj sau document, garantând că acesta provine de la sursa revendicată. Aceasta este o formă sigură de identificare, similară cu o semnătură scrisă de mână pe un document fizic.

Integritate: Semnăturile electronice garantează că conținutul unui mesaj sau document nu a fost modificat în timpul transmiterii. Dacă conținutul este modificat după aplicarea semnăturii electronice, semnătura devine invalidă, alertând destinatarul că datele pot fi compromise.

Nerepudiere: Semnăturile electronice oferă o modalitate de a dovedi că un mesaj sau document a fost trimis sau aprobat de către expeditor. Odată ce o semnătură electronică este aplicată, expeditorul nu poate nega ulterior că a trimis mesajul sau a aprobat documentul. Acest lucru este deosebit de important pentru contractele și acordurile electronice sensibile.

Protecția datelor: Semnăturile electronice contribuie la protejarea informațiilor sensibile împotriva accesului neautorizat, modificării sau falsificării. Ele stabilesc încrederea în comunicațiile digitale prin verificarea autenticității și integrității schimbului de date.

În plus față de consolidarea securității cibernetice, semnăturile electronice aduc o serie de beneficii suplimentare:

- *Eficientizarea activității:* Semnăturile electronice reduc semnificativ utilizarea documentelor fizice, accelerând fluxurile de lucru și optimizând procesele interne. Aceasta duce la o îmbunătățire a eficienței operaționale și a productivității.
- *Promovarea sustenabilității:* Prin reducerea semnificativă a consumului de hârtie, semnăturile electronice contribuie la diminuarea indirectă a amprentei de carbon. Acest lucru este în concordanță cu obiectivele de dezvoltare durabilă și de protecție a mediului.
- *Creșterea productivității:* Semnătura electronică este mobilă și poate fi utilizată pe diferite platforme, sporind viteza de procesare a documentelor. Îmbunătățește comunicarea internă și externă și eliberează timp prețios al angajaților pentru alte sarcini importante.
- *Beneficii financiare:* Semnăturile electronice ajută la reducerea costurilor operaționale ale entităților economice prin optimizarea resurselor umane. De asemenea, ele pot crește satisfacția utilizatorilor, ceea ce poate duce la o creștere a loialității clienților și a rentabilității.

Concluzii

Eliminând dependența de alte sisteme de semnături electronice, Usign oferă organizațiilor independența necesară pentru a funcționa la capacitate maximă. Accelerând fluxurile de lucru și optimizând procesele interne, acest sistem contribuie la reducerea semnificativă a consumului de hârtie, promovând astfel sustenabilitatea și diminuând amprenta de carbon. Sistemul dat nu doar îmbunătățește eficiența și optimizează procesele, ci și îmbunătățește comunicarea internă și externă, eliberând timp valoros al angajaților pentru alte sarcini critice. Semnăturile electronice aplicate prin Usign sunt absolut gratuite, reducând astfel costurile operaționale ale organizațiilor. În plus, documentele semnate cu Usign sunt securizate folosind tehnologii avansate criptografice, asigurând autenticitatea și integritatea mesajelor sau documentelor digitale.

Usign reprezintă mai mult decât un simplu sistem de semnături electronice. El este un instrument puternic care transformă modul în care organizațiile gestionează și securizează documentele lor. Interfața sa intuitivă face ca procesul de semnare a documentelor să fie rapid și simplu, chiar și pentru cei neinițiați în tehnologie, făcându-l util pentru organizațiile de toate dimensiunile, de la întreprinderile mici până la corporațiile mari. Adoptarea și implementarea Usign pot aduce beneficii semnificative pentru orice organizație interesată să își îmbunătățească eficiența, sustenabilitatea, productivitatea și securitatea proceselor sale.

Referințe

[1] https://www.ibm.com/docs/en/ibm-mq/9.1?topic=tls-digital-signatures-in-ssltls (Definiția semnăturii digitale).
[2] https://ru.wikipedia.org/wiki/PKCS12 (Definiția containerului PKCS-12).
[3] https://www.cloudflare.com/learning/ssl/what-is-an-ssl-certificate/ (Definiția certificatului SSL).

IMPLEMENTAREA TEHNOLOGIEI DE VIRTUALIZARE A SERVERELOR PENTRU MEDIUL DE AFACERI

Adrian MIHALCEA

Departamentul Telecomunicații și Sisteme Electronice, grupa RST-191FR,
Facultatea Electronică și Telecomunicații, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Rep. Moldova

*Autorul corespondent: Adrian Mihalcea, adrian.mihalcea@tlc.utm.md

Îndrumător/coordonator științific: **Andrei DOROGAN**, dr., l. univ., FET, UTM

Rezumat: *În lucrare este explorată o soluție de virtualizare a serverului, ce are ca scop disocierea software-ului serverului de infrastructura sa hardware. Această abordare permite crearea mai multor servere virtuale pe un server fizic, fiecare operând cu un sistem de operare independent, eliminând problemele de compatibilitate. Tehnologia de virtualizare este o componentă fundamentală pentru "cloud computing", facilitând optimizarea utilizării resurselor de găzduire web și reducând semnificativ costurile implicate. Sistemul de virtualizare permite o gestionare eficientă a resurselor informaționale, asigurând un mediu securizat pentru stocarea datelor și rularea aplicațiilor.*

Cuvinte cheie: *server virtual, mașină virtuală, hypervizor, sistem de operare*

Introducere

Virtualizarea serverului reprezintă o aplicație prin care o organizație poate detașa software-ul serverului de hardware-ul său și poate crea mai multe servere virtuale, fiecare cu propriul sistem de operare și care rulează pe același server fizic. Fiecare server virtual este complet separat de celelalte și funcționează independent, fără existența problemelor de compatibilitate. Tehnologia de virtualizare a serverelor este fundamentală pentru cloud computing și permite implementarea diverselor modele de cloud hibrid.

Prin virtualizarea serverelor, o organizație poate eficientiza utilizarea și furnizarea serviciilor de găzduire web, reducând costurile și maximizând utilizarea resurselor de calcul, stocare și rețea pentru întreaga infrastructură. Deoarece puterea de procesare a serverele este rar utilizată în mod constant, multe resurse de server rămân neutilizate. De regulă, resursele utilizate ale unui server sunt într-un interval de 15 – 25%. Astfel, serverele pot rămâne inactive ore sau chiar zile, în timp ce volumul de muncă este distribuit la un procent mic pentru toate resursele serverului unei organizații. Serverele inactive ocupă spațiul neutilizat, consumă energie și necesită atenție și efort din partea personalului IT pentru mentenanța lor.

Virtualizarea serverului permite organizației de a consolida multiple servere virtuale (cunoscute și sub denumirea de mașini virtuale sau VM-uri) pe un singur server fizic (Figura 1), astfel încât resursele serverului să fie utilizate într-un mod mai eficient. Aceasta permite unui centru de date să funcționeze mai eficient, având nevoie de mai puține mașini fizice. Prin virtualizare, organizațiile pot gestiona eficient resursele utilizate și adapta dinamic sarcinile de lucru pe măsura necesităților.

Virtualizarea memoriei

Pe lângă virtualizarea resurselor procesorului (CPU), virtualizarea memoriei este importantă și implică partajarea memoriei fizice a sistemului și alocarea dinamică a acesteia mașinilor virtuale. Virtualizarea memoriei mașinii virtuale este asemănătoare cu suportul pentru memorie virtuală oferit de sistemele de operare moderne. Aplicațiile detectează un spațiu de adrese continuu, care nu este neapărat legat de memoria fizică subiacentă din sistem. Sistemul de operare păstrează coordonatele (mapările) numerelor de pagini virtuale cu numerele de pagini fizice stocate în tabelele de pagini. Toate procesoarele moderne includ o unitate de gestionare a memoriei (MMU) și un buffer de traducere (TLB) pentru a optimiza performanța memoriei virtuale.

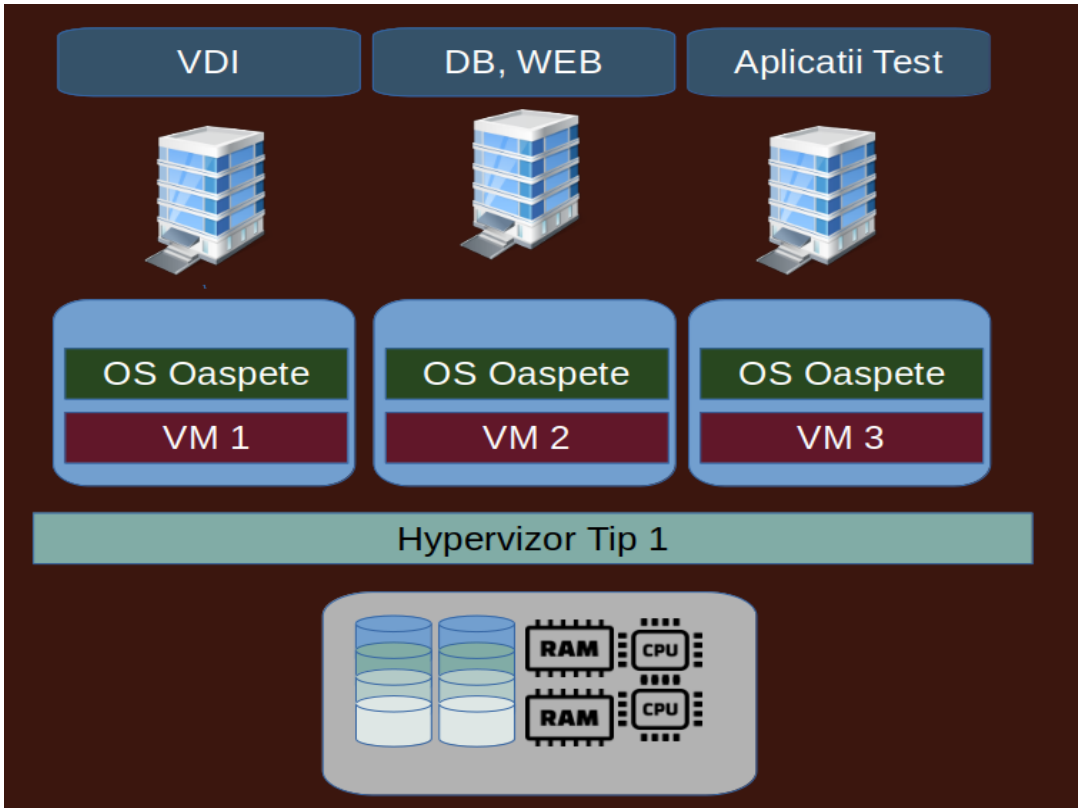


Figura 1. Virtualizarea unui server fizic în mai multe instanțe virtuale

Pentru a rula mai multe mașini virtuale pe un singur sistem, este necesar un alt nivel de virtualizare a memoriei. Cu alte cuvinte, este necesar de virtualizat MMU-ul pentru a asigura sistemul de operare (OS) instalat. Sistemul de operare continuă să controleze maparea adreselor virtuale la adresele fizice ale memoriei, însă sistemul de operare nu poate avea acces direct la memoria reală a mașinii. VMM (Managerul memoriei virtuale) este responsabil pentru maparea memoriei fizice virtualizată în memoria reală a mașinii și utilizează tabele de pagini pentru a accelera mapările.

VMM utilizează hardware-ul TLB pentru a mapa memoria virtuală direct în memoria mașinii, pentru a evita cele două niveluri de traducere pe fiecare acces. Atunci când sistemul de operare modifică memoria virtuală în maparea memoriei fizice, VMM actualizează tabelele de pagini pentru a permite o căutare directă. Virtualizarea MMU creează unele cheltuieli generale pentru toate abordările de virtualizare, dar acesta este domeniul în care virtualizarea asistată de hardware de a doua generație va oferi câștiguri în eficiența de operare.

Virtualizarea componentelor I/O

Componenta finală necesară, cu excepția CPU și virtualizării memoriei, este virtualizarea dispozitivului și virtualizarea intrărilor/ieșirilor (I/O). Aceasta implică gestionarea solicitărilor I/O de rutare între dispozitivele virtuale și hardware-ul fizic partajat.

Virtualizarea și gestionarea I/O bazate pe software, spre deosebire de cea hardware, oferă un set de opțiuni și o gestionare simplificată. Cu ajutorul rețelelor, de exemplu, NIC-urile (placa de rețea) virtuale și switch-urile creează rețele virtuale între mașinile virtuale, fără ca traficul de rețea să consume bandă în rețeaua fizică (Figura 2), Echiparea NIC permite mai multor NIC-uri fizice să apară ca unul și același, iar mașinile virtuale pot fi relocate fără probleme în diferite sisteme, păstrând în același timp adresele MAC existente. Ideea pentru virtualizarea eficientă a I/O este de a păstra aceste beneficii ale virtualizării, menținând în același timp utilizarea CPU la un nivel minim.

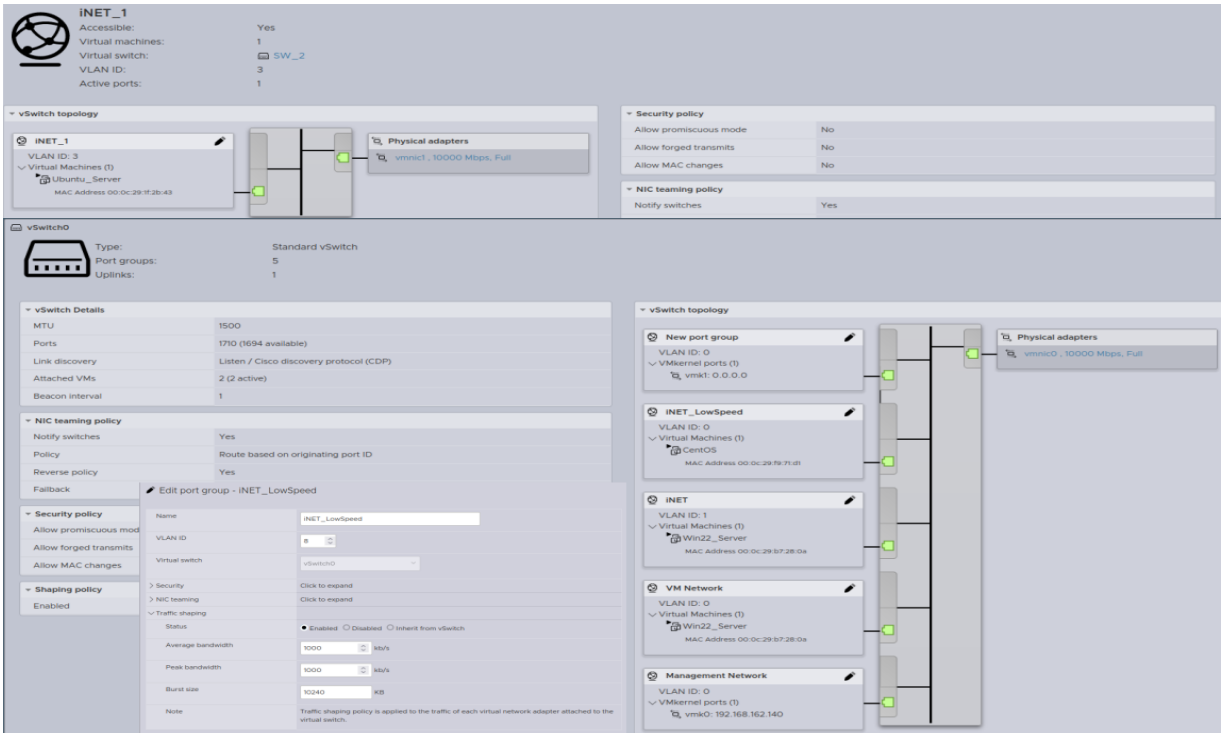


Figura 2. Conectarea serverelor virtuale la switch-uri virtuale, separarea în VLAN-uri (rețele virtuale) și gestionarea lățimii de bandă pentru fiecare VM în Hypervizorul ESXi de la Vmware

Monitorizarea Serverului

Monitorizarea performanței asigură faptul ca toate VM-urile, procesoarele și alte dispozitive să funcționeze în mod optim. O simplă problemă de performanță pe o mașină virtuală VM afectează nu doar serverul fizic, ci și toate VM-urile și aplicațiile acestora. Acest aspect poate duce la pierderi esențiale pentru o companie. Gestionarea eficientă a resurselor este un alt aspect crucial al monitorizării. Unul dintre beneficiile principale ale virtualizării constă în capacitatea de a utiliza un mediu virtual pentru a valorifica resursele, care altfel pot fi subtilizate. Această oportunitate este compromisă atunci când resursele nu sunt alocate și administrate corect pe o mașină virtuală. Alocarea excesivă sau insuficientă a resurselor pentru o mașină virtuală poate duce la o utilizare ineficientă sau dezechilibrată a acestora. Prin monitorizarea atentă a utilizării resurselor în timp, poate fi determinată alocarea optimă a resurselor pentru fiecare mașină virtuală. Este esențial de monitorizat conectivitatea la rețea pentru a se asigura că mașinile virtuale funcționează corect. Suprautilizarea benzii rețelei sau traficul pe o singură interfață de rețea poate afecta semnificativ performanța tuturor mașinilor virtuale. Utilizarea resurselor de monitorizare online furnizate de către hypervizor permite prevenirea problemelor de sistem și asigură posibilitatea utilizării unui sistem independent de monitorizare (Figura 3), care va permite monitorizarea întregii infrastructurii IT distant cu expedierea alarmelor prin SMS sau Email.

Copiile de rezervă a serverului virtual

Copiile de rezervă (Backup) ale serverelor virtuale reprezintă un element indispensabil și asigură o serie de avantaje pentru utilizarea a serverului virtualizat și a tipului de backup asociat cu el. Copiile de rezervă la nivel de imagine pot fi realizate pentru datele de pe diverse tipuri de mașini, inclusiv mașini virtuale, cloud sau fizice. Funcționalitățile de recuperare includ recuperarea la nivel de imagine, recuperarea la nivel de fișier (Veeam Backup & Replication). Backup-ul se bazează pe stocarea imuabilă în cloud pentru protecția ransomware și pentru asigurarea împotriva modificării sau ștergerii. VM Backup oferă, de asemenea, funcționalități cum ar fi deduplicarea, protecția continuă a datelor și gestionarea centralizată a backup-urilor VM (Anterior Altaro VM Backup).

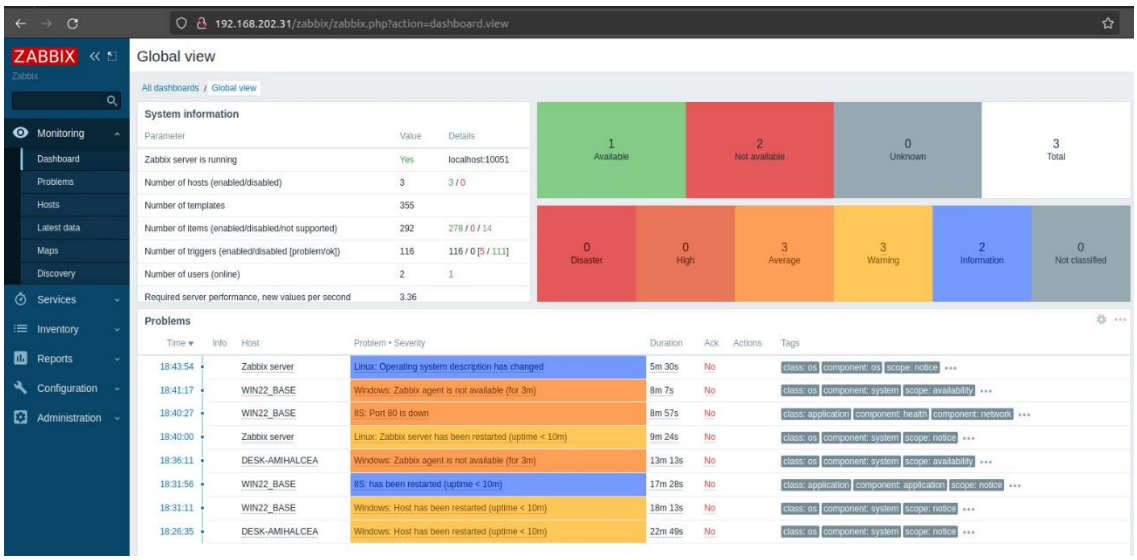


Figura 3. Monitorizarea VM-urilor, funcționalității serviciilor, dispozitivelor serverului și a întregii infrastructuri IT cu soft-ul Zabbix

Replicarea mașinilor virtuale de la gazdă la gazdă este utilizată pentru a avea o copie exactă a mașinilor virtuale, gata pentru a fi pornită în caz de defecțiune sau accident al mașinii de bază. Replicarea poate fi, de asemenea, planificată și efectuată pe mai multe destinații, permițând astfel o politică optimă de eșuări ale sistemului (Iperius Backup).

Securitatea virtualizării serverului

Virtualizarea serverului oferă diverse avantaje în ceea ce privește securitatea, unul din acestea fiind stocarea datelor într-un loc centralizat, care poate fi ușor de gestionat, fără a fi stocate pe dispozitive neautorizate sau mai puțin sigure, sau pe dispozitivele utilizatorilor finali. De asemenea, izolarea între mașinile virtuale (VM-uri) contribuie la protecția împotriva atacurilor, malware-ului, virușilor și altor vulnerabilități datorită separării și izolării lor. Aceste măsuri asigură un mediu mai sigur pentru datele și aplicațiile organizației.

Datorită controlului accesului granular al virtualizării, departamentele IT ale organizației posedă un nivel mai avansat de control asupra utilizatorilor care pot accesa datele stocate în sistem. Prin utilizarea micro-segmentării, se poate oferi acces utilizatorilor doar pentru aplicații sau resurse specifice. De asemenea, virtualizarea calculatoarelor de lucru (Desktop PC) permite personalului IT să realizeze actualizarea și să aplice patch-urile sistemelor de operare și aplicațiilor.

Hipervizorii reduc riscurile de securitate prin minimizarea suprafeței de atac în comparație cu soluțiile hardware, datorită capacităților de funcționare cu resurse reduse. Adițional, hipervizorii beneficiază de actualizări automate, ceea ce contribuie la protecția împotriva amenințărilor în evoluție.

Riscuri de securitate și soluții

Virtualizarea serverului poate implica anumite riscuri de securitate. Cel mai frecvent risc reprezintă complexitatea sporită a unui mediu virtualizat. Respectarea celor mai bune practici de securitate sau mentenanța configurațiilor și politicilor consistente pentru întregul ecosistem devine mai dificil de realizat de către departamentul IT al organizațiilor, deoarece mașinile virtuale pot fi dublate și volumul de lucru poate fi relocat cu ușurință pe diferite locații.

Creșterea numărului de mașini virtuale poate prezenta, de asemenea, un risc de securitate. Mașinile virtuale inactive consumă permanent resursele informaționale și energetice ale serverului fizic, transformându-se în ținte vulnerabile pentru atacuri, deoarece nu beneficiază de patch-uri sau actualizări corespunzătoare. Deși izolarea între mașinile virtuale (VM-uri) poate

reduce, într-o anumită măsură, riscurile de securitate, totuși nu poate contracara efectele complete unui atac distribuit de negare a serviciului (DDoS). În cazul în care un atac DDoS afectează performanța unei mașini virtuale prin inundarea cu trafic rău intenționat, celelalte VM-uri, care împart aceleași resurse ale serverului gazdă, vor fi afectate.

Pentru a reduce riscurile de securitate asociate cu virtualizarea serverului, departamentul IT al organizațiilor poate adopta unele dintre cele mai bune practici, care includ menținerea actualizării tuturor software-ului și firmware-ului pentru întregul sistem, instalarea și actualizarea software-ului antivirus și a altor soluții de securitate concepute pentru mediile de virtualizare. Este important de monitorizat și controlat accesul utilizatorilor care accesează sistemul, de criptat traficul de rețea, și de lichidat VM-urile neutilizate, de realizat copii de rezervă reglementate pentru VM-uri și servere fizice. De asemenea, este recomandabil de definit și implementat o politici de utilizare și de securitate complexe pentru VM-uri și servere gazdă.

Concluzii

Virtualizarea serverului reprezintă o tehnologie modernă care permite crearea și abstractizarea mai multor instanțe de mașini virtuale pe un singur server fizic. Virtualizarea serverului maschează resursele serverului, inclusiv numărul și identitatea serverelor fizice individuale, ale procesoarelor și ale sistemelor de operare.

Configurațiile tradiționale de hardware și software pentru calculatoare susțineau, de obicei, aplicații unice. Adesea, acest lucru forța serverele să ruleze în parte o singură sarcină de lucru, irosind în esență resursele neutilizate ale procesoarelor, capacității de memorie și altor resurse hardware. Numărul de servere hardware a crescut exponențial pe măsură ce organizațiile implementează diverse aplicații și servicii pentru întreaga organizație. Costurile corespunzătoare și cererile emergente de spațiu, energie, și conectivitate au impus limite pentru centrele de date.

Virtualizarea serverelor adaugă un nivel software adițional, numit hipervizor, la un computer, care abstractizează hardware-ul de bază. Un hipervizor organizează și gestionează resursele virtualizate ale serverului, furnizându-le în instanțe logice numite mașini virtuale (VM), fiecare dintre acestea fiind capabilă să funcționeze ca un server separat și independent. Virtualizarea poate permite unui singur server să realizeze sarcina de muncă a mai multor servere, utilizând până la 100% din hardware-ul. Acest aspect reduce numărul de servere, reduce sarcina echipamentelor centrelor de date, îmbunătățește flexibilitatea IT și reduce costul IT pentru organizație.

Referințe

[1] https://www.iperiusbackup.net/en/backup-esxi-and-vsphere-free-hypervisor/
[2] https://www.nutanix.com/info/virtualization/server-virtualization#
[3] https://www.vmware.com/content/dam/digitalmarketing/vmware/en/pdf/techpaper/VMware_paravirtualization.pdf
[4] https://www.ninjaone.com/blog/what-is-virtual-server-backup-solutions/
[5] https://www.zabbix.com/documentation/6.4/en/manual/it_services
[6] https://docs.vmware.com/en/VMware-vSphere/index.html

MĂSURAREA PERFORMANȚELOR TEHNICE PENTRU O SURSĂ COMPLEXĂ CU GENERATOR DE SEMNAL

Denis Ștefan NICULA

Departamentul de Inginerie Electrică și Informatică Industrială, grupa IEC,
Facultatea de Inginerie din Hunedoara, Universitatea Politehnica Timișoara, Hunedoara, România

*Autorul corespondent: Denis Ștefan Nicula, denisnicula.dn2003@gmail.com

Îndrumător/coordonator științific: **Raluca ROB**, dr.ing., FIEII, UPT

Rezumat. *Proiectul prezintă realizarea unui sistem universal de alimentare, sub forma unei surse de tensiune, cu modul generator de semnal DDS (Direct Digital Synthesis). Sursa include următoarele componente: modul de alimentare pentru conectarea la rețeaua electrică, unitate centrală cu o gamă variată de funcții (sursă dublă de alimentare, modul STEP-UP, indicator de frecvență pentru generatorul de semnal și modul Arduino UNO). În compunerea sursei regăsim modulul generator de semnal (sinusoidal, dreptunghiular, triunghiular și dinte de fierăstrău), indicator LCD pentru afișarea parametrilor, adaptor AC/DC pentru alimentarea componentelor auxiliare și patru ventilatoare pentru răcire.*

Cuvinte cheie: *Sursă de alimentare continuă, Generator de semnal, Modul STEP-UP, Placă Arduino UNO*

Introducere

Toată lumea știe că, pentru a funcționa corect, circuitele electrice trebuie să fie alimentate cu energie electrică adecvată. O caracteristică mai puțin cunoscută este faptul că această energie electrică trebuie să îndeplinească cerințele specifice ale acestor circuite. Pentru a asigura acest lucru, sunt necesare circuite speciale, cunoscute sub denumirea de surse de alimentare.

Tensiunile de alimentare pot varia în anumite limite. Unele circuite sunt mai tolerante la aceste variații, în timp ce altele sunt mai sensibile. Pentru a rezolva problema variațiilor de tensiune, au fost dezvoltate o serie de circuite care pot accepta la intrare o tensiune variabilă (între anumite limite) și oferă la ieșire o tensiune mai mică, dar foarte stabilă. Circuitele ce îndeplinesc acest lucru se numesc stabilizatoare de tensiune.

Ideea realizării acestei lucrări provine, în principal, din pasiunea pentru electronică. De asemenea, există și necesitatea practică de a alimenta diverse aplicații la diferite tensiuni și frecvențe.

Proiectul este compus din (Figura 1, Figura 2)

1. Unitatea centrală:
- sursă dublă 24V/10A; 24V/4A
- modul STEP-UP
- afișaj frecvență semnal selectat
- placă de dezvoltare Arduino

2. Adaptor AC/DC 12V/3A (36W)

3. LCD 2x16
- temperatură radiator
- factor de umplere ventilatoare unitate centrală
- tipuri de semnal

4. Ventilatoare de răcire

5. Modul generare semnal (sinusoidal, dreptunghiular, triunghiular și dinte de fierăstrău)

6. Modulul de alimentare 24V/15A -360W

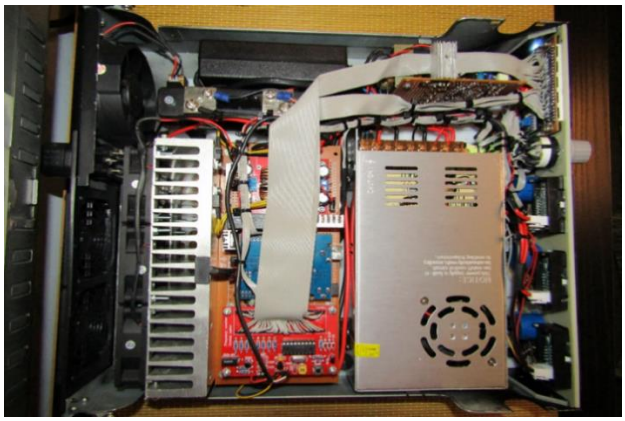


Figura 1. Interiorul sursei



Figura 2. Panoul frontal

2.1. Modulul de alimentare

- Tensiune de intrare: 110-230VAC
- Tensiune maximă: 24V DC
- Curent maxim: 15A
- Putere furnizată: 360W

2.2. Modul generator de semnal DDS

Generatorul este un ansamblu de component electronice cu rolul de a genera diferite semnale [2].

Parametrii:

- Tensiune de intrare: 230VAC
- Moduri de semnal generat: sinusoidal, dreptunghiular, triunghiular și dinte de fierăstrău
- Frecvența de operare: 1Hz-75KHz

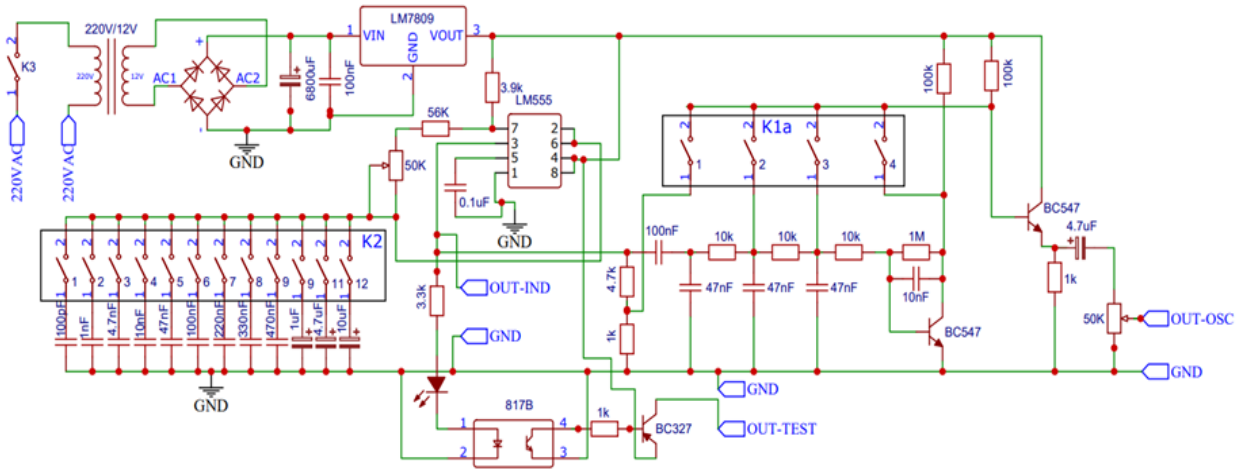


Figura 3. Schema electrică a generatorului DDS

2.2.1. Semnal dreptunghiular 0-75KHz

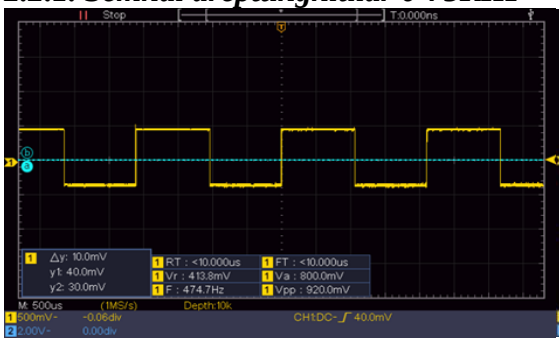


Figura 4. Frecvență 500Hz

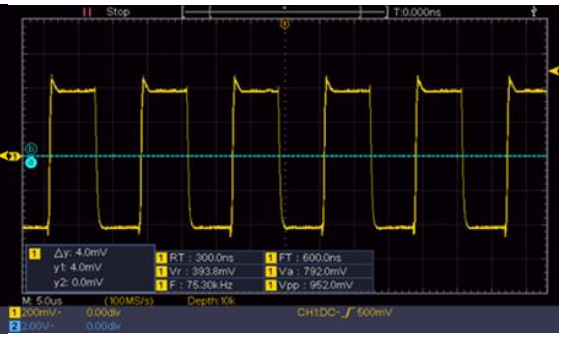


Figura 5. Frecvență 75KHz

2.2.2. Semnal sinusoidal 0-1KHz

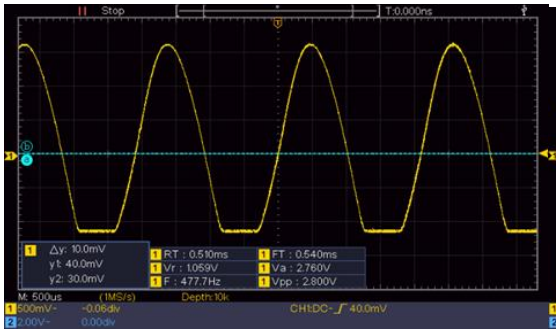


Figura 6. Frecvență 500Hz

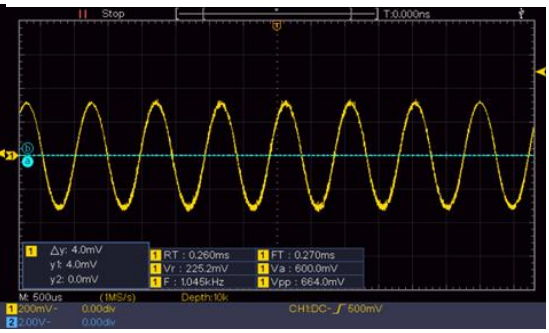


Figura 7. Frecvență 1KHz

2.2.3. Semnal triunghiular 0-1KHz

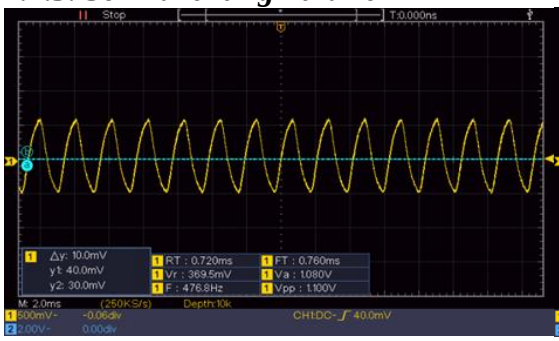


Figura 8. Frecvență 500Hz

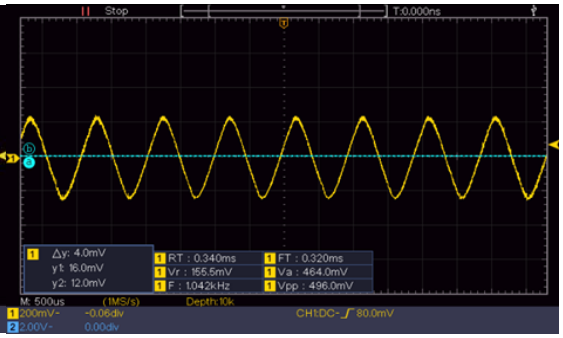


Figura 9. Frecvență 1KHz

2.2.4. Semnal dinte de fierăstrău 0-1KHz

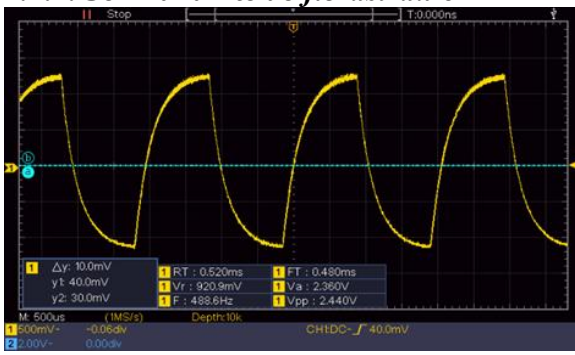


Figura 10. Frecvență 500Hz

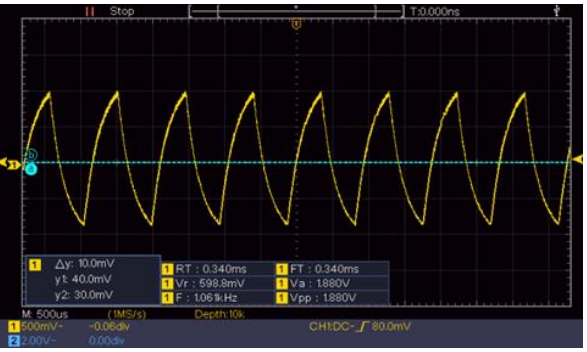


Figura 11. Frecvență 1KHz

2.3. Unitatea centrală

2.3.1. Sursa dublă de alimentare

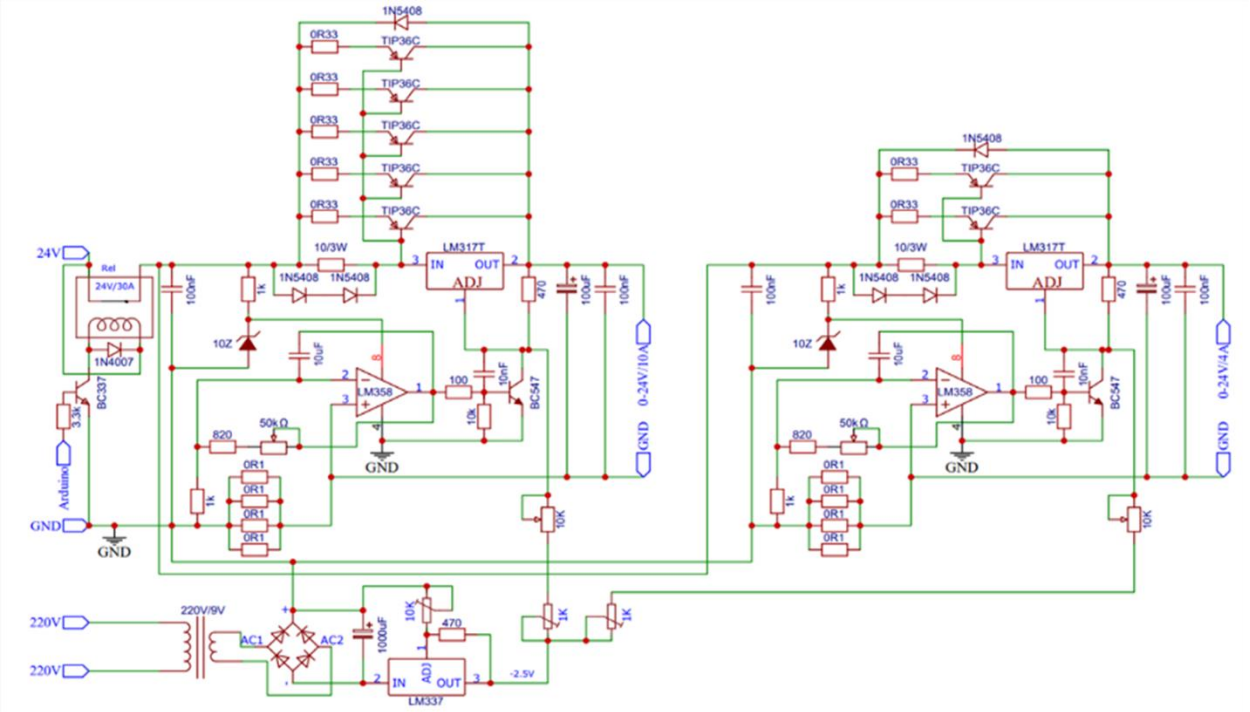


Figura 12. Schema electrică a sursei

Sursa are posibilitatea de a fi reglată, de pe panoul frontal, pentru obținerea unei tensiuni de ieșire variabile[1].

0-24V/0-10A

0-24V/0-4A

2.3.1.1. Precizie tensiune 0-24V

Tabelul 1

Tensiune sursă [V]	***Tensiune multimetru [V]***
5	4.9
10	10
15	15.1
20	20.2
24	24.2

2.3.1.2. Filtraj tensiune de ieșire 0-24V

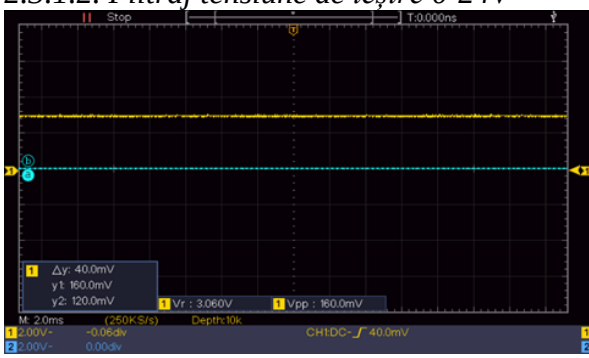


Figura 13. Filtraj la 3V Vpp=160mV

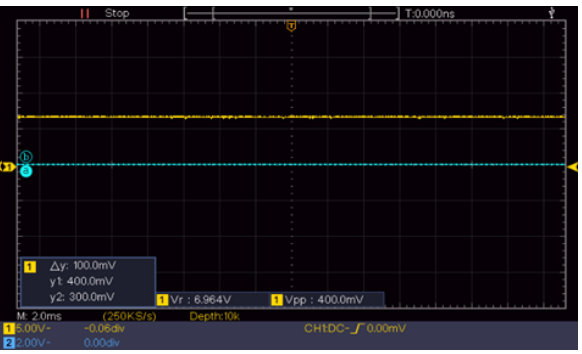


Figura 14. Filtraj la 7V Vpp=400mV

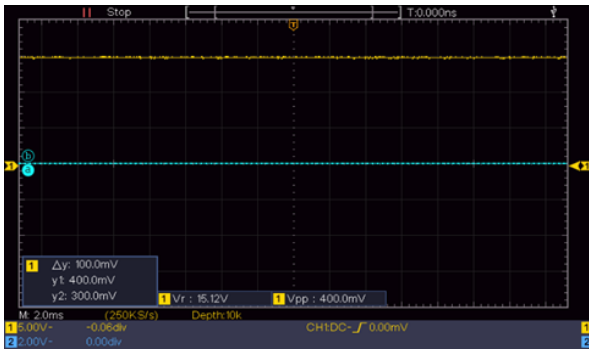


Figura 15. Filtraj la 15V Vpp=400mV

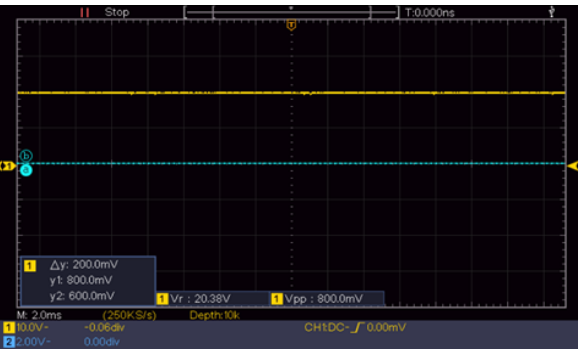


Figura 16. Filtraj la 20V Vpp=800mV

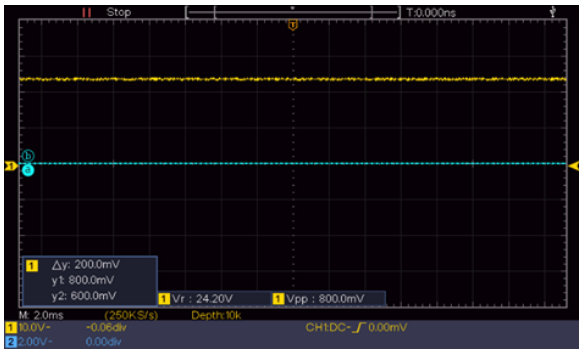


Figura 17. Filtraj la 24V Vpp=800mV

2.3.2. Modul STEP-UP

Modulul STEP-UP are rolul de a furniza o tensiune de ieșire mai mare decât tensiunea de alimentare.

- Valoarea tensiune de ieșire: 25- 60VDC, cu posibilitatea reglării
- Frecvența de funcționare: 150KHz
- Puterea furnizată: 400W
- Eficiența modulului: 96%
- Valoarea maximă a curentului de ieșire: 12A

2.3.3. Modulul Arduino UNO

- Procesor Atmega328p
- 6 pini semnal analogic de intrare
- 13 pini digitali intrare/ieșire
- 6 pini PWM
- Oscilator cu cuarț 8MHz
- Tensiune de funcționare 6-9V

2.3.4. Indicatorul de frecvență

Acesta are rolul de a monitoriza frecvența semnalului de ieșire.
-Valoarea frecvenței: 1Hz - 50MHz
-Tensiunea de funcționare: 5V

3. Stabilitatea temperaturii sistemului în sarcină

Tabelul 2

Sarcină[A]	***Temperatură[°C]***
5	40
7.53	43
10.1	47

Concluzii

Sursa de alimentare descrisă mai sus a fost concepută și executată de către autor. Destinația de bază a sistemului este alimentarea cu energie continuă, cu plaja între 0-24V/0-10A și 0-24V/0-4A, generarea de semnale DDS de 4 tipuri, semnalele fiind monitorizate cu ajutorul unui LCD controlat de Arduino.

Gama de frecvență a generatorului este cuprinsă între 1Hz-75KHz. Avantajul acestui dispozitiv constă în folosirea lui atât ca sursă dublă de alimentare cât și generator de semnal. Montajul reprezintă un stand didactic de mare importanță pentru iubitorii de electronică. Orice componentă defectă poate fi înlocuită pentru ca sistemul să poată funcționa în parametrii. De asemenea, sistemul este destinat alimentării unei game variate de consumatori.

Referințe

[1] http://electricianulsimplu.blogspot.com/p/surse-de-alimentare.htm
[2] http://www.minitab.com/en-US/default.aspx

MODERNIZAREA MANAGEMENTULUI ÎNTREPRINDERILOR ÎN ERA TRANSFORMĂRII DIGITALE ȘI INDUSTRIEI 4.0

Alexandru PAȘEVSCHI*, Ilinca OSIPOV

Departamentul Telecomunicații și Sisteme Electronice, grupa IMTC-211,
Facultatea Electronică și Telecomunicații, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Rep. Moldova

*Autorul corespondent: Alexandru Pașevschi, alexandru.pasevschi@tse.utm.md

Îndrumătorul/coordonatorul științific **Maria GRIȚCO**, asistent universitar, FET, UTM

Rezumat: *În era digitală și a Industriei 4.0, managementul întreprinderilor se confruntă cu provocări și oportunități semnificative. Rapiditatea schimbărilor tehnologice și industriale impune nevoia de adaptare pentru a menține competitivitatea și relevanța pe piață. Astfel, modernizarea managementului este esențială, cu accent pe inovație, eficiență operațională și adaptabilitate. Managementul modernizat înțelege și utilizează instrumentele digitale și tehnologiile emergente pentru a-și îmbunătăți procesele și strategiile. Aceasta înseamnă adoptarea soluțiilor digitale precum analiza datelor, inteligența artificială, automatizarea proceselor și cloud computing-ul pentru a eficientiza operațiunile și a lua decizii informate*
Totodată, transformarea digitală aduce oportunități noi, cum ar fi accesul la piețe globale, personalizarea serviciilor și produselor, și dezvoltarea de modele de afaceri inovatoare. Managementul în era digitală trebuie să fie agil și receptiv la schimbare, să încurajeze spiritul de inovare și să investească în resurse umane pregătite pentru a lucra cu noile tehnologii. Astfel, întreprinderile pot exploata pe deplin avantajele acestei transformări și să rămână competitive într-un mediu de afaceri dinamic și provocator.

Cuvinte cheie: *gestionare, digitalizare, automatizare avansată, inovație, eficiență, adaptabilitate.*

Introducere:

Transformarea Digitală și Industria 4.0 reprezintă o paradigmă în evoluția întreprinderilor, marcând o schimbare fundamentală în modul în care acestea își conduc operațiunile și își gestionează resursele. În această eră a tehnologiei avansate, întreprinderile sunt tot mai dependente de tehnologii digitale precum Internet of Things (IoT), Inteligența Artificială (AI), blockchain și analiza big data pentru a-și transforma modelele de afaceri și a rămâne competitive.

Contextul și importanța modernizării managementului în era digitală:

În mediul digital actual, modernizarea managementului devine crucială pentru succesul întreprinderilor. Adaptabilitatea rapidă și revizuirea constantă a strategiilor sunt imperative pentru supraviețuirea și succesul pe termen lung. Modernizarea permite adaptarea la schimbările rapide din piață și capitalizarea oportunităților emergente. Utilizarea tehnologiilor digitale și a datelor îmbunătățește procesele operaționale și oferă o experiență mai bună clienților. Sporește, de asemenea, agilitatea și flexibilitatea organizațională, permițând adaptarea rapidă la cerințele pieței și clienților. Adoptarea unei abordări proactive și inovatoare în modernizarea managementului este esențială pentru menținerea relevanței și competitivității pe termen lung într-un mediu de afaceri din ce în ce mai competitiv și dinamic.

Definiția și caracteristicile Industriei 4.0:

Industria 4.0 reprezintă o paradigmă de producție și gestionare a afacerilor care integrează tehnologii avansate pentru a crea fabrici inteligente și procese de lucru digitale.

Această transformare are la bază conectivitatea, automatizarea și analiza datelor, schimbând fundamental modul în care sunt concepute, fabricate și livrate produsele și serviciile.

Caracteristicile cheie ale Industriei 4.0 includ:

1. Interconectivitatea: Utilizarea Internetului Lucrurilor (IoT) și a altor tehnologii pentru a conecta dispozitivele, mașinile și sistemele de producție într-o rețea integrată și inteligentă.
2. Digitalizarea: Transformarea proceselor și activităților de producție în formate digitale, permițând monitorizarea în timp real și analiza datelor pentru optimizarea performanței și a eficienței.
3. Automatizarea: Utilizarea roboților și a altor sisteme autonome pentru a prelua sarcini repetitive și muncă intensivă, liberând resurse umane pentru activități mai valoroase și creative.
4. Analiza datelor avansată: Colectarea, stocarea și analiza datelor în timp real pentru a obține informații utile și insights care să susțină luarea deciziilor și îmbunătățirea proceselor.
5. Fabrici inteligente: Implementarea tehnologiilor și a sistemelor de producție flexibile și personalizabile, care să permită adaptarea rapidă la schimbările cerințelor și condițiilor de piață.
6. Colaborarea om-mașină: Integrarea tehnologiilor avansate în mediul de lucru pentru a sprijini și îmbunătăți capacitățile umane, permițând colaborarea eficientă între oameni și mașini.
7. Sustenabilitatea: Utilizarea tehnologiilor și a proceselor de producție prietenoase cu mediul pentru a reduce impactul asupra resurselor naturale și a mediului înconjurător.

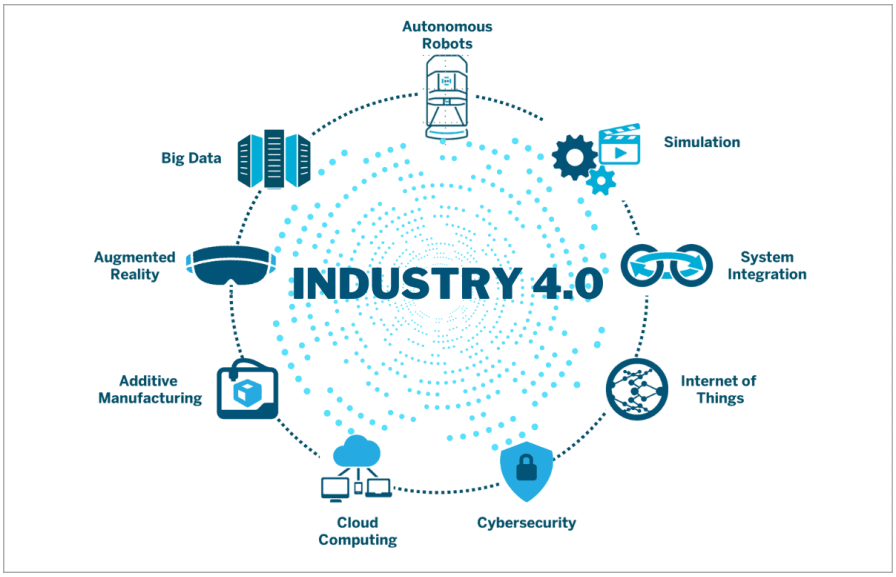


Figura 1 Diagrama de viziune a Industriei 4.0

Provocările întâmpinate de organizații în era transformării digitale și a Industriei 4.0:

În era transformării digitale și a Industriei 4.0, organizațiile se confruntă cu diverse provocări pe măsură ce își adaptează modelele de afaceri și procesele operaționale la noile tehnologii și mediul de afaceri disruptiv. Printre aceste provocări se numără:

1. Investiții inițiale mari: Implementarea tehnologiilor digitale și a soluțiilor Industry 4.0 necesită investiții semnificative în infrastructură, echipamente și capacități umane specializate, ceea ce poate fi costisitor pentru multe organizații.

2. Probleme de securitate cibernetică: Odată cu creșterea dependenței de sistemele informatice și de conectivitatea internetului, organizațiile devin mai vulnerabile la amenințările cibernetice, inclusiv atacuri malware, phishing și furt de date sensibile.
3. Rezistența la schimbare: Adoptarea și integrarea tehnologiilor noi pot fi întâmpinate cu rezistență din partea angajaților și a managementului, care pot fi reticenți să renunțe la practicile tradiționale sau să învețe noi competențe și abordări de lucru.
4. Breșe de competențe: Schimbările rapide din domeniul tehnologic pot crea breșe de competențe în rândul forței de muncă, cu un decalaj între cerințele noi de competențe și cunoștințele și abilitățile existente ale angajaților.
5. Integrarea și interoperabilitatea sistemelor: Diversele tehnologii și platforme digitale utilizate în cadrul Industriei 4.0 pot fi incompatibile sau dificil de integrat, ceea ce poate încetini procesul de implementare și poate crea dificultăți în gestionarea datelor și a fluxurilor de lucru.
6. Probleme de confidențialitate a datelor: Odată cu creșterea colectării și utilizării datelor în cadrul organizațiilor, se pune o mare presiune pe protejarea confidențialității datelor clienților și a altor informații sensibile, în conformitate cu reglementările privind protecția datelor.
7. Lipsa unei viziuni clare și strategii coerente: Pentru multe organizații, navigarea în peisajul complex al transformării digitale și al Industriei 4.0 poate fi dificilă fără o viziune clară și o strategie bine definită pentru adoptarea și integrarea tehnologiilor și practicilor noi.

Relevanța inovației și a adaptabilității în modernizarea managementului:

Inovația și adaptabilitatea sunt esențiale în modernizarea managementului în era digitală și în contextul Industriei 4.0. Aceste două aspecte conduc la o mai bună capacitate de răspuns la schimbările rapide din mediul de afaceri, sprijinind organizațiile în menținerea competitivității și relevanței pe piață. Prin adoptarea unei mentalități inovatoare și flexibile, organizațiile pot identifica rapid oportunități și amenințări și pot ajusta strategiile și procesele pentru a se adapta la noile condiții. De asemenea, inovația le permite să dezvolte produse, servicii și practici noi și îmbunătățite, conferindu-le un avantaj competitiv și contribuind la îmbunătățirea performanței operaționale și a rezultatelor financiare. În același timp, o cultură organizată în jurul inovației și adaptabilității stimulează creativitatea și angajamentul angajaților, generând idei noi și contribuind la îmbunătățirea continuă a proceselor de management. Prin abordarea proactivă a modernizării managementului și prin integrarea inovației și adaptabilității în ADN-ul organizației, aceasta poate asigura relevanța și durabilitatea pe termen lung într-un mediu de afaceri din ce în ce mai competitiv și dinamic.

Implementarea tehnologiilor emergente și a soluțiilor digitale în procesele de management:

Implementarea tehnologiilor emergente și a soluțiilor digitale în procesele de management reprezintă o componentă vitală a modernizării organizațiilor în era digitală și a Industriei 4.0. Această implementare necesită o planificare strategică și o abordare integrată pentru a asigura succesul și impactul pozitiv. Iată câteva exemple de tehnologii și soluții digitale și modul în care acestea pot fi implementate în procesele de management:

1. Sisteme ERP (Enterprise Resource Planning): Implementarea unui sistem ERP permite integrarea și centralizarea datelor și proceselor operaționale în întreaga organizație, facilitând luarea deciziilor informate și gestionarea eficientă a resurselor.
2. Software de analiză și business intelligence: Utilizarea software-ului de analiză și business intelligence transformă datele brute în informații valoroase și insights pentru luarea deciziilor, facilitând monitorizarea performanței și identificarea oportunităților de îmbunătățire.

3. Sisteme CRM (Customer Relationship Management): Implementarea unui sistem CRM permite gestionarea și optimizarea relațiilor cu clienții, urmărirea interacțiunilor și comportamentului acestora și oferirea unei experiențe personalizate.
4. Platforme de colaborare și comunicare: Utilizarea platformelor de colaborare și comunicare facilitează interacțiunea între echipele de lucru și sprijină gestionarea proiectelor și fluxurile de lucru.
5. Automatizare și roboți software: Soluțiile de automatizare și roboți software reduc sarcinile repetitive ale angajaților, sporind eficiența și reducând erorile umane.
6. Analiza big data și machine learning: Identifică modele și tendințe în date, prevăd comportamentele viitoare și sprijină luarea deciziilor informate.
7. Cloud computing: Acces flexibil la resursele IT, reducerea costurilor operaționale și facilitarea scalabilității și accesului la date și aplicații.

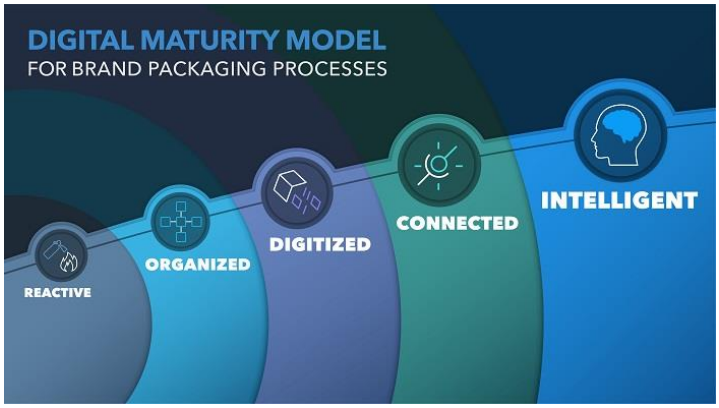


Figura 2. Treptele transformării digitale

Studii de caz și exemple relevante:

A. Exemple de întreprinderi care au reușit să-și modernizeze managementul în contextul transformării digitale și a Industriei 4.0:

1. Tesla Inc.: Tesla este un exemplu notabil de companie care a reușit să-și modernizeze managementul în contextul Industriei 4.0. Prin utilizarea tehnologiilor digitale avansate și a conceptelor de fabrică inteligentă, Tesla a revoluționat industria auto, implementând sisteme automate de fabricație, roboți și analiză big data pentru a îmbunătăți procesele de producție și a oferi vehicule electrice inovatoare și de înaltă performanță.

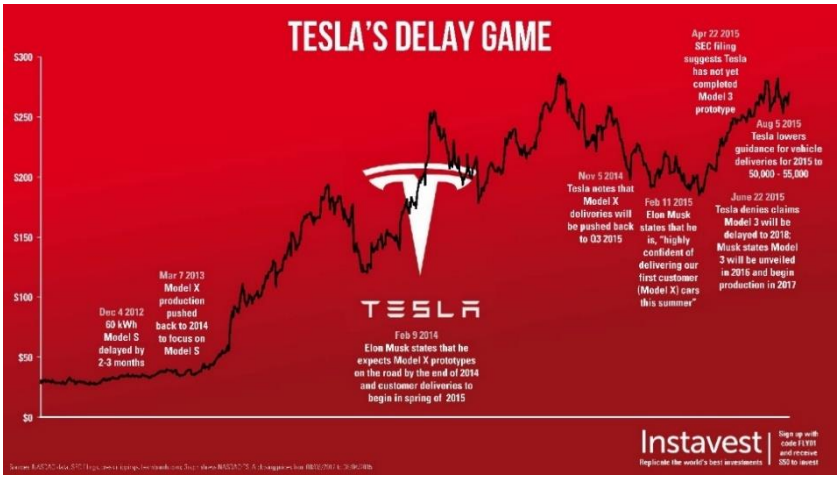


Figura 3 Graficul performanței operaționale Tesla redat prin prisma veniturilor

2. Amazon: Amazon este un alt exemplu de companie care a abordat cu succes modernizarea managementului în era digitală. Prin utilizarea tehnologiei cloud computing, analizei big data și a inteligenței artificiale, Amazon a revoluționat procesele sale de operare, logistică și gestionare a lanțului de aprovizionare, permițându-i să ofere servicii de e-commerce și cloud computing scalabile și eficiente.

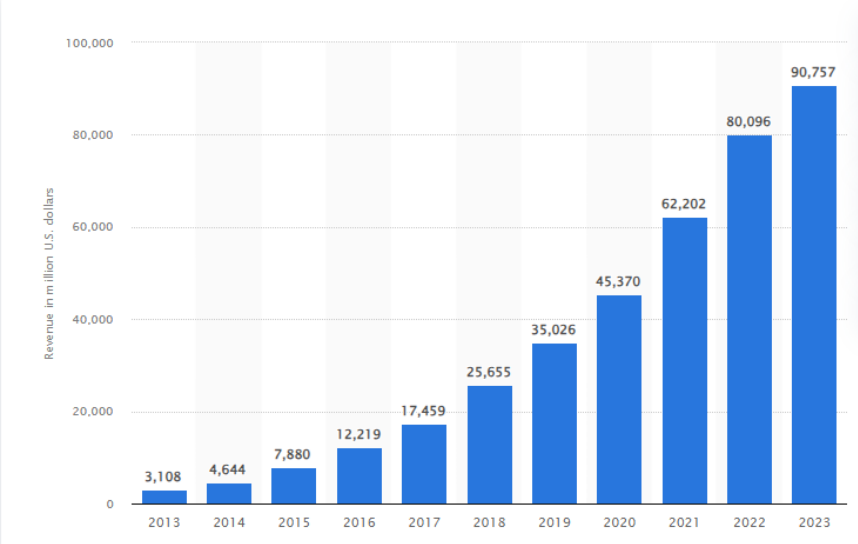


Figura 4 Graficul performanței operaționale Amazon înainte și dupa digitalizare

3. Siemens: Siemens este un lider global în domeniul tehnologiilor industriale și al soluțiilor digitale. Compania a adoptat o abordare proactivă în modernizarea managementului, integrând tehnologii emergente precum IoT, analiza big data și automatizarea în procesele sale de producție și operațiuni, pentru a-și îmbunătăți eficiența și competitivitatea.

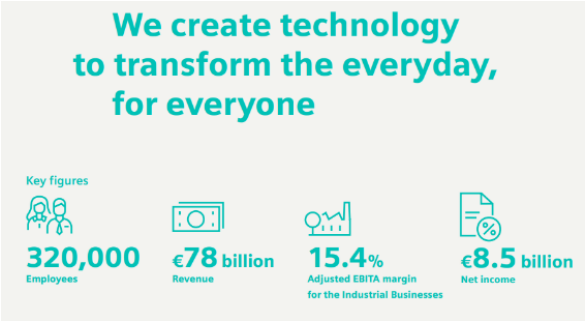


Figura 5 Indicatorii de performanță a companiei Simens pentru anul 2023

Analiza rezultatelor și a impactului modernizării managementului în aceste cazuri: În toate aceste cazuri, modernizarea managementului a avut un impact semnificativ asupra performanței și succesului organizațiilor respective. Implementarea tehnologiilor digitale și a soluțiilor Industry 4.0 a permis acestor companii să-și optimizeze procesele, să-și reducă costurile operaționale, să-și îmbunătățească eficiența și să-și crească competitivitatea pe piață.

Prin adoptarea unei abordări proactive și inovatoare față de modernizarea managementului, aceste întreprinderi au reușit să se adapteze cu succes la schimbările din mediul de afaceri și să capitalizeze oportunitățile oferite de tehnologiile emergente și de Industria 4.0. Analiza rezultatelor arată că investițiile în modernizarea managementului au avut un impact pozitiv asupra performanței financiare, a satisfacției clienților și a poziției pe piață a acestor companii.

Concluzii

În concluzie, modernizarea managementului în era transformării digitale și a Industriei 4.0 este esențială pentru organizații în vederea menținerii și consolidării competitivității lor pe piață.

Studiile de caz precum Tesla, Amazon și Siemens demonstrează că modernizarea managementului aduce beneficii semnificative, inclusiv creșterea performanței financiare și a satisfacției clienților, generarea de inovații și adaptabilitatea la schimbările din mediul de afaceri. Totodată, învățăturile din aceste cazuri relevă importanța unei abordări proactive și inovatoare în gestionarea modernizării managementului.

Cu toate acestea, implementarea modernizării managementului nu este lipsită de provocări, cum ar fi costurile inițiale ridicate, securitatea cibernetică și rezistența la schimbare. Prin urmare, este esențial ca organizațiile să abordeze acest proces cu atenție și să investească în resurse adecvate pentru a asigura succesul și durabilitatea modernizării lor.

În final, modernizarea managementului nu este doar un obiectiv, ci un proces continuu și dinamic, care necesită angajamentul și implicarea continuă a conducerii și a întregii echipe. Prin adoptarea unei abordări strategice și inovatoare, organizațiile pot să-și consolideze poziția pe piață și să prospere în era digitală și a Industriei 4.0.

Referințe

[1] Porter, M. E., & Heppelmann, J. E. (2014). How smart, connected products are transforming competition. Harvard Business Review, 92(11), 64-88.
[2] Ross, J. W., Beath, C. M., & Mocker, M. (2016). The new IT: How technology leaders are enabling business strategy in the digital age. Harvard Business Review Press.
[3] Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies. W. W. Norton & Company.
[4] Schallmo, D., Williams, C., & Boardman, L. (2017). Digital transformation of business models—Best practice, enablers, and roadmap. International Journal of Innovation Management, 21(08), 1740014.
[5] Kagermann, H., Lukas, W. D., & Wahlster, W. (2013). Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution. VDI Nachrichten.
[6] Westerman, G., Bonnet, D., & McAfee, A. (2014). Leading digital: Turning technology into business transformation. Harvard Business Press.
[7] Raj, R., & Shankar, R. (2017). Transformation of business processes with Industry 4.0: A review. International Journal of Production Research, 55(5), 1298-1318.
[8] Manyika, J., Lund, S., Bughin, J., Woetzel, J., Batra, P., Ko, R., & Sanghvi, S. (2016). Digital America: A tale of the haves and have-mores. McKinsey Global Institute.
[9] Simens, 'Sustenability report for year 2023', sustainability-report-fy2023.pdf (siemens.com)

EVALUAREA CONFORMITĂȚII ECHIPAMENTELOR RADIO LA STANDARDELE DE COMPATIBILITATE ELECTROMAGNETICĂ: METODE ŞI IMPLICAȚII PRACTICE

Constantin PLAMADEALA

Departamentul Telecomunicații și Sisteme Electronice, grupa MMRT-221M,
Facultatea Electronică şi Telecomunicații, Universitatea Tehnică a Moldovei, or. Chișinău, Rep. Moldova

*Autorul corespondent: Constantin Plamadeala, constantin.plamadeala1@tse.utm.md

Îndrumătorul/coordonatorul științific **Lilia Sava**, dr., conf. univ., FET, UTM

Rezumat. *În era digitală în continuă evoluție, echipamentele radio joacă un rol fundamental în comunicare, tehnologie și interconectivitate. Cu toate acestea, pentru ca aceste dispozitive să funcționeze eficient și fără a perturba alte echipamente sau rețele, ele trebuie să respecte rigorile cerințelor de compatibilitate electromagnetică (EMC).*
Obiectivul principal al acestui cercetări a fost de a minimiza interferențele electromagnetice între diferite echipamente, protejarea siguranței utilizatorilor, asigurarea funcționării corecte a echipamentelor, promovarea utilizării eficiente a spectrului electromagnetic și stimularea inovării și dezvoltării tehnologice.
Pentru colectarea datelor, au fost utilizate Camera Semianecoică și alte încăperi amenajate cu echipamente specializate, inclusiv analizoare de spectru, generatoare radio, antene, măsurători de putere, generatoare de testare a imunității și accesorii, în conformitate cu cerințele standardelor de referință. Datele obținute au fost prelucrate și analizate, iar rezultatele au fost interpretate în conformitate cu valorile specificate în standardele de produs pentru tipul dat de echipament.
Acest studiu aduce o contribuție valoroasă în determinarea conformității echipamentelor radio. Rezultatele obținute pot fi utile în industria comunicațiilor pentru îmbunătățirea performanțelor și asigurarea utilizării eficiente și sigure a echipamentelor radio.

Cuvinte cheie: *compatibilitate electromagnetică, emisii, imunitate, conformitate.*

Introducere

Compatibilitatea electromagnetică este o disciplină crucială în domeniul electronic și al telecomunicațiilor, care se concentrează pe asigurarea coexistenței echilibrate a diferitelor echipamente electronice și a sistemelor de comunicații. Odată cu creșterea continuă a numărului de dispozitive radio, fie că vorbim despre smartphone-uri, routere wireless, stații radio sau echipamente medicale, este important să ne asigurăm că acestea funcționează în concordanță deplină în spectrul electromagnetic plin de zgomot în care operează.

Această cercetare se concentrează pe evaluarea conformității echipamentelor radio la cerințele stricte de compatibilitate electromagnetică. Se vor explora procesele și standardele internaționale relevante pentru EMC, precum și standardele IEC (International Electrotechnical Commission). De asemenea, se va analiza metodele de testare și măsurare utilizate pentru a determina dacă un echipament radio respectă aceste cerințe.

Obiectivele evaluării compatibilității electromagnetice sunt esențiale pentru siguranța și eficiența echipamentelor electronice într-un mediu complex din punct de vedere electromagnetic, precum și pentru a promova utilizarea eficientă a spectrului.

1. Compatibilitate electromagnetică

Cerințe de compatibilitate electromagnetică

Testele EMC pentru echipamentele radio și echipamentele auxiliare asociate conform SM EN 301489-1 V2.2.3:2020 [1] sunt enumerate în Tab. 1 şi Tab. 2.

Aplicabilitatea testelor EMC depinde de tipul de echipament radio şi de echipamentul auxiliar asociat care face obiectul testului.

Tabelul 1

Cerințe privind emisiile

Tipul emisiei	***Standard de referință***	***Port***	***Aplicabilitate***		
			Utilizare fixă	***Utilizarea în vehicule***	***Utilizare portabilă***
Emisii radiate	SM EN 55032 [2]	Port de carcasă a echipamentului	aplicabilă	aplicabilă	aplicabilă
Emisii conductive	SM EN 55032 [2]	Port de intrare/ieşire a energiei DC	aplicabilă	aplicabilă	nu se aplică
		Port de intrare/ieşire a rețelei de curent alternativ	aplicabilă	nu se aplică	nu se aplică
		Port de rețea cu fir	aplicabilă	nu se aplică	nu se aplică
Emisii de curenți armonici	SM EN IEC 61000-3-2 [3]	Portul de conectare la rețeaua de curent alternativ	aplicabilă	nu se aplică	nu se aplică
Flickere şi fluctuații de tensiune	SM EN 61000-3-3 [4]	Portul de conectare la rețeaua de curent alternativ	aplicabilă	nu se aplică	nu se aplică

Sursa: elaborat de autor în baza standardului de produs SM EN 301489-1 V2.2.3:2020[1].

Cerințele privind emisiile în domeniul compatibilității electromagnetice (EMC) se referă la standardele stabilite pentru a limita emisiile electromagnetice generate de echipamente electronice și pentru a asigura că aceste emisii nu interferează cu alte dispozitive electronice sau sisteme. Aceste cerințe sunt esențiale pentru a asigura funcționarea corectă și fiabilă a echipamentelor electronice într-un mediu în care sunt prezente multiple dispozitive.

Tabelul 2

Cerințe privind imunitatea

Fenomenul aplicat	***Standard de referință***	***Port***	***Aplicabilitate***		
			Utilizare fixă	***Utilizarea în vehicule***	***Utilizare portabilă***
Descărcare electrostatică	SM SR EN 61000-4-2 [5]	Carcasa echipamentului	aplicabilă	nu se aplică	aplicabilă
Câmp electromagnetic de radiofrecvență radiat	SM EN 61000-4-3 [6]	Port de carcasă a echipamentului	aplicabilă	aplicabilă	aplicabilă
Trenuri de impulsuri rapide de tensiune	SM SR EN 61000-4-4 [7]	Port de rețea cu fir, port de control, port a rețelei de alimentare AC/DC	aplicabilă	nu se aplică	nu se aplică
Supratensiuni, linie - linie şi linie - PE	SM EN 61000-4-5 [8]	Porturile de intrare a rețelei de alimentare AC	aplicabilă	nu se aplică	nu se aplică
Perturbații radio conduse de mod comun	SM EN 61000-4-6 [9]	Port de rețea cu fir, port de control, port a rețelei de alimentare AC/DC	aplicabilă	nu se aplică	nu se aplică
Scăderi şi întreruperi de tensiune	SM EN 61000-4-11 [10]	Porturile de intrare a rețelei de alimentare AC	aplicabilă	nu se aplică	nu se aplică

Sursa: elaborat de autor în baza standardului de produs SM EN 301489-1 V2.2.3:2020[1].

Cerințele privind testele de imunitate în domeniul compatibilității electromagnetice (EMC) se referă la standardele stabilite pentru a asigura că echipamentele electronice sunt capabile să funcționeze corect în prezența unor condiții electromagnetice perturbatoare sau

interferențe externe. Aceste cerințe stabilesc condițiile și procedurile pentru testarea și evaluarea rezistenței echipamentelor electronice la diverse tipuri de interferențe electromagnetice.

Scopul acestor teste este de a asigura că echipamentele electronice pot funcționa în mod adecvat în medii în care sunt prezente interferențe electromagnetice și de a minimiza riscul de deteriorare sau de funcționare necorespunzătoare.

Producătorii de echipamente electronice sunt obligați să efectueze testele de compatibilitate electromagnetică și să demonstreze conformitatea cu cerințele EMC relevante înainte de a comercializa produsele pe piață.

Cerințe privind măsurarea emisiilor:

- *Emisii electromagnetice radiate (EMI)* - reprezintă emisiile de energie sub formă de unde electromagnetice care se propagă în spațiu. Aceste emisii pot proveni din componente electronice active, cum ar fi tranzistoarele sau circuitele integrate, sau din interacțiunile dintre diversele componente ale sistemului.
- *Emisii conduse la portul de alimentare* - vizează evaluarea emisiilor electromagnetice (EMI) care sunt transferate prin intermediul porturilor de intrare/ieșire a energiei de curent alternativ, curent continuu sau o baterie locală cu cabluri de conectare mai lungi de 3 m. Aceste emisii parazite conduse pot afecta alte dispozitive electronice conectate la aceeași rețea de alimentare.
- *Emisii conductive la portul rețelei de date cu fir* - reprezintă emisiile electromagnetice care sunt propagate prin intermediul cablurilor de rețea (cum ar fi cablurile Ethernet) și care pot afecta integritatea funcționării altor echipamente conectate la aceeași rețea. Aceste emisii pot proveni de la dispozitivele electronice conectate la rețea și pot interfera cu alte echipamente sau pot influența performanța întregii rețele.
- *Emisii de curenți armonici* - reprezintă componente nedorite ale curentului electric care au frecvențe multiple ale frecvenței fundamentale a sistemului. Acestea pot apărea în rețelele electrice ca rezultat al utilizării echipamentelor nelineare, cum ar fi sursele de alimentare cu comutație și redresoarele. Acest tip de emisii poate afecta calitatea energiei electrice și poate avea consecințe negative asupra echipamentelor și rețelelor electrice.
- *Fluctuații de tensiune și flickere* - reprezintă variații în timp ale nivelului de tensiune într-un sistem electric, care se pot datora, de exemplu, schimbărilor bruște în consumul de energie sau la pornirea și oprirea altor echipamente. Fluctuațiile pot afecta echipamentele sensibile la astfel de variații. Aceste fenomene pot afecta funcționarea echipamentelor electronice. Flickerul reprezintă variații periodice ale nivelului de lumină, de obicei observate în iluminat. Aceste variații pot fi percepute sub forma unor fluctuații periodice ale intensității luminii, cauzate de variații ale tensiunii de alimentare.

Cerințe privind testele de imunitate:

- *Imunitate la câmp electromagnetic de radiofrecvență* - simulează acțiunea câmpurilor electromagnetice (80 MHz – 6000 MHz) de la surse de uz general, cum ar fi emițătoare/receptoare radio portabile, emițătoare fixe de radio și televiziune, emițătoare radio utilizate la bortul vehiculelor și diverse surse, asupra echipamentelor.
- *Imunitate la perturbații radio conduse* - induse de radiofrecvență (0,15MHz – 80MHz), se efectuează la portul de alimentare de la rețeaua de curent alternativ (dacă există) al echipamentului radio și al echipamentelor auxiliare asociate. Suplimentar se efectuează pe porturile de semnal, porturile de rețea cu fir, porturile de control și porturile de alimentare în curent continuu ale echipamentelor radio și ale echipamentelor auxiliare asociate, în cazul în care cablurile pot fi mai lungi de 3 m.

- *Imunitate la descărcări electrostatice* - are scopul de a asigura că echipamentele electronice sunt suficient de robuste împotriva descărcărilor electrostatice care pot apărea în mediile de utilizare obișnuite. Descărcările electrostatice pot avea loc atunci când o persoană atinge un dispozitiv electronic sau îl manipulează, generând o încărcare electrostatică pe suprafața corpului. Această încărcare poate apoi să se descarce pe dispozitivul electronic, provocând potențial daune sau defecte temporare sau permanente.
- *Imunitate la trenuri de impulsuri rapide de tensiune* - este o încercare cu salve compuse dintr-un anumit număr de impulsuri rapide cuplate la porturile testate. Importante pentru încercare sunt: amplitudinea mare, timpul de creștere mic, frecvența de repetiție mare și energia redusă a impulsurilor. Încercarea este destinată să demonstreze imunitatea echipamentelor electrice și electronice, atunci când sunt supuse la perturbații tranzitorii de tipul celor provenite de la fenomene tranzitorii de comutație.
- *Imunitate la supratensiuni* - este o încercare cu scopul de a testa reacția echipamentului în condiții de funcționare la supratensiuni cauzate de comutatoare și fulgere. Caracteristicile generatorului de testare sunt definite pentru a simula fenomenele create de comutatoare și fulgere, cât mai aproape posibil.

Imunitate la scăderi de tensiune și întreruperile de scurtă durată - este o încercare cu scopul de a testa capacitatea echipamentului în condiții de avarii în rețea, în special scurtcircuite în instalații sau de variații bruște și importante de sarcini conectate în rețea.

Evaluarea conformității echipamentelor radio la standardele de compatibilitate electromagnetică

La evaluarea conformității echipamentelor radio la standardele de compatibilitate electromagnetică a fost identificat următorul echipament:

Obiectul încercărilor:	Router
Marca comercială:	MicroTik
Model:	RB912UAG-2HPnD
Starea echipamentului:	Pentru testări
Sursa de alimentare:	AC Adaptor 100-240V ~ 50/60Hz 0,5A
Caracteristici tehnice:	LAN, WLAN 2.4 GHz

Utilizând echipamentul indicat au fost efectuate un șir de teste, în baza cărora au fost obținute rezultate:

Elementele de testare care au fost efectuate pe echipamentul testat în conformitate cu interfețele sale, funcțiile evaluate, prezentate în Tab. 3.

Tabelul 3

Elemente de testare

Standard	***Element de testare***	***Rezultat***	***Observație***
1	**2**	**3**	**4**
SM EN 55032 [2]	Emisiile conductive de la porturile de alimentare	Corespunde	Marja minimă de trecere a clasei B este -14,33 dB la 23,128 MHz
SM EN 55032 [2]	Emisiile conductive de la porturile de rețea cablate	Corespunde	Marja minimă de trecere a clasei B este -9,29 dB la 23,128 MHz
SM EN 55032 [2]	Emisii radiate până la 1 GHz	Corespunde	Marja minimă de trecere a clasei B este -6,44 dB la 271,2 MHz
SM EN 55032 [2]	Emisii radiate peste 1 GHz	Corespunde	Nu s-au depista emisii în marja de -6 dB până la limita clasei B
SM EN IEC 61000-3-2 [3]	Măsurarea curentului armonic	Corespunde	Consumul de energie al EUT este mai mic de 75 W și nu se aplică nicio limită.

continuare tabelul 3

1	2	3	4
SM EN 61000-3-3 [4]	Măsurarea fluctuațiilor de tensiune și a flickerelor	Corespunde	P_{st} =0,064, d_{max} =0,000 % P_{lt} =0,064, d_c =0,000 %, T_{max} =0,000 ms
SM SR EN 61000-4-2 [5]	Descărcări electrostatice	Corespunde	4 kV (prin contact), 8 kV (prin aer) Criterii de performanță B
SM EN 61000-4-3 [6]	Câmpuri electromagnetice de frecvență radio radiate	Corespunde	80 MHz – 6000MHz, 3 V/m, 80% AM, pas 1% Criterii de performanță A
SM SR EN 61000-4-4 [7]	Trenuri de impulsuri rapide de tensiune	Corespunde	± 1 kV, 5/50 ns (Tr/Th) Criterii de performanță B
SM EN 61000-4-5 [8]	Supratensiuni	Corespunde	Linie – Linie: ±1 kV, 1,2/50 µs Linie - PE: ±2 kV, 1,2/50 µs Criterii de performanță B
SM EN 61000-4-6 [9]	Perturbații conduse, induse de câmpuri de radiofrecvență	Corespunde	0,15 MHz – 80 MHz, 3V, 80% AM, pas 1%. Criterii de performanță A
SM EN 61000-4-11 [10]	Scăderi și întreruperi de tensiune	Corespunde	Pentru scăderi de tensiune: 0% rezidual, 0,5 cicluri 0% rezidual, 1 ciclu 70% rezidual, 25 cicluri Criterii de performanță A Pentru întreruperi de tensiune: 0% rezidual, 250 de cicluri Criterii de performanță B

Sursa: elaborat de autor în baza propriilor cercetări științifice.

Concluzii

Principalele rezultate ale acestui studiu au evidențiat faptul că măsurările și testele efectuate demonstrează conformitatea echipamentului radio cu cerințele de compatibilitate electromagnetică. S-a constatat că emisiile emise de echipament corespund limitelor admisibile, ceea ce demonstrează faptul că nu va influența alte echipamente din apropiere, iar testele de imunitate demonstrează că echipamentul va funcționa corect în mediile unde este destinat să fie instalat și nu va fi influențat de factorii externi.

În concluzie, testele de compatibilitate electromagnetică au un impact semnificativ în activitatea practică, contribuind la asigurarea conformității, fiabilității și performanței produselor electronice, precum și la promovarea inovației și a comerțului internațional în domeniul electronicelor.

Mulțumiri

În cadrul lucrării date, dorim să exprimăm recunoștință părților implicate în realizarea ei.

În primul rând, dorim să mulțumim Laboratorului de Încercări din cadrul Instituției Publice Serviciul Național de Management al Frecvențelor Radio pentru suportul tehnic și administrativ acordat. Am apreciat în mod deosebit accesul la echipamente necesare și materiale pentru desfășurarea măsurărilor și testelor de imunitate, care au fost esențiale în obținerea rezultatelor noastre, precum și incinta laboratorului pusă la dispoziție, care a oferit un mediu corespunzător pentru realizarea măsurătorilor de laborator. Nu în ultimul rând, dorim să mulțumim Universității Tehnice a Moldovei pentru încheierea acordului de colaborare cu Serviciul Național de Management al Frecvențelor Radio, care a facilitat realizarea acestor măsurători de laborator într-un mediu profesionist și potrivit cerințelor pentru astfel de teste.

Referinţe

[1] INSTITUTUL NAŢIONAL DE STANDARDIZARE. SM EN 301 489-1 V2.2.3:2020 Standard de compatibilitate electromagnetică (EMC) pentru echipamente radio şi servicii. Partea 1: Cerințe tehnice comune. Standard armonizat pentru compatibilitate electromagnetică. Aprobat:10.07.2020

[2] INSTITUTUL NAŢIONAL DE STANDARDIZARE.SM EN 55032:2016 Compatibilitate electromagnetică pentru echipamente multimedia. Cerințe de emisie. Aprobat:03.03.2021.

[3] INSTITUTUL NAŢIONAL DE STANDARDIZARE. SM EN IEC 61000-3-2:2019/A1:2021 Compatibilitate electromagnetică (CEM). Partea 3-2: Limite. Limite pentru emisiile de curenți armonici (curent de intrare al echipamentelor ≤ 16 A pe fază). Aprobat: 01.07.2021.

[4] INSTITUTUL NAŢIONAL DE STANDARDIZARE. SM EN 61000-3-3:2014/A2:2022/ AC:2022 Compatibilitate electromagnetică (CEM). Partea 3-3: Limite. Limitarea variațiilor de tensiune, a fluctuațiilor de tensiune şi a flickerului în rețelele publice de alimentare de joasă tensiune, pentru echipamente având un curent nominal ≤ 16 A pe fază şi care nu sunt supuse unor restricții de conectare. Aprobat: 04.04.2022.

[5] INSTITUTUL NAŢIONAL DE STANDARDIZARE. SM SR EN 61000-4-2:2013 Compatibilitate electromagnetică (CEM). Partea 4-2: Tehnici de încercare şi măsurare. Încercare de imunitate la descărcări electrostatice. Aprobat: 05.09.2013.

[6] INSTITUTUL NAŢIONAL DE STANDARDIZARE. SM EN IEC 61000-4-3:2021 Compatibilitate electromagnetică (CEM). Partea 4-3: Tehnici de încercare şi măsurare. Încercări de imunitate la câmpuri electromagnetice de radiofrecvență, radiate. Aprobat: 04.03.2021.

[7] INSTITUTUL NAŢIONAL DE STANDARDIZARE. SM SR EN 61000-4-4:2014 Compatibilitate electromagnetică (CEM). Partea 4-4: Tehnici de încercare şi măsurare. Încercări de imunitate la trenuri de impulsuri rapide de tensiune. Aprobat: 06.05.2014.

[8] INSTITUTUL NAŢIONAL DE STANDARDIZARE. SM EN 61000-4-5:2014/A1:2018 Compatibilitate electromagnetică (CEM). Partea 4-5: Tehnici de încercare şi măsurare. Încercări de imunitate la supratensiuni. Aprobat: 27.10.2014.

[9] INSTITUTUL NAŢIONAL DE STANDARDIZARE. SM EN 61000-4-6:2015/AC:2019 Compatibilitate electromagnetică (CEM). Partea 4-6: Tehnici de încercare şi măsurare. Imunitate la perturbații conduse, induse de câmpuri de radiofrecvență. Aprobat: 10.04.2015

[10] INSTITUTUL NAŢIONAL DE STANDARDIZARE. SM EN 61000-4-11:2020/AC:2023 Compatibilitate electromagnetică (CEM). Partea 4-11: Tehnici de încercare şi de măsurare. Încercări de imunitate la scăderi de tensiune, întreruperi de scurtă durată şi variații de tensiune pentru echipamente cu un curent electric de intrare mai mic sau egal cu 16 A pe fază. Aprobat: 26.11.2020.

ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ В БАЗАХ ДАННЫХ И БОРЬБА С SQL-ИНЪЕКЦИЯМИ

Владислав ПАРХОМЕНКО

Кафедра Телекоммуникаций и Электронных Систем,
Факультет Электроники и Телекоммуникаций, Кишинев, Молдова.

Владислав ПАРХОМЕНКО, vladislav.parhomenco@tlc.utm.md

Научный руководитель: **Валентина ТЫРШУ**, доцент, доктор наук, ТУМ

Резюме. *В статье исследуется опасность SQL-инъекций в контексте безопасности баз данных. SQL-инъекции представляют собой одну из наиболее критических угроз, требующую комплексного подхода, объединяющего технические и организационные стратегии. От статического анализа кода до систем обнаружения вторжений, различные техники играют важную роль в идентификации и предотвращении таких атак. Современные инструменты, такие как SonarQube и Checkmarx, автоматизируют обнаружение уязвимостей в исходном коде. Параметризация запросов, контроль доступа и регулярные обновления системы являются важными аспектами защиты от подобных атак. В статье обсуждаются различные сценарии атак и специфические решения, подчеркивая важность всестороннего анализа и постоянного улучшения методов безопасности. Дополнительные аспекты, такие как регулярные обновления программного обеспечения и резервное копирование данных, рассматриваются как неотъемлемые компоненты стратегии обеспечения безопасности. Для обеспечения надежной защиты баз данных необходим многомерный подход, включающий технические решения, организационные меры и постоянное обучение персонала.*

Ключевые слова: *уязвимости, меры защиты, технические решения, организационные стратегии, детекция атак.*

Введение:

Сейчас важно анализировать риск SQL-инъекций, особенно в области безопасности баз данных. Эти атаки позволяют злоумышленникам внедрять произвольные SQL-команды, угрожая конфиденциальности данных. С увеличением объемов информации защита от таких атак становится критически важной. Требуется комплексный подход, включающий технические решения, обучение и развитие культуры безопасности для эффективной защиты данных.

Одним из наиболее распространенных и опасных типов атак на базы данных являются SQL-инъекции. SQL-инъекция представляет собой вредоносный код, встраиваемый в SQL-запрос, что позволяет злоумышленнику получить несанкционированный доступ к данным, изменить их или удалить.

Увеличение объема и разнообразия данных, хранящихся в электронном виде, поднимает ставки в вопросах их защиты. SQL-инъекции представляют собой серьезную угрозу для безопасности информации, способную подвергнуть риску конфиденциальность, целостность и доступность данных. В контексте непрерывно усиливающихся кибератак, понимание и противодействие SQL-инъекциям становится не только технической необходимостью, но и критически важным аспектом обеспечения цифровой безопасности на глобальном уровне.

Целью данного исследования является комплексный анализ проблем безопасности в базах данных, связанных с SQL-инъекциями, и разработка практически применимых рекомендаций по их предотвращению.

Проблема безопасности в базах данных и актуальность борьбы с SQL-инъекциями

Стремительное развитие информационных технологий и переход к цифровой экономике придают базам данных все большее значение для бизнеса, государства и общества в целом. Они хранят чувствительную информацию, включая финансовые данные и личную информацию пользователей, привлекая внимание злоумышленников. SQL-инъекции выделяются среди наиболее опасных методов атаки, предоставляя возможность внедрять вредоносные SQL-команды через приложения и наносить серьезный ущерб. Для глубокого понимания безопасности баз данных необходимо изучить механизмы SQL-инъекций, различные уязвимости и их эксплуатацию, начиная с классификации основных типов инъекций. Основными методами борьбы с SQL-инъекциями являются:

a) **Параметризация запросов:** Использование параметризованных запросов или подготовленных выражений является основным способом защиты от SQL-инъекций.
b) **Проверка и очистка ввода:** Валидация вводимых данных на стороне сервера позволяет отсеивать потенциально опасные символы и конструкции.
c) **Использование Web Application Firewall (WAF):** WAF может эффективно блокировать попытки SQL-инъекций, анализируя трафик на предмет известных векторов атак и подозрительных паттернов поведения.
d) **Минимизация прав доступа:** Принцип наименьших привилегий должен применяться к доступу к базам данных. Пользователям и приложениям следует предоставлять только те права, которые необходимы для выполнения их функций.
e) **Обновление и патчинг:** Регулярное обновление систем управления базами данных, веб-серверов и других компонентов инфраструктуры помогает устранять известные уязвимости, включая те, что могут быть использованы для SQL-инъекций.

Комплексный анализ инструментов и методов защиты от SQL-инъекций: *от SonarQube и Checkmarx до параметризации запросов и контроля доступа*

В современной эпохе информационных технологий, когда данные приобретают статус новой валюты, обеспечение их безопасности становится важным приоритетом. Среди множества угроз выделяются SQL-инъекции как один из наиболее серьезных и опасных методов атаки. Данное исследование представляет собой комплексный анализ современных инструментов и методов защиты от SQL-инъекций. Оно начинается с анализа инструментов статического анализа кода, таких как SonarQube и Checkmarx, и завершается практическими аспектами реализации защитных механизмов, таких как параметризация запросов и контроль доступа.

Анализ существующих инструментов

SonarQube представляет собой мощный инструмент для непрерывного анализа качества исходного кода. Он позволяет обнаруживать уязвимости, код-смеллы, дублирование кода и неправильное использование API. Основной фокус SonarQube заключается в улучшении качества кода на ранних этапах разработки. Инструмент поддерживает широкий спектр языков программирования, включая Java, C#, Python и JavaScript.

Одной из ключевых особенностей SonarQube является его способность интегрироваться в процесс разработки ПО через системы непрерывной интеграции (CI), такие как Jenkins, Travis CI и Azure DevOps. Это позволяет автоматизировать процесс анализа кода и обеспечивать его регулярность. SonarQube использует различные методы анализа, включая синтаксический, семантический и потоковый анализ данных, для выявления потенциальных уязвимостей. Платформа также предоставляет подробные

рекомендации по устранению обнаруженных проблем, что делает его не только инструментом для обнаружения, но и полезным ресурсом для обучения разработчиков.

Checkmarx предлагает комплексное решение для безопасности приложений, включая статический анализ кода (SAST), интерактивное тестирование безопасности приложений (IAST), анализ зависимостей и уязвимостей компонентов программного обеспечения (SCA). Главное преимущество Checkmarx заключается в его глубоком анализе кода и широкой поддержке языков программирования, что делает его идеальным инструментом для организаций, стремящихся обеспечить высокий уровень безопасности своих приложений. Checkmarx особенно эффективен в обнаружении сложных уязвимостей благодаря своему подходу к анализу, который не ограничивается поверхностным сканированием кода, а включает в себя глубокий семантический анализ и понимание контекста выполнения кода.

Методы защиты (с примером на Python)

Параметризация запросов в Python обычно достигается с использованием библиотеки sqlite3 или аналогичных модулей для работы с БД, которые поддерживают использование плейсхолдеров для параметров. Этот подход помогает предотвратить SQL-инъекции, так как ввод пользователя обрабатывается как строка данных, а не как часть SQL-команды.

```
import sqlite3
connection = sqlite3.connect('example.db')
cursor = connection.cursor()
username = 'user'
password = 'password'
cursor.execute("SELECT * FROM users WHERE username=? AND password=?", (username, password))
rows = cursor.fetchall()
for row in rows: print(row)
```

В этом примере - используется в качестве плейсхолдера для параметров **username** и **password**. Во время выполнения, эти параметры подставляются в запрос в безопасной форме, исключая риск выполнения вредоносного SQL-кода.

Обсуждение эффективности различных подходов

Анализ эффективности различных методов защиты от SQL-инъекций показывает, что нет универсального решения. Однако использование комбинации инструментов, включая статический анализ кода, параметризацию запросов и контроль доступа, является эффективным подходом. Инструменты, такие как SonarQube и Checkmarx, помогают выявить уязвимости на ранних этапах разработки, а методы, такие как параметризация запросов и ORM, помогают предотвратить SQL-инъекции. Управление списком разрешений также играет важную роль в обеспечении безопасности базы данных.

Исследование распределения уязвимостей к SQL-инъекциям по компонентам системы (Рис. 1) показывает, что HTTP-заголовки и веб-формы представляют собой наиболее уязвимые точки, каждая с долей 37,50%. Параметры URL имеют немного меньшую долю уязвимости, составляющую 25%. Эти результаты подчеркивают важность обеспечения безопасности веб-приложений и акцентируют внимание на необходимости укрепления защиты в указанных компонентах системы.

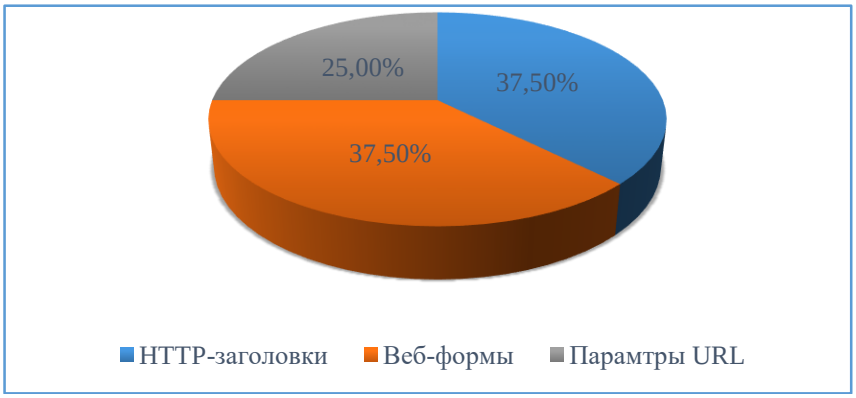


Рисунок 1. Самое популярное распределение уязвимостей к SQL-инъекциям по компанентам системы.

Так как Prepared Statements представляют собой функцию в области баз данных, используемую для улучшения безопасности и производительности при выполнении SQL-запросов. Они являются важным инструментом защиты от SQL-инъекций, поскольку позволяют предварительно компилировать SQL-запросы, отделяя данные от инструкций SQL. Это делает невозможным для атакующего вставить или изменить SQL-код с помощью внедрения вредоносных данных (Рис. 2).

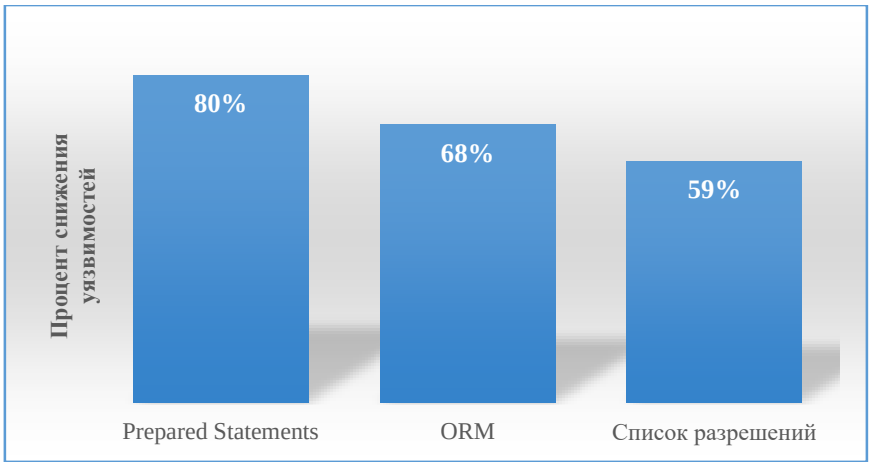


Рисунок 2. Эфективность методов защиты ще SQL-иньекций *(KOLs: Stack Overflow)*

Внедрение параметризации запросов и усиление механизмов контроля доступа привело к уменьшению времени выполнения запросов с 200 мс до 150 мс, что подчеркивает их значимость для оптимизации и защиты данных в базах. При сравнении стратегий контроля доступа RBAC и ABAC через измерение времени запросов, ABAC продемонстрировало более высокую эффективность, достигнув 92% по сравнению с 87% у RBAC. Это подтверждает преимущества ABAC в гибком и динамичном управлении доступом на основе атрибутов сущностей (Рис. 3).

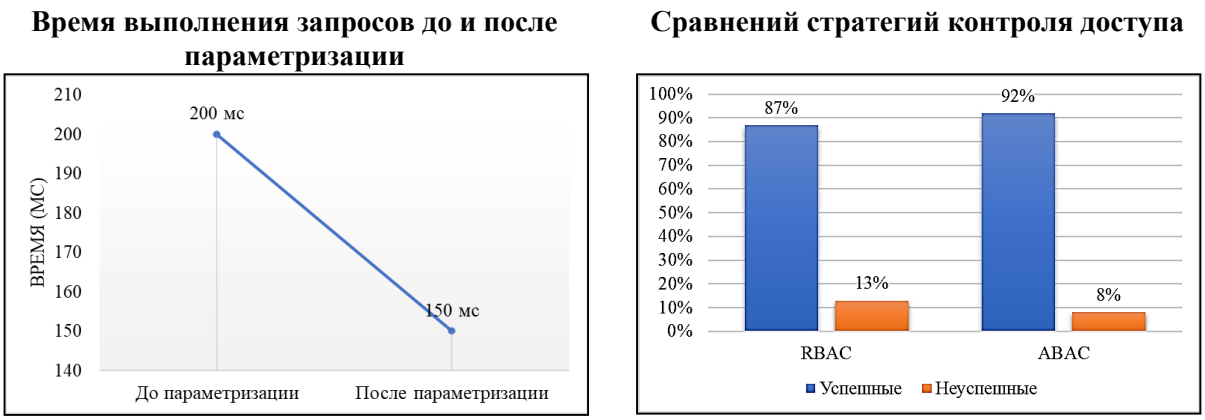


Рисунок 3. Время запросов и сравнение стратегий

Эти результаты указывают на значительный вклад ABAC в повышение безопасности и эффективности систем управления доступом, особенно в контексте современных требований к защите данных и обеспечению соответствия нормативным актам. Таким образом, параметризация запросов и ABAC представляют собой важные стратегии для повышения производительности и безопасности баз данных в современной информационной среде.

Заключение

Анализ существующих инструментов статического анализа кода, таких как SonarQube и Checkmarx, выявляет их критическую роль в обнаружении уязвимостей на ранних стадиях разработки, благодаря глубокому анализу исходного кода. Параметризация запросов и контроль доступа представляют собой фундаментальные методы защиты, эффективно предотвращающие SQL-инъекции путем изоляции пользовательского ввода от SQL-команд и ограничения прав доступа соответственно. Сочетание этих подходов создает многоуровневую оборону, подчеркивая необходимость интеграции практик безопасности на всех этапах разработки. Превентивные меры безопасности, включая применение аналитических инструментов и безопасное программирование, ключевы для защиты данных и поддержания доверия пользователей.

Библиография:

[1] Беликов Г. В., Крылов И. Д., Селищев В. А. "SQL-инъекция как способ обхода авторизации". Известия Тульского государственного университета. Технические науки. (2021). [Online]. Доступно: https://cyberleninka.ru/article/n/sql-inektsiya-kak-sposob-obhodaavtorizatsii

[2] Ludmila Peca, Dinu Țurcanu. Network security: Practical examples solved to be introduced in network security. Chișinău, Publisher, Tehnica-UTM", стр.7-232, 2023 г.,

[3] Д.Д. Орлов, "Checkmarx на практике: Анализ безопасности исходного кода", Журнал Передовой Информационной Безопасности, том 20, № 1, стр. 110-124, февраль 2021 г.

[4] В.В. Николаев и С.С. Козлов, "Сравнительный анализ инструментов безопасности для обнаружения SQL-инъекций", Журнал Кибербезопасности и Защиты Данных, том 12, № 2, стр. 156-172, август 2020 г.

[5] М. Д. Дмитриева и Б. Ю. Юрьев, "Обзор методов защиты от атак типа SQL-инъекция на примере современных веб-фреймворков," Информационные системы и технологии, № 4, с. 124-130, Апрель 2020 г.

[6] И. С. Газимова и О. Н. Шварцкоп, "Повышение защищенности мультимедийной системы обучения с помощью средств аутентификации и идентификации на

выделенном логическом диске," в Национальная безопасность и молодежная политика: киберсоциализация и трансформация ценностей в VUCA-мире, 2021.

[7] З.В. Семенова, О. Т. Данилова и И. Р. Ковшарь, "Анализ безопасности стека технологий для разработки Web-ресурсов," Динамика систем, механизмов и машин, т. 7, № 4, с. 98-105, 2019 г. [Онлайн]. Доступно: https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-bezopasnosti-steka-tehnologiy-dlya-razrabotki-web-resursov

[8] Д. А. Лебедев и С. А. Шойдин, "Разработка программного обеспечения для выявления утечек исходного кода в целях соответствия стандартам Secure SDLC," Интерэкспо Гео-Сибирь, т. 9, с. 204-209, 2018 г. [Онлайн]. Доступно: https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-programmnogo-obespecheniya-dlya-vyyavleniya-utechek-ishodnogo-koda-v-tselyah-sootvetstviya-standartam-secure-sdlc

IMPACTUL TEHNOLOGIEI ASUPRA MANAGEMENTULUI AFACERILOR ÎN ERA DIGITALĂ

Alexandru PAȘEVSCHI*, Ilinca OSIPOV

Departamentul Telecomunicații și Sisteme Electronice, grupa IMTC-211,
Facultatea Electronică și Telecomunicații, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Rep. Moldova

*Autorul corespondent: Alexandru Pașevschi, alexandru.pasevschi@tse.utm.md

Îndrumătorul/coordonatorul științific **Maria GRIȚCO**, asist. univ., FET, UTM

Rezumat: *În lumea afacerilor din ziua de azi, tehnologia joacă un rol decisiv în transformarea și optimizarea operațiunilor. Revoluția digitală a adus cu sine o serie de tendințe tehnologice cheie, precum inteligența artificială, Internetul lucrurilor și analiza datelor, care au un impact semnificativ asupra modului în care sunt gestionate afacerile. Aceste tehnologii au adus o serie de beneficii, cum ar fi eficiența operațională îmbunătățită, personalizarea serviciilor pentru clienți și inovația continuă. Cu toate acestea, implementarea și gestionarea tehnologiei nu sunt lipsite de provocări. Costurile ridicate, rezistența la schimbare și securitatea datelor sunt doar câteva dintre problemele pe care companiile trebuie să le gestioneze. Cu toate acestea, oportunitățile emergente, cum ar fi accesul la piețe globale și eficiența operațională îmbunătățită, oferă perspective promițătoare pentru inovație și creștere. În ciuda provocărilor, adoptarea tehnologiei în afaceri promovează competitivitatea și adaptabilitatea într-un mediu în continuă schimbare. Flexibilitatea și capacitățile de personalizare oferă avantaje distincte, consolidând poziția organizațiilor în peisajul global al afacerilor.*

Cuvinte cheie: *dezvoltare, inovaţii, gestionare, tehnologii, eficienţă operaţională, resurse.*

Introducere:

În era digitală contemporană, tehnologia este motorul principal al schimbării în mediul de afaceri. Transformarea digitală aduce atât provocări, cât și oportunități pentru organizații din toate domeniile. În această lucrare, ne propunem să explorăm impactul tehnologiei asupra managementului afacerilor și modul în care transformarea digitală influențează conducerea și organizarea acestora. Vom evidenția tendințele tehnologice cheie și efectele lor asupra diverselor aspecte ale managementului afacerilor, prin analiza studiilor de caz și a exemplelor practice. Scopul nostru este să identificăm și să înțelegem provocările și oportunitățile aduse de această schimbare, oferind în final recomandări pentru adaptare și inovare continuă într-un mediu de afaceri în perpetuă evoluție.

Declarația problemei și relevanța impactului tehnologiei asupra managementului afacerilor:

În mediul de afaceri actual, transformarea digitală impune organizațiilor provocări și oportunități semnificative în adoptarea și gestionarea tehnologiei. Impactul tehnologiei asupra managementului afacerilor este esențial în era digitală din mai multe motive:

1. Eficiență operațională îmbunătățită:
   - Automatizarea proceselor
   - Reducerea redundanței
   - Îmbunătățirea fluxurilor de lucru
2. Îmbunătățirea luării deciziilor:
   - Analiza datelor și business intelligence
   - Decizii mai informate și rapide

3. Inovare și adaptabilitate:
   - Posibilitatea de a inova rapid
   - Adaptare la schimbările pieței
4. Experiența clienților îmbunătățită:
   - Crearea de experiențe personalizate și captivante pentru clienți
5. Gestionarea riscurilor și securității:
   - Identificarea și gestionarea eficientă a riscurilor
   - Managementul securității cibernetice și conformitatea regulamentelor

Aceste motive subliniază importanța tehnologiei în evoluția și succesul organizațiilor în era digitală.

Revoluția digitală și influența sa asupra modului în care sunt conduse afacerile:

Revoluția digitală a transformat fundamental modul în care sunt conduse afacerile în întreaga lume. Acest proces este alimentat de avansul rapid al tehnologiei și de schimbările culturale asociate cu adoptarea tehnologiei digitale. Impactul revoluției digitale în conducerea afacerilor este evident în următoarele aspecte esențiale:

1. Accesibilitate sporită la informații și date:
   - Democratizarea accesului la informații și date
   - Înțelegere mai profundă a pieței și a clienților
2. Comunicare și colaborare îmbunătățite:
   - Facilitarea comunicării și colaborării între echipe și departamente
   - Eficiență crescută în condiții de lucru remote
3. Optimizarea proceselor și eficiența operațională:
   - Automatizarea și optimizarea proceselor operaționale
   - Reducerea timpului și costurilor asociate
4. Personalizarea și fidelizarea clienților:
   - Oferirea de experiențe personalizate clienților
   - Înțelegere mai bună a preferințelor și comportamentului clienților
5. Inovare și adaptabilitate:
   - Oportunitatea de inovare continuă
   - Adaptabilitate la schimbările de pe piață și în comportamentul consumatorilor

Aceste aspecte demonstrează modul în care tehnologia digitală redefinește practicile de afaceri și oferă organizațiilor un avantaj competitiv într-un mediu în continuă schimbare.

Tendințe tehnologice cheie în managementul afacerilor:

În lumea actuală a afacerilor, tehnologia devine tot mai crucială în gestionarea eficientă a operațiunilor și în atingerea obiectivelor organizaționale. Evoluția rapidă a tehnologiei aduce cu sine o serie de tendințe tehnologice cheie care transformă modul în care sunt conduse afacerile:

1. Inteligența Artificială și Învățarea Automată:
   - Analiza și interpretarea datelor în timp real
   - Prezicerea comportamentului clienților
   - Optimizarea proceselor operaționale
2. Internetul Lucrurilor (IoT) și Senzorizarea:
   - Monitorizarea și controlul remot al activităților și proceselor
   - Gestionarea stocurilor și a echipamentelor
   - Furnizarea de date în timp real despre utilizarea produselor și serviciilor
3. Analiza Datelor și Big Data:
   - Identificarea modelelor și tendințelor
   - Înțelegerea comportamentului clienților
   - Luarea de decizii mai strategice

4. Cloud Computing și Servicii Bazate pe Cloud:
   - Acces la resurse IT prin internet
   - Scalabilitate și flexibilitate
   - Reducerea costurilor asociate cu întreținerea sistemelor de IT
5. Automatizarea Proceselor și Roboții Software:
   - Eliminarea sarcinilor repetitive și de rutină
   - Concentrarea pe activități cu valoare adăugată
   - Îmbunătățirea eficienței și productivității organizației

În acest fel tendințele tehnologice redefinesc modul în care afacerile operează și oferă organizațiilor oportunități semnificative pentru a-și îmbunătăți performanța și a rămâne competitive într-un mediu de afaceri în continuă schimbare.

Impactul tehnologiei asupra diferitelor aspecte ale managementului afacerilor:

Impactul tehnologiei asupra diferitelor aspecte ale managementului afacerilor este vast și semnificativ. Iată cum influențează tehnologia fiecare aspect:

A. Managementul operațional și eficiența proceselor:
   - Automatizarea și optimizarea proceselor
   - Sistemele ERP și BPM pentru integrare și monitorizare eficientă

B. Managementul resurselor umane și transformarea locului de muncă:
   - Recrutare, evaluare și dezvoltare a competențelor
   - Tehnologii emergente pentru identificarea și îmbunătățirea managementului forței de muncă

C. Managementul relațiilor cu clienții și experiența clientului:
   - Colectarea și analiza datelor despre clienți
   - Interacțiuni personalizate și canale multiple de comunicare

D. Managementul lanțului de aprovizionare și optimizarea logistică:
   - Sistemele ERP, urmărirea și gestionarea inventarului
   - Tehnologiile IoT pentru monitorizarea și coordonarea fluxului de bunuri și informații

E. Managementul riscului și securitatea cibernetică:
   - Soluții de securitate cibernetică, firewall-uri și criptare
   - Identificarea și gestionarea riscurilor, protejarea împotriva amenințărilor cibernetice

Aceste aspecte evidențiază modul în care tehnologia devine un element central în conducerea afacerilor moderne, aducând cu sine o serie de beneficii și provocări în același timp.

Studii de caz și exemple relevante:

A. Exemple de companii care au adoptat tehnologii disruptive și au obținut succes în gestionarea afacerilor lor:

1. Uber: Platforma digitală Uber a redefinit transportul urban, conectând șoferii cu pasagerii și transformând modul în care oamenii călătoresc. Inovația lor a generat dezbateri și schimbări legislative.

2. Netflix: Netflix a schimbat paradigma divertismentului cu serviciul lor de streaming personalizat, oferind conținut original și diversificat adaptat preferințelor individuale ale utilizatorilor.

3. Alibaba: Alibaba a devenit un lider global în comerțul electronic, extinzându-se rapid datorită platformelor online și tehnologiilor inovatoare, facilitând comerțul transfrontalier și conectând milioane de vânzători și cumpărători.

B. Analiza unor proiecte specifice de implementare a tehnologiei în managementul afacerilor și impactul acestora asupra performanței organizaționale:

1. Implementarea unui Sistem ERP:

Compania adoptă un sistem ERP (Enterprise Resource Planning) pentru a integra și gestiona eficient operațiunile de afaceri. Implementarea acestui sistem poate aduce îmbunătățiri semnificative în eficiența operațională și controlul asupra operațiunilor.



Figura 1 Componentele uni system ERP

2. Utilizarea Soluțiilor de Analiză a Datelor pentru Decizii:

Investiția în soluții de analiză a datelor permite extragerea insight-urilor valoroase din volumele mari de date pe care le deține organizația. Aceste insight-uri pot fi utilizate pentru a identifica tendințe de piață și a lua decizii mai informate.

Exemple concrete de utilizare a soluțiilor de analiză a datelor pentru luarea deciziilor în diferite domenii de afaceri:

- În sectorul retail, analiza datelor permite înțelegerea preferințelor și comportamentului clienților, optimizând astfel inventarul și dezvoltând strategii de marketing personalizate.
- În industria farmaceutică, datele sunt folosite pentru identificarea nevoilor nesatisfăcute ale pacienților și pentru ghidarea dezvoltării de produse noi și strategii de marketing.
- În domeniul serviciilor financiare, analiza datelor contribuie la identificarea riscurilor și oportunităților în portofoliul de clienți, îmbunătățind gestionarea riscurilor și personalizând serviciile oferite.
- În producție și logistică, analiza datelor optimizează lanțul de aprovizionare și procesele de producție, reducând costurile și îmbunătățind eficiența operațională.

Aceste exemple ilustrează modul în care analiza datelor este esențială pentru luarea deciziilor strategice și pentru îmbunătățirea performanței organizaționale într-o varietate de industrii.



Figura 2 Componentele procesului de analiză a datelor

Provocări şi oportunităţi:

Provocări și oportunități în implementarea și gestionarea tehnologiei în mediul de afaceri sunt esențiale pentru înțelegerea pe deplin a impactului tehnologic în cadrul organizațiilor. Iată o analiză succintă a acestor aspecte:

A. Provocările în implementarea și gestionarea tehnologiei în mediul de afaceri:

1. Costurile de implementare: Implementarea tehnologiei poate fi costisitoare, cu investiții semnificative în hardware, software și formare a personalului. Aceste costuri pot reprezenta o barieră de intrare pentru companiile mai mici sau pentru cele în curs de dezvoltare.
2. Rezistența la schimbare: Adoptarea tehnologiei poate întâmpina opoziție din partea angajaților și a echipei de management, care pot fi reticenți în a renunța la metodele de lucru tradiționale sau în a se adapta la noile tehnologii.
3. Securitatea datelor: Cu creșterea utilizării tehnologiei, crește și riscul de expunere la amenințări cibernetice și pierderea datelor. Protejarea datelor sensibile și a infrastructurii IT devine o prioritate crucială, necesitând investiții suplimentare în securitate cibernetică.
4. Dificultatea integrării: Integrarea noilor tehnologii cu infrastructura existentă și cu sistemele legacy poate fi dificilă și poate implica timp și resurse semnificative.

B. Oportunități emergente și potențiale pentru inovație și creștere în contextul digitalizării:

1. Inovarea continuă: Digitalizarea deschide noi posibilități de inovare în toate domeniile de afaceri, de la producție și marketing până la servicii financiare și sănătate. Companiile care adoptă tehnologia pot profita de oportunități de inovare continuă și de dezvoltare a produselor și serviciilor.
2. Acces la piețe globale: Tehnologia permite accesul la piețe globale, permițând companiilor să își extindă afacerile și să interacționeze cu clienți din întreaga lume. Platformele online, rețelele sociale și alte tehnologii digitale deschid noi canale de comunicare și vânzare.
3. Eficiență operațională îmbunătățită: Implementarea tehnologiei poate duce la o îmbunătățire semnificativă a eficienței operaționale, reducând timpii de procesare, costurile și erorile umane.
4. Personalizarea serviciilor și produselor: Tehnologia permite companiilor să ofere servicii și produse personalizate, adaptate nevoilor și preferințelor individuale ale clienților. Aceasta poate duce la creșterea loialității clienților și la creșterea veniturilor.

Concluzii

În concluzie, digitalizarea și implementarea tehnologiei au redefinit fundamental managementul afacerilor global. De la optimizarea proceselor operaționale până la îmbunătățirea relațiilor cu clienții și inovația continuă, tehnologia este motorul esențial al creșterii și succesului organizațional. Cu toate provocările asociate, oportunitățile emergente oferă companiilor motive puternice să investească în tehnologie și să navigheze cu succes în era digitală, consolidându-și astfel poziția pe piață și asigurându-și succesul pe termen lung.

Referințe

[1] Kaplan, R.S. & Norton, D.P. (1996). "Using the balanced scorecard as a strategic management system." Harvard Business Review.
[2] Laudon, K.C. & Laudon, J.P. (2020). "Management Information Systems: Managing the Digital Firm." Pearson.
[3] Porter, M.E. & Millar, V.E. (1985). "How Information Gives You Competitive Advantage." Harvard Business Review.
[4] Turban, E., Leidner, D., McLean, E., & Wetherbe, J. (2018). "Information Technology for Management: On-Demand Strategies for Performance, Growth and Sustainability." Wiley.
[5] Brynjolfsson, E. & McAfee, A. (2014). "The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies." W.W. Norton & Company.

DESPRE ASIGURAREA EFICIENȚEI DE FUNCȚIONARE A REȚELELOR DE COMUNICAȚII RADIO

Alexandru PRETCU

Departamentul Telecomunicații și Sisteme Electronice , grupa TST-211,
Facultatea Electronică și Telecomunicații, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Rep. Moldova

Autorul corespondent: Alexandru Pretcu, e-mail: alexandru.pretcu@tse.utm.md

Îndrumător/coordonator științific: **Pavel Nistiriuc**, dr., conf. univ., FET, UTM.

Rezumat. *În prezenta lucrare sunt cercetate subiectele privind estimarea criteriilor de compatibilitate electromagnetică al rețelelor de comunicații mobile, determinarea datelor inițiale pentru optimizarea stațiilor terestre în cadrul comunicațiilor prin satelit, sporirea certitudinii la recepția informației digitale în sistemele de comunicații prin satelit și determinarea metodei de evaluare a sistemelor de control invariante din cadrul rețelelor de comunicații radio.*

Cuvinte cheie: *rețele de comunicații radio, compatibilitate electromagnetică, optimizarea stațiilor terestre, certitudinea la recepția informației digitale, sisteme de control invariate.*

Introducere

În prezent, pentru a spori eficiența de exploatare, operare, administrare și mentenanța a rețelelor de comunicații radio terestre și a rețelelor de comunicații prin satelit este foarte important de a analiza diferite criterii de estimare a compatibilității electromagnetice pentru rețelele de comunicații radio cu acces de bandă largă și metodologia de calcul a fiecărui dintre ele. La fel este foarte important de a determina datele inițiale de optimizare a stațiilor terestre și metodele de sporire a certitudinii la recepția informației digitale în rețelele de comunicații prin satelit.

Principiile de planificare, construire, funcționare și mentenanța a rețelei de control cu comunicațiile TMN (Telecommunication Management Network) sunt determinate în Recomandarea ITU-T M.3010 și constituie o bază importantă pentru elaborarea sistemelor de control la interconectarea rețelelor de comunicații. Sistemele de control automatizate pentru rețelele de comunicații digitale a unui operator trebuie să soluționeze un set de obiective legate de planificarea, punere în funcțiune, întreținere, recuperare, furnizarea serviciilor de comunicații, decontări cu utilizatorii luând în considerare interacțiunea necesară cu operatorii altor rețele de comunicații.

Estimarea criteriilor de compatibilitate electromagnetică a rețelelor de comunicații mobile.

Actualmente se manifestă o sporire esențială a numărului de rețele de comunicații radio în intervalul de frecvență 2400-2800 MHz, ce conduce la suprasaturarea lui. Deși standardul IEEE 802.11 [1] conține un număr mare de tipuri de adaptări ale semnalului, ceea ce contribuie la supraviețuirea ridicată a sistemului, iar atunci când resursa de frecvență este reutilizată, pot apărea interferențe reciproce semnificative care vor reduce calitatea comunicațiilor.

Pentru funcționarea eficientă a rețelelor de comunicații radio se efectuează reglementarea activității operatorilor, adică la punere în funcțiune a stațiilor de bază, se efectuează estimarea compatibilității electromagnetice a lor cu stațiile de bază deja existente. Prin urmare, selectarea corectă a criteriului de estimare a compatibilității electromagnetice va permite să utilizăm mai eficient resursa de frecvență ți să evităm numărul total de interferențe create de mijloacele electronice radio.

Estimarea compatibilității electromagnetice a rețelelor de comunicații radio poate fi efectuată în baza următoarelor criterii:

Nivelul puterii zgomotului P_{zg} la intrarea stației de bază;

Sporirea pragului sensibilității TD (Ther-shold Degradation) receptorului stației de bază din componența rețelelor de comunicații radio;

Reducerii capacității de transfer a rețelei ΔR.

Calculul nivelului puterii zgomotului P_{zg} la intrarea stației de bază se efectuează conform expresiei:

$$P_{zg} = P_e + G_e - L_e - L_{te} + G_r - L_r - P_r - IRF, \quad (1)$$

unde P_e este nivelul puterii emițătorului; G_e – câștigul antenei de emisie; L_e , L_r – pierderile în liniile de transmisiune corespunzător a emițătorului și receptorului; L_{te} – pierderile în traficul de linie aerian; G_r – câștigul antenei de recepție; IRF – coeficientul de protecție condiționat de caracteristica de radiație a antenelor și de caracteristica filtrelor de recepție.

Calculul pierderilor în traficul de linie aerian L_{te} te se efectuează în conformitate cu Recomandările ITU-R P.452; P.525 și P.526 [2-4], luând în considerare mecanismele de difracție, ghid de undă a atmosferei și a troposferei pentru traficul de linie închis și modelul Line-of-Sight pentru traficul de linie deschis. Protocolul de timp este normat de organizația de reglementare în domeniul comunicațiilor radio și se selectează din intervalul 0,01 – 1,0 %.

Sporirea pragului de sensibilitate TD a receptorului stației de bază din componența rețelelor de comunicații radio se determină reieșind din relația:

$$\mathrm{TD} = \lg\left[10^{(P_{zg}/10)} + 10^{(P_{zgpr}/10)}\right] - P_{zgpr}, \quad (2)$$

unde P_{zgpr}este nivelul puterii zgomotului propriu al receptorului stației de bază.

Reducerea capacității de transfer a rețelei de comunicații radio ΔR poate fi estimată, când se cunoaște locația abonaților, activitatea acestora și rata de schimb a lor cu stația de bază. În cazul dat se calculează nivelul puterii zgomotului P_{zg}, care conduce la recepția eronată a pachetelor de date și totodată se determină și nivelul puterii semnalului util. În continuare, prin intermediul expresiei (1.1) vom determina pierderile în traficul de linie aerian și obținem procentul de timp în decursul căruia pachetele vor fi recepționate eronat. Astfel, reducerea capacității de transfer în rețelele de comunicații radio poate fi calculată conform expresei:

$$\Delta \mathrm{R} = \sum a_i R_i - \sum a_i R_i \,(100 - p_i) \quad (3)$$

unde R_i este viteza de schimb a informației dintre stația de bază și abonatul i; a_i – activitatea abonatului i ; p_i – procentul timpului de staționare a abonatului i.

Toate criteriile nenumărate mai sus sunt corelate însă deoarece locația abonatului este incertă, a estima reducerea capacității de transfer a informației în rețelele de comunicații radio este imposibil. Prin urmare cel mai frecvent în calitate de criteriu este comod de a selecta TD, deoarece acest indice este legat atât cu sensibilitatea echipamentului cât și cu nivelul puterii zgomotului.

Dificultatea constă în selectarea valorii concrete a criteriului TD în baza căruia vor fi determinate condițiile de îndeplinire sau de ne îndeplinire a compatibilității electromagnetice a rețelelor de comunicații radio. La selectarea valorii de limită a criteriului TD este necesar de a lua în considerare următorii factori:

În sistemele de comunicații radio pot fi utilizate divizarea în timp a emisiei/recepției și prin urmare stația de bază poate interfera cu însuși stația de bază;

- frecvent între două stații de bază pot fi utilizate antenele cu diagramele de radiație circulare;

- pentru valoare de limită sporită a criteriului TD zona de deservire de către stația de bază va fi redusă din cauza influenței interferențelor însă distanța admisibilă între două stații ce interferează poate fi redusă și ca urmare pe un teritoriu limitat pot funcționa un număr sporit de stații;
- pentru valoarea de limită redusă a criteriului TD, stația de bază va crea interferențe minore și ca urmare zona de deservire din jurul stației nu se va reduce, însă numărul reutilizărilor de frecvență va fi mai mic.

A fost efectuată estimarea numerică a distanței d dintre stațiile ce interferează și dimensiunii zonei de deservire D pentru diferite valori a criteriului TD care sunt sistematizate în tabelul 1.

Tabelul 1.

Rezultatele calculelor parametrilor d și D pentru diferite valori TD.

TD, dB	***3***			***20***			***30***			***40***		
R, Mbps	11	5,5	1	11	5,5	1	11	5,5	1	11	5,5	1
D, Km	31	49	87	4,3	6,9	12	1,3	2,2	3,9	0,44	0,7	1,24
D, Km	390			39			12			3,9		

Pentru efectuarea calculelor au fost utilizate Recomandările ITU-R P.452 [2] – pentru interferențe și ITU-R P. 525 [3] – pentru semnalul informațional. Parametrii echipamentului au fost selectați reieșind din valorile tipice, după cum urmează:

- nivelul puterii emițătorului $p_e = 20\ dB$;
- câștigul antenei de emisie $G_e = 16\ dB$;
- nivelul puterii la recepție $p_r = 12\ dB$;
- câștigul antenei la recepție $G_r = 20\ dB$;
- nivelul puterii zgomotului propriu al receptorului $p_{zg\ pr} = -97\ dB$.

Determinarea datelor inițiale pentru optimizarea stațiilor terestre în cadrul comunicațiilor prin satelit

Un obiectiv important la proiectarea sistemelor de comunicații prin satelit este determinarea relațiilor dintre parametrii și indicii necesari privind calitatea de transmisiune a informației. Deoarece parametrii de energie a sistemului de bord din cadrul satelitului sunt deja prescriși, astfel este necesar de a determina atare caracteristici de energie a stației terestre (factorul de calitate a zgomotului și puterea de radiație izotropică echivalentă EIRP (Equivalent Isotropic Radiated Power)), care vor asigura indicii de calitate prescriși la transmisiunea informației, după cum sunt viteza de transmisiune a informației și certitudinea la recepția simbolurilor.

Datele inițiale pentru determinarea parametrilor optimi a stației terestre (diametrul antenei, temperatura de zgomot echivalentă a receptorului și puterea de emisie a emițătorului) sunt EIRP E_{ST} a stației de emisie și factorul de calitate a zgomotului Q_{ST} la recepție [5], care la rândul său sunt determinate de EIRP E_B și factorul de calitate a zgomotului pentru sistemul de bord din cadrul satelitului și la fel de indicii de calitate la transmisiunea informației (viteza de transmisiune a informației și probabilitatea erorii de bit).

Vom considera că sunt cunoscuți următorii parametri a rețelei de comunicații satelit:

- Zona de deservire a suprafeței terestre (coordonatele de locație a stației terestre);
- Valoarea EIRP pentru sistemul de bord a satelitului în zona de deservire prescrisă și la fel factorul de calitate a zgomotului Q_B;
- Capacitatea de transfer garantată R (valoarea vitezei de transmisiune a informației);
- Certitudinea: probabilitatea erorii de bit P_B;
- Tipul modulației: BPSK; Tipul zgomotului în canalul de comunicații prin satelit: aditiv cu distribuire Gauss.

Reieșind din cele menționate mai sus, au fost determinat următorul obiectiv: de determinat EIRP și factorul de calitate a zgomotului pentru stația terestră cu condiția, că sunt

cunoscuți parametrii de energie a sistemului de bord a satelitului E_B și Q_B și calitatea prescrisă de transmisiune a informației (R și P_B). Probabilitatea erorii de bit este determinată de raportul semnal/zgomot la intrarea modulatorului [6]:

$$\hbar^2 = E_b/N_0 \tag{4}$$

unde E_b este energia ce se conține într-un bit de informație , J N_0 – densitatea spectrală a zgomotului, J.

Deoarece în canalul de comunicații prin satelit acționează numai zgomotul aditiv cu distribuire Gauss și se utilizează modulația bipolară BPSK, atunci probabilitatea erorii de bit poate fi exprimată prin relația [5]:

$$P_B = Q(x)\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}} \tag{5}$$

unde Q(x) este integralul Gauss al erorii. În baza valori probabilității erorii de bit poate fi determinată valoarea raportului semnal/zgomot E_b/N_0, care poate fi transcris sub forma:

$$\hbar^2 = \frac{E_b}{N_0} = (P_r \cdot \tau)/(k \cdot T_{zg}) \tag{6}$$

unde P_r este puterea semnalului la intrarea receptorului stației terestre, W; T_{zg} – temperatura de zgomot echivalentă a receptorului stației terestre, K; *k*-constanta Boltzman, J/K; $\tau = 1/R$- durata timpului pentru transmisiunea unui bit, s; R – viteza de transmisiune a informației, bps. Conform [6] puterea semnalului la intrarea receptorului se determină conform formulei:

$$P_r = (P_e \cdot G_e \cdot S_{ef} \cdot \gamma_{\,e})/4\pi l^2 \tag{7}$$

unde P_e este puterea emițătorului sistemului de bord, W; G_e- câștigul antenei de emisie sistemului de bord, dB; S_{ef} – suprafața eficientă a antenei de recepție; *l* – distanța înclinată între satelit și stația terestră, m; $\gamma_{\,e}$ – coeficientul care ia în considerare pierderile de energie în atmosferă cauzate de absorbție.

Pentru antena cu reflector parabolic din cadrul stației terestre suprafața eficientă la recepție se determină prin relația [6]:

$$S_r = \lambda_r^2 \cdot G_r/4\pi\gamma \tag{8}$$

unde λ_r este lungimea de undă la intrarea receptorului stației terestre , *m*; G_r – câștigul antenei de recepție a stației terestre , dB; γ – coeficientul de utilizare a suprafeței antenei cu reflectorul parabolic de recepție a stației terestre. Substituind expresia (8) în (7), apoi expresiile (7) și (8) în formula (6) obținem următoarea ecuație:

$$\hbar^2 = \left[P_e \cdot G_e \cdot \lambda_r^2 \cdot G_r \cdot \frac{\gamma_{\,e}}{4\pi l^2} \cdot \gamma \cdot k \cdot T_{zg} \cdot R\right] = \left[E_B \cdot \lambda_r^2 \cdot Q_{ST} \cdot \gamma_{\,e}/4\pi l^2 \cdot \gamma \cdot k \cdot R\right], \tag{9}$$

unde $E_B = P_e \cdot G_e$ – EIRP (SB); $Q_{ST} = G_r/T_{zg}$ – factorul de calitate de zgomot a receptorului stației terestre. Astfel, expresia pentru factorul de calitate a zgomotului stației terestre poate fi scrisă sub forma:

$$Q_{ST} = [(4\pi \cdot l)^2 \cdot \gamma \cdot k \cdot R \cdot \hbar^2/E_B \cdot \lambda_r^2 \cdot \gamma_{\,e} \tag{10}$$

iar expresia pentru EIRP a stației terestre se exprimă prin formula:

$$E_{ST} = [(4\pi \cdot l)^2 \cdot \gamma \cdot k \cdot R \cdot \hbar^2 / Q_B \cdot \lambda_e^2 \cdot \gamma_e \quad (11)$$

unde λ_e este lungimea de undă a semnalului emițătorului stației terestre, m.

Sporirea certitudinii la recepția informației digitale în sistemele de comunicații prin satelit

La proiectarea sistemelor de comunicații prin satelit o atenție sporită se acordă majorării certitudinii la recepția informației digitale pentru valoarea prescrisă a vitezei de transmisiune a informației. Certitudinea *D* la recepția informației digitale reprezintă probabilitatea, că simbolurile binare recepționate corespund cu simbolurile binare transmise și sporește cu majorarea raportului semnal/zgomot care este proporțional energiei semnalului digital E [7].

Deoarece probabilitățile recepțiilor corecte și eronate a simbolurilor formează o grupă totală de evenimente, atunci certitudinea *D* se exprimă prin relația:

$$D = 1 - B[1 - \varphi(x)] \leq 1 \quad (12)$$

unde $\phi(x)$ este integralul probabilității ; *B* – coeficientul care depinde de tipul modulației (B<1); *x* – funcția care este determinată de timpul semnalului utilizat și de raportul semnal/zgomot.

Energia semnalului E se determină conform formulei:

$$E = \int_{t_1}^{t_2} A^2(t)dt \quad (13)$$

unde *A(t)* este amplitudinea semnalului; t_1 și t_2 – corespunzător timpul de inițiere și finisare a semnalului digital. Energia semnalului digital poate fi sporită prin intermediul a două moduri:

- Majorarea amplitudinii semnalului digital;
- Majorarea duratei simbolului semnalului digital.

Sporirea energiei semnalului digital prin intermediul majorării amplitudinii lui conduce la încălcarea cerințelor standardelor [8] , care limitează puterea semnalului la suprafața Pământului emis de retranslatorul satelitului. În cazul sporirii certitudinii la recepția informației digitale prin intermediul majorării duratei simbolurilor pentru valoarea prescrisă vitezei de transmisiune a informației, adică atunci când utilizarea aceleiași benzi de frecvență necesită utilizarea unor semnale complexe cu o bază mare B, care se exprimă prin relația:

$$B = T \cdot F \quad (14)$$

unde *T* este durata simbolului semnalului digital; *F* – banda de frecvență a semnalului. În rezultatul procesării optime, semnalele cu bază mare se comprimă în timp de *B* ori [9], adică până la durata care se determină prin relația:

$$T_{ieș} = \frac{T}{B} = 1/F \quad (15)$$

care este egală cu durata simbolului semnalului inițial. Prin urmare, majorarea duratei simbolurilor semnalelor cu păstrarea lărgimii spectralelor lor, asigură atât păstrarea valorii vitezei de transmisiune a informației, cât și concomitent sporirea certitudinii de transmisiune a informației. Astfel, de exemplu, la utilizarea semnalului obișnuit se asigură certitudinea la recepția informației digitale egale 0,999, care corespunde valorii funcției x=3,295. La utilizarea

semnalelor complexe, cu majorarea bazei semnalului numai de 4 ori, certitudinea la recepția informației digitale se majorează până la valoarea 0,9999999999, adică probabilitatea erorii de bit la recepția simbolurilor ”1” și ”0” a semnalului digital se reduce de 10^{-10}, adică cu 7 ordine.

Pentru eliminarea interferenței semnalelor în traficul de linie aerian și păstrării factorului de vârf urmează să utilizăm semnalele cu modulație liniară în frecvență (MLF) (fig. 1.), semnalele care corespund diferitor simboluri se deosebesc prin faza inițială de umplere de înaltă frecvență.

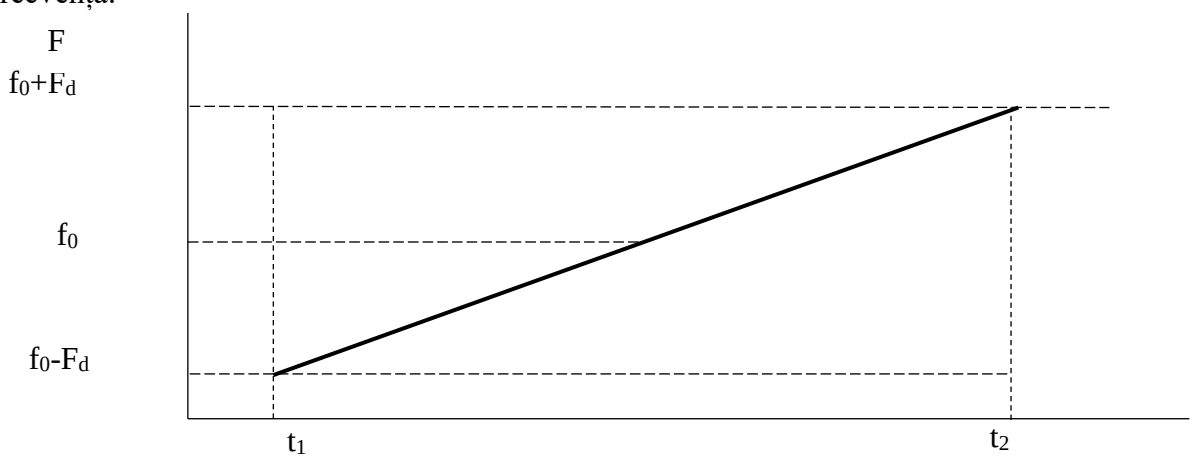


Figura. 1. Diagrama frecvență-timp pentru semnalul cu MLF

Conform Figurii 1, frecvența f_0 este frecvența medie a umplerii MLF a impulsului. Valorile sporite a bazei impulsurilor cu MLF suficient de precis se descriu în [10] prin expresia:

$$B_s = 2F_d T_s \tag{16}$$

unde $2F_d$ este deviația totală a frecvenței. În plus, când $B_s \ll 1$anvelopa spectrului de amplitudine a MLF impulsurilor este aproximativ dreptunghiulară [10], adică dacă impulsurile cu MLF în timp, dacă $|t| \leq (T_s/2)$, se descriu pentru timpul curent prin expresia:

$$a_{int}(t) = A_0 cos\left\{2\pi\left[f_0 + (B_{st}/T_s^2)\right]t\right\} \tag{17}$$

iar, dacă $|t| > (T_s/2)$, atunci $a_{int}(t) = 0$ și atunci densitatea spectrală a lui pentru$\left|\mathrm{f} - f_0\right| \leq F_d$, se determină prin intermediul următoarei formule:

$$S(|f - f_0|) = A_0 T_s/2\sqrt{B_s} \tag{18}$$

iar, dacă $(|f - f_0|) = F_d$, $S(|f - f_0|) = 0$. Durata lobului principal a semnalului cu MLF la ieșirea receptorului se determină prin relația:

$$T_{ieș} = 1/F_d \tag{19}$$

Întrucât zerourile anvelopei semnalului sunt distanțate de lobul principal la intervale multiple valorii de 0,5 $T_{ieș}$, atunci pentru a elimina interferențele reciproce, toate semnalele trebuie să se succede cu o perioadă $T_p = 0{,}5T_{ieș}$.

Analiza metodei de evaluare a sistemelor de control invariante din cadrul rețelelor de comunicații

Una din principalele sarcini ale sistemului de control din cadrul rețelelor de comunicații moderne este asigurarea invarianței parametrilor rețelei relativ de factorii de interferență imprevizibili. Pentru aceasta sistemul de control trebuie să posede o structură combinată [11] care să difere de cele adoptate prin capacitatea de a controla rețeaua de comunicații în două moduri simultan. Primul mod este utilizat în prezent în toate sistemele de control. Acesta constă în faptul, că parametrii rețelei de comunicații sunt monitorizați și în baza rezultatelor obținute sistemului de control primește o decizie. Modelul unui sistem de control de acest tip este adaptiv și corespunzător îndeplinește practic toate interferențele prevăzute în regim lent care afectează sistemul executiv. Însă, după cum este cunoscut, sistemele complexe, la care se referă și rețeaua de comunicații, sunt, de asemenea, supuse acțiunii unor interferențe neregulate și care se schimbă brusc. Prin urmare, sistemul de control trebuie să mențină precizia necesară a parametrilor rețelei, în ciuda naturii stocastice a perturbărilor externe. Sistemele de control cu astfel de proprietăți sunt numite invariante. Pentru a oferi sistemului proprietatea invarianței, este necesar un al doilea mod al sistemului de control, care să permită prevenirea situațiilor de urgență. Acest lucru se realizează datorită faptului, că factori perturbători sunt analizați mai întâi, iar pe baza acestora, sistemul de control ajustează parametrii rețelei. Vom numi un astfel de sistem de control combinat, structura căruia este prezentat în [11].

În continuare vom analiza mai detaliat modul de funcționare care oferă sistemului de control proprietatea invarianței și să îi dăm o definiție.

După cum este cunoscut, invarianța este înțeleasă ca fiind capacitatea unui sistem de control de a rezista influenților interferenței. Rolul invariantului este valoarea acțiunii de control de-a lungul uneia dintre coordonate. Dacă controlul de-a lungul unor coordonate nu depinde de influența interferență, atunci sistemul de control este numit invariant [12].

Definim invarianța sistemului de control după cum urmează. Fie este rețeaua de comunicații cu parametrii prescriși. Starea rețelei poate fi descrisă de o variabilă dinamică observabilă (VDO) Q(x,t), unde x∈X, X – este un set limitat; $0 \leq t \leq T$ tipul de control al parametrilor rețelei. Starea parametrilor rețelei depinde în mod semnificativ de interferențele de control C(u,t) (u∈U) și de perturbarea C(z,t) (z∈Z) (U și Z sunt seturi limitate). În caz general parametrii Q și C sunt mărimi vectoriale. Orice rețea de comunicații este un sistem fizic complex și prin urmare VDO Q numai în mediu caracterizează starea unui număr mare de componente spectrale și adesea eterogene care o alcătuiesc. Prin urmare, întotdeauna este posibil de a indica o astfel de valoarea a lui w, care determină distanța funcțională între două valori ale VDO Q, pentru care valorile lui Q devin nedefinite sau își pierd sensul fizic [11]. Valoarea lui w, care determină frontiera unei diferențe fiabile între două valori ale lui Q sau existența loc, se numește pragul fizic al distincției. Pentru două valori distincte fiabile ale lui Q, se îndeplinește următoarea condiție:

$$P[\varphi(Q_1, Q_2) \geq w] \approx 1 \tag{20}$$

iar metrica spațiului VOD Q (20) depinde de criteriul prin care se disting valorile variabilei controlate de sistemul de control:

$$\eta = f(Q^1, Q) \tag{21}$$

unde η este criteriul calității controlului, Q^1- valoarea specifică a variabilei controlate. Introducerea pragului de distincție w cu un set limitat de valori VOD Q ne permit să determinăm calitatea limitată de informație care poate fi conținută în VOD Q sub forma capacității $L_w(Q)$ și prin urmare, numărul limitativ de stări ale obiectelor controlate. Ca măsură a diversității stărilor

posibile ale obiectelor controlate în orice moment ale timpului $t \leq T$, se poate utilizat entropia instantanee VOD Q:

$$H_t(Q) = \int_x p(x,t)h(x,t)dx, \quad (22)$$

unde p(x,t) este densitatea distribuției; $h(x,t) = lgp(x,t)$ – densitatea distribuției entropiei Q(x,t).

$$H_t(Q) \leq L_w(Q) \quad (23)$$

În consecință, prin invarianța sistemelor de control, înțelegem proprietățile sale de a menține o stare prescrisă conform nivelului (20), sub influențe variabile aparținând unui anumit set. Este necesar să se indice două cazuri principale de invarianță:

Când sistemul de control trebuie să fie într-o stare stabilă prescrisă:

$$Q(x,t) = X = const \quad (24)$$

posedă o varietate de VOD Q în acest caz entropia va fi egal cu zero,

$$H(Q) = 0 \quad (25)$$

Când sistemul de control trebuie să transfere obiectul controlat dintr-o stare în alta în conformitate cu legea de control prescrisă Q^1 (x^1,t). Bineînțeles, condiția de invarianță pentru acest caz va corespunde transferului complet de informație, adică varietatea stărilor obiectului Q trebuie să corespundă sarcinii:

$$H(Q) = H(Q^1) \quad (26)$$

Condițiile (25) și (26) împreună cu (20) reprezintă condiții de informare pentru invarianța sistemelor de control [12].

Concluzii

Analiza efectuată privind funcționarea eficientă a rețelelor de comunicații radio terestre, prin satelit și a rețelelor de control cu comunicațiile permite să efectuăm următoarele concluzii:

În baza analizei a trei criterii de estimare a compatibilității electromagnetice pentru rețelele de comunicații radio în intervalul de frecvență 2400-2800 MHz a fost determinat, că cel mai optim criteriu este criteriul de sporire a pragului sensibilității receptorului stațiilor de bază și conform evaluărilor efectuate, se recomandă de a utiliza în calitate de valori optime pentru criteriul TD, valorile de la 20 până la 30 dB în dependență de densitatea abonaților în zona de deservire;

Au fost determinate ecuațiile pentru factorul de calitate a zgomotului și puterii de radiație izotropică echivalentă EIRP, în baza cărora pot fi determinate datele inițiale de optimizare stațiilor terestre din cadrul comunicațiilor prin satelit;

În conformitate cu standardele internaționale în vigoare au fost determinată ecuația de estimare a valorii admisibile pentru densitatea spectrală a puteri semnalului care ajunge pe Pământ de la satelit, pentru care se asigură sporirea certitudinii la recepția informației digitale în rețelele de comunicații prin satelit.

A fost determinat, că în calitate de măsură a diversității stărilor posibile ale rețelelor de comunicații controlate, în orice moment de timp, poate servi entropia instantanee a variabilei dinamice observabile, care permite să estimăm cantitatea informației de control și prin urmare capacitatea de transfer a canalelor sistemului de control, care posedă proprietatea de adaptabilitate la perturbările lente previzibile și invarianță la factori aleatorii imprevizibili.

Referințe

[1] ITU. Standard IEEE 802.11 Wireless Local Area Networks. 1997 and additions to it.
[2] ITU-R P.452: Prediction procedure for the evaluation of interference between stations on the surface of the Earth at frequencies about 0,1 and 0,7 GHz. Approved in 2015.
[3] ITU-R P.525: Calculation of free-space attenuation. Approved in 2019.
[4] ITU-R P. 526: Propagation by diffraction. Approved in 2019.
[5] MARAL, G. VSAT networks. Chichester England: John Wiley $ Sons, Ltd. 2003.
[6] SKLAR, B. Digital Communications. Fundamentals and Applications. PHPTR USR, New Jersey 07488, 2004.
[7] MORELOS-SARAGOSA, R. The art of noise-immune coding. Methods, algorithms , application. Moscow: Technosphere, 2005.
[8] ITU. Radio Regulations. Geneva, edition 1998, vol. 1.
[9] SELOMON, D. Compression of data, images and sound. Moscow: Technosphere, 2004.
[10] PROAKIS, J. Digital communications. Moscow: Radio and communication, 2000.
[11] DORF, R., BISHOP, R. Modern control systems. Moscow: Laboratory of Basic Knowledge, 2002.
[12] OKUNEV, Yu. B. Communication system with invariant noise immunity characteristics. Moscow: Communications, 1973.

APLICAREA MANAGEMENTULUI ÎN STIL JAPONEZ ȘI EXCELENȚĂ ORIENTAT SPRE SUCCES

Mihaela RÎMIȘ, Vladimir GUZUN*

Departamentul Telecomunicații și Sisteme Electronice, grupa IMTC-211,
Facultatea Electronică și Telecomunicații, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Rep. Moldova

*Autorul corespondent: Valentin Guzun, vladimir.guzun@tse.utm.md

Îndrumătorul/coordonatorul științific **Maria GRIȚCO**, asist. univ., FET, UTM

Rezumat: *Aplicarea managementului în stil japonez și a conceptului de excelență orientat spre succes presupune adoptarea și implementarea unei filozofii organizaționale care pune accentul pe principii fundamentale precum Kaizen și respectul pentru oameni. Această abordare transcende simpla gestionare a activităților și se concentrează asupra creării unei culturi organizaționale care promovează îmbunătățirea continuă, inovația și colaborarea interdepartamentală. Prin implementarea practicilor specifice managementului japonez, precum sistemul de producție just-in-time, controlul calității totale și metodele de management al echipei, organizațiile își pot optimiza procesele operaționale și își pot îmbunătăți constant performanța în toate domeniile afacerii. De asemenea, excelența este un element central al acestei abordări, căutând să atingă și să mențină standarde ridicate în ceea ce privește calitatea produselor și serviciilor, inovația și relațiile cu clienții și angajații. Prin cultivarea unei culturi organizaționale bazate pe valori etice și pe respect reciproc, managementul în stil japonez promovează crearea unei echipe coezive și motivate, capabilă să facă față provocărilor și să capitalizeze oportunitățile într-un mediu de afaceri dinamic și imprevizibil. În final, aplicarea acestor concepte nu numai că conferă organizațiilor un avantaj competitiv semnificativ, dar și le ajută să-și atingă obiectivele pe termen lung, într-un mod sustenabil și responsabil. Este o investiție în viitorul organizației, care poate duce la creșterea continuă și la consolidarea poziției acesteia pe piață*

Cuvinte cheie: *eficiență organizațională, principiul Kaizen, colaborare, inovație, adaptabilitate.*

Introducere

Conducerea japoneză susține că trei factori determină starea financiară a unei companii: oamenii, capitalul și resursele. Sunt surse de dezvoltare economică, totuși ar trebui utilizate în combinație și nu singure. Singura modalitate de a verifica calitatea managementului este de a evalua modul în care managerii folosesc toate resursele disponibile pentru a atinge anumite obiective, care este de fapt principala responsabilitate a managementului. Responsabilitatea principală a managementului este să înregistreze acești factori, unde cea mai importantă o constituie resursa umană. Când vine vorba de forța de muncă, este important de remarcat marea influență a culturii populare japoneze, precum și nivelul de educație publică și popularitatea acesteia, toate acestea au jucat un rol semnificativ în consolidarea managementului.

1.1 Istoria și contextul managementului în stil japonez

Abordarea managementului în stil japonez a fost influențată de filosofia și tradițiile japoneze, precum și de contextul socio-economic al țării. În perioada post-al doilea război mondial, Japonia a fost devastată și s-a confruntat cu reconstrucția rapidă a economiei. În acest timp, concepte precum Kaizen (îmbunătățire continuă), respectul pentru oameni și implicarea tuturor nivelurilor organizaționale în procesul decizional au devenit fundamentale în dezvoltarea modelului de management japonez.

Principiile managementului japonez au fost aplicate inițial în industria de producție, unde companii precum Toyota au dezvoltat sistemul Toyota Production System (TPS), cunoscut și ca lean manufacturing. Acest sistem a pus accentul pe eliminarea deșeurilor, eficiență și calitate, transformând complet modul în care erau gestionate operațiunile de producție.

Ulterior, principiile managementului japonez au fost extinse și aplicate în diverse domenii, cum ar fi serviciile, tehnologia și finanțele, contribuind la succesul și competitivitatea organizațiilor japoneze pe plan global.

1.2 Integrarea conceptului de excelență în practicile de management japonez

Aplicarea conceptul de excelență în managementul japonez se vede prin următoarele aspecte:

- Inovația: Companiile japoneze caută în mod constant modalități noi și inovatoare de a îmbunătăți produsele, procesele și operațiunile lor pentru a rămâne competitive pe piață.
- Calitatea produselor și serviciilor: Companiile japoneze sunt cunoscute pentru standardele ridicate și pentru angajamentul față de furnizarea de produse și servicii de cea mai bună calitate.
- Căutarea perfecțiunii: Managementul japonez promovează ideea că excelența este un proces continuu de căutare a perfecțiunii în toate aspectele afacerii.
- Implicarea angajaților: Conceptul de excelență în managementul japonez susține că angajații sunt încurajați să contribuie cu idei și să participe la eforturile de îmbunătățire a calității și eficienței.
- Măsurarea performanței: În managementul japonez, excelența este măsurată și monitorizată cu atenție prin indicatori de performanță și metode de evaluare a calității. Companiile japoneze utilizează adesea tehnici precum controlul calității totale (TQC) și managementul calității totale (TQM) pentru a asigura o abordare sistematică și eficientă în atingerea excelenței.

1.3 Aplicarea strategiilor specifice managementului japonez:

- Dezvoltarea resurselor umane - Este remarcabil că întreprinderile japoneze nu au fost niciodată atrase de tendința tipică capitalistă de a obține profit pe termen scurt; în schimb, au investit în mod constant în echipament eficient și s-au concentrat în special pe dezvoltarea resurselor umane.
- Strategia Zaitec - Strategiile orientate pe profit, au fost populare pentru scurt timp, în special după război. În cele din urmă, majoritatea companiilor au ca prioritate strategie pe termen lung.
- Folosirea tuturor ierarhiilor manageriale și îmbunătățirea produsului – Companiile japoneze preferă strategiile care pornesc de jos, care sunt dezvoltate și se dezvoltă progresiv, mai degrabă decât cele extreme de venit de sus. Multe au încercat să construiască strategii orientate spre locurile de muncă care nu sunt doar sloganuri publicitare , cum ar fi „Calitatea pe primul loc” sau „Clientul pe primul loc”. Aceasta se datorează faptului că companiile japoneze au fost forțate să se concentreze pe dezvoltarea de strategii specifice centrate în primul rând pe îmbunătățirea produsului, mai degrabă decât pe inovații și dezvoltarea de noi produse.
- Investiții în echipamentul necesar pentru producție - Se pune mare accent pe integrarea verticală, adică crearea grupurilor industriale a companiilor afiliate, numite în Japonia „keiretsu” (rețele).
- Menținerea prețului scăzut pe piață - Companiile japoneze tind să-și asigure creșterea acțiunilor de piață a produsului respectiv odată ce apare un nou produs pe piață, chiar dacă trebuie să sacrifice profitul. În plus, încearcă să intre pe piețele care necesita construirea unei relații de încredere cu consumatorii. Majoritatea companiilor „keiretsu” folosesc un produs pentru asigurarea serviciilor post - vânzare, a dezvoltării vânzărilor și a satisfacerii cerințelor pieței și ale clienților [4].

1.4 Compararea stilului de management japonez cu cel din Republica Moldova

Caracteristicile principale ale managementului în stil japonez:

- Promovarea îmbunătățirii continue (Kaizen): Principiul constă în căutarea permanentă a îmbunătățirii în toate aspectele operaționale, înțelegând că chiar și cele mai mici modificări pot aduce beneficii semnificative pe termen lung.
- Respectul pentru angajați: Un alt aspect esențial al acestui stil de management constă în valorizarea și respectarea fiecărui membru al echipei, promovând un mediu de lucru bazat pe încredere și respect.
- Implicarea la niveluri multiple: Deciziile sunt luate printr-un proces consultativ și participativ, implicând toate nivelurile organizaționale.
- Aplicarea principiilor Lean Manufacturing: Această metodologie vizează eliminarea deșeurilor, reducerea costurilor și optimizarea proceselor de producție, fiind strâns legată de conceptul Kaizen.
- Angajamentul față de calitate: Managementul japonez acordă o atenție deosebită calității produselor și serviciilor, urmărind să atingă standarde ridicate de performanță și satisfacție a clienților.

Caracteristicile principale ale managementului din Republica Moldova :

- Ierarhie accentuată: În multe întreprinderi din Republica Moldova, ierarhia este bine definită, iar deciziile sunt adesea luate de către conducerea de nivel superior, fără implicarea extensivă a angajaților de la alte niveluri.
- Influențe culturale și istorice: Tradițiile și influențele culturale specifice pot juca un rol important în stilurile de management adoptate în Republica Moldova, inclusiv în ceea ce privește relațiile de lucru și luarea deciziilor.
- Adaptabilitate la schimbare.

Tabelul 1

Managementul in stil Japonez și cel din Republica Moldova	
Asemănări	**Deosebiri**
Focus pe eficiență și calitate - se pune accent pe obținerea eficienței operaționale și pe asigurarea calității produselor sau serviciilor oferite.	Cultura organizațională- În managementul japonez, se promovează o cultură organizațională bazată pe respect reciproc, implicare activă a angajaților și accent pe echipă și colaborare. În Republica Moldova, ea poate fi influențată de tradiții și obiceiuri locale, iar ierarhia poate fi mai pronunțată
Importanța relațiilor de lucru - În ambele stiluri, relațiile de lucru sunt esențiale pentru succesul organizației, indiferent dacă este vorba de colaborarea între echipe sau de relațiile dintre angajați și conducere.	Procesul decizional - În managementul japonez, deciziile sunt luate printr-un proces consultativ și participativ, implicând adesea angajații de la toate nivelurile organizaționale. În Republica Moldova, procesul decizional poate fi mai centralizat, conducerea de nivel superior având un rol predominant în luarea deciziilor cheie.
Adaptibilitatea la contextul local – Ambele stiluri pot fi adaptate la specificul cultural și socio-economic al fiecărei regiuni sau țări pentru a se potrivi nevoilor și cerințelor organizaționale.	Abordarea față de schimbare – Managementul Japonez este adaptabil și încurajează îmbunătățiri continue, promovând o mentalitate de deschidere și adaptabilitate la schimbare. Pe când la cel din R. M. abordarea este mai conservatoare uneori și are rezistență mai mare la adoptarea unor practici noi.

1.5 Aportul managementului in stil japonez in domeniul telecomunicațiilor

Managementul în stil japonez aduce un aport semnificativ în domeniul telecomunicațiilor prin promovarea unei culturi de colaborare, accentul pe calitate și adoptarea unei mentalități orientate către îmbunătățirea continuă. Aceste elemente contribuie la consolidarea poziției organizațiilor într-un mediu competitiv și în evoluție constantă. În cadrul acestui model de management, se acordă o atenție deosebită relațiilor de muncă și se cultivă un spirit de echipă puternic. Prin stimularea colaborării, se creează un mediu propice pentru schimbul liber de idei și abordarea colectivă a provocărilor specifice industriei telecomunicațiilor.

Un alt aspect crucial este focusul asupra calității. Companiile japoneze din domeniul telecomunicațiilor pun accent pe furnizarea de produse și servicii de înaltă calitate, încurajând astfel loialitatea clienților și construind reputații solide pe piață. Managementul japonez este orientat către satisfacția clienților și abordează procesele de producție și servicii cu scopul de a asigura standarde ridicate de performanță. Conceptul de "Kaizen" reprezintă ideea de a căuta constant modalități de optimizare a proceselor și de a implementa îmbunătățiri.

2.1 Studii de caz:

Câteva studii de caz și exemple concrete de organizații japoneze care au atins excelența în domeniul lor prin aplicarea principiilor managementului în stil japonez:

1. Toyota Motor Corporation:

Toyota este unul dintre cele mai renumite exemple de aplicare a principiilor managementului japonez. Compania a dezvoltat sistemul Toyota Production System (TPS), care se concentrează pe îmbunătățirea continuă, eliminarea deșeurilor și implicarea angajaților în procesul de luare a deciziilor. Toyota a devenit un lider mondial în industria auto datorită reputației sale pentru calitate și inovație [3].

2. Panasonic Corporation:

Panasonic este o companie japoneză de electronice și electrocasnice care a atins excelența prin aplicarea principiilor managementului japonez. Compania promovează inovația și calitatea în toate aspectele afacerii sale și este recunoscută pentru produsele sale de înaltă calitate și pentru angajamentul său față de mediu și comunitate.



Figura 1. Showroom-urile pentru evenimente și expoziții ale produselor companiei Panasonic[2].

3. Sony Corporation:

Sony este un alt exemplu de companie japoneză care a atins excelența în domeniul tehnologic. Compania a dezvoltat o cultură organizațională care încurajează inovația, creativitatea și calitatea în toate produsele și serviciile sale. Sony este recunoscută pentru inovațiile sale în domenii precum electronica de consum, divertismentul și tehnologiile digitale.

Concluzii

În concluzie putem spune că implementarea managementului în stil japonez în afara Japoniei sau în contexte culturale diferite reprezintă o provocare complexă, care necesită o abordare atentă și adaptată la specificul fiecărei organizații și al mediului înconjurător. Ceea ce am însușit sunt câteva aspecte care au un rol crucial cum ar fi :

- Necesitatea adaptării: Această adaptare este esențială pentru a asigura relevanța și eficacitatea practicilor implementate.
- Comunicare și implicare.
- Învățare și îmbunătățire continuă: Angajații sunt încurajați să identifice și să implementeze îmbunătățiri în mod constant.
- Sprijinul conducerii: Este esențial ca liderii să fie complet angajați în procesul de implementare și să ofere resursele și sprijinul necesar pentru a depăși provocările și dificultățile întâlnite pe parcursul acestui proces.

Adoptarea managementului în stil japonez în afara Japoniei este o provocare care poate fi depășită prin adaptare, comunicare eficientă, implicare activă și promovarea unei culturi a îmbunătățirii continue. Cu o abordare adecvată și angajamentul tuturor părților interesate, acest model de management poate aduce beneficii semnificative în îmbunătățirea performanței organizaționale și în atingerea obiectivelor strategice

Referințe

[1] https://xcitecarleasing.co.uk/blog/the-history-of-toyota/
[2] https://holdings.panasonic/global/corporate/about.html
[3] Toyota Motor Corporation Progres Images, Stock Photos, 3D objects, & Vectors | Shutterstock
[4] MANAGEMENTUL JAPONEZ, PREMIZA A DEZVOLTARII DURABILE APLICATA LA NIVELUL SISTEMELOR ECONOMICO-INGINERESTI (scrigroup.com)
[5] file:///C:/Users/Admin/Downloads/Telegram%20Desktop/Managm_intrepr_Note_curs_DS%20(1).pdf

INTEGRAREA INTELIGENȚEI ARTIFICIALE ÎN CADRUL SISTEMELOR DE MONITORIZARE A REȚELELOR DE COMUNICAȚII

Victor SCLIFOS

Departamentul Telecomunicații și Sisteme Electronice, grupa IMTC-201,
Facultatea Electronică și Telecomunicații, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Rep. Moldova

Autorul corespondent: Victor Sclifos, victor.sclifos@tse.utm.md

Îndrumător/coordonator științific: **Roman GRIȚCO**, l. univ, FET UTM

Rezumat: *Articolul subliniază importanța integrării inteligenței artificiale în monitorizarea rețelelor de comunicații. Într-o eră caracterizată de avansul rapid al tehnologiei și creșterea complexității infrastructurilor de rețea, adaptarea și inovarea continuă sunt imperative. Inteligența artificială oferă soluții eficiente pentru gestionarea și interpretarea datelor în timp real, identificând rapid problemele și furnizând soluții proactive pentru îmbunătățirea performanței și securității rețelelor. Integrarea AI în monitorizarea rețelelor nu este doar o necesitate, ci și o oportunitate pentru companii de a rămâne competitive și de a furniza servicii superioare într-un mediu în continuă evoluție. Prin utilizarea AI, companiile pot automatiza procesele de monitorizare, reduce costurile operaționale și optimiza eficiența operațională, contribuind astfel la îmbunătățirea experienței clienților și consolidarea poziției lor pe piață.*

Cuvinte cheie: *Inteligența artificială, Machine Learning, Cisco DNA Center, SDN, IBN*

Introducere

Sectorul telecomunicațiilor a cunoscut o expansiune rapidă în ultimele două decenii, datorită nereglementării economice și a creșterii schimbului rapid de informații în societate. Într-o piață extrem de competitivă, inovațiile tehnice au condus la dezvoltarea unei infrastructuri complexe, iar integrarea inteligenței artificiale a devenit esențială pentru evaluarea și optimizarea performanței rețelelor moderne. Algoritmii AI permit analiza datelor în timp real și acțiuni proactive, reducând complexitatea infrastructurilor IT și îmbunătățind eficiența operațională. Implementarea AI în sistemele de monitorizare a rețelelor oferă soluții eficiente pentru gestionarea complexității în creștere și pentru satisfacerea cerințelor în evoluție ale pieței.

Procesul de implementarea a inteligenței artificiale în cadrul sistemelor de monitorizare

În era actuală a tehnologiilor informaționale în continuă evoluție, inteligența artificială devine esențială în gestionarea și monitorizarea rețelelor de telecomunicații. Implementarea inteligenței artificiale aduce un nivel superior de automatizare, asigurând securitate, viteză și inteligență sporite rețelelor. În prezent, domeniul inteligenței artificiale în rețelistică cuprinde trei ramuri principale: prelucrarea limbajului natural (NLP), învățarea automată (ML) și raționamentul automat (MR). Aceste tehnici sunt larg implementate în cadrul rețelelor definitorii prin software (SDN) și a rețelelor bazate pe intenție (IBN), asigurând aspecte fundamentale precum traducerea, activarea, asigurarea și infrastructura rețelei. Prin codificarea intenției operatorului și integrarea cu o înțelegere profundă a infrastructurii rețelei, se activează și se optimizează politicile pentru performanță, fiabilitate și securitate. Colectarea datelor este esențială pentru alimentarea motoarelor IA, îmbunătățind performanța și securitatea rețelei.

Operatorul exprimă intenția sa, fie prin limbaj uman sau prin interfețe tradiționale, iar această intenție trebuie transpusă în politici de rețea și securitate. În acest proces, se utilizează procesarea limbajului natural (NLP), precum și forme de învățare automată (ML) și raționament automat (MR). Ulterior, în etapa de activare, politicile de rețea și securitate, codificate anterior,

sunt integrate cu o înțelegere profundă a infrastructurii rețelei, care include date în timp real și date istorice pentru o evaluare cuprinzătoare. Aceste politici sunt apoi activate sau automatizate pentru toate elementele infrastructurii de rețea, optimizându-le pentru performanță, fiabilitate și securitate. În timp ce procesează o cantitate semnificativă de date în timp real, etapa de asigurare utilizează inteligența artificială pentru a identifica elementele care ar putea duce la probleme. De exemplu, "asigurarea" poate monitoriza timpul de îmbarcare al dispozitivelor din rețea, cum ar fi timpul de conectare la un punct de acces Wi-Fi, și poate alerta în cazul în care acest timp depășește limitele normale (fig. 1) [12].

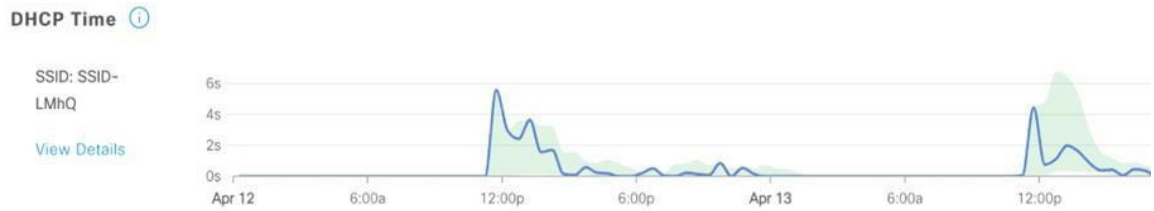


Figura 1. Monitorizarea fluctuațiilor conectării la rețea

Monitorizarea traficului de rețea prin integrarea inteligenței artificiale

Datorită faptului că traficul real care traversează o rețea reprezintă una dintre sursele principale de date pentru procesare, tehnologiile de analiză a traficului necesită manipularea unui volum mare de informații. Capturarea și stocarea pachetelor generează o cantitate considerabilă de date și necesită spațiu de stocare extins. Sortarea și examinarea tuturor pachetelor stocate pentru a identifica informațiile relevante pot dura un timp semnificativ. Analiza traficului reprezintă un domeniu critic al managementului rețelei, în care tehnici precum învățarea automată (ML) și inteligența artificială (IA) pot fi deosebit de valoroase. Prin intermediul procesului de învățare automată, datele pot fi analizate în mod continuu, înregistrând rezultate cumulative și monitorizând statistici de debit în timp real. Implementarea IA pe larg în cadrul Cisco DNA Center permite utilizarea datelor din mai multe surse, inclusiv valorile dispozitivelor de rețea pentru a găsi soluții pentru problemele de performanță ale rețelei. Colectarea datelor de monitorizare a rețelei nu este afectată direct de serviciul IA. În schimb, inteligența artificială cercetează datele corelate din mai multe surse pentru a determina cauzele problemei. Acesta ilustrează modul în care procesele IA pot îmbunătăți viteza serviciilor care sunt deja disponibile (fig. 2) [5-7].

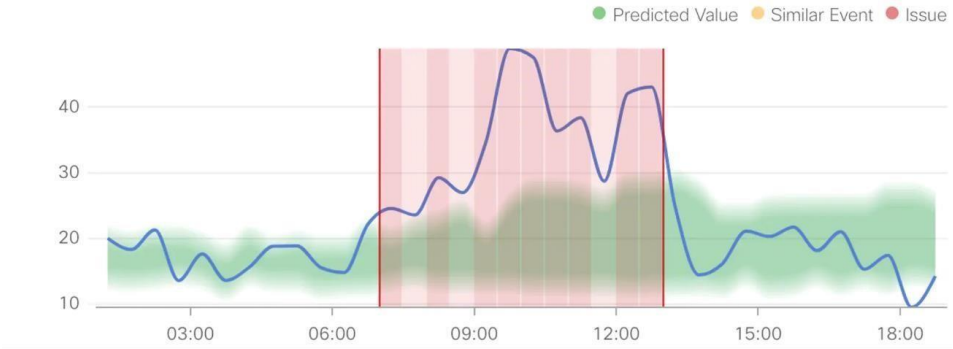


Figura 2. Monitorizarea utilizării lățimii de bandă prin integrarea IA

Un alt aspect al utilizării algoritmilor inteligenței artificiale constă în faptul de a permite analiza datelor în timp real pentru identificarea potențialelor probleme și intervenția corectivă înainte ca acestea să devină manifeste, îmbunătățind astfel stabilitatea și performanța rețelei. În cadrul Cisco DNA Center, integrarea inteligenței artificiale facilitează plasarea optimă a punctelor de acces și configurarea acestora în funcție de parametrii mediului, specificațiile

echipamentelor și nivelul calității semnalului, pentru a evita interferențele și a asigura o acoperire Wi-Fi eficientă. Aceste date sunt reprezentate grafic pentru o mai bună înțelegere și planificare a zonei de acoperire Wi-Fi (fig. 3). [3-4]



Figura 3. Vizualizarea calității semnalului și ariei de acoperire Wi-Fi

Detectarea traficului malițios prin implementarea inteligenței artificiale

Implementarea activă a inteligenței artificiale în automatizarea monitorizării rețelelor de telecomunicații reprezintă un avans semnificativ în detectarea traficului malițios. Sistemele IA pot clasifica traficul normal de rețea și pot folosi analize predictive pentru a identifica utilizatori și utilizări tipice ale resurselor. Algoritmii IA sunt folosiți pentru a detecta și preveni intruziunea în rețea, iar sistemele de detectare a intruziunilor pot monitoriza traficul și detecta activități suspecte. Prin analizarea datelor de trafic, algoritmii IA pot identifica tipare de activitate suspectă, contribuind la prevenirea accesului neautorizat și la consolidarea securității rețelei. Învățarea automată este deosebit de utilă pentru identificarea diferențelor subtile între activitatea normală și cea potențial periculoasă, care altfel ar putea trece neobservată (fig.4) [5-7].

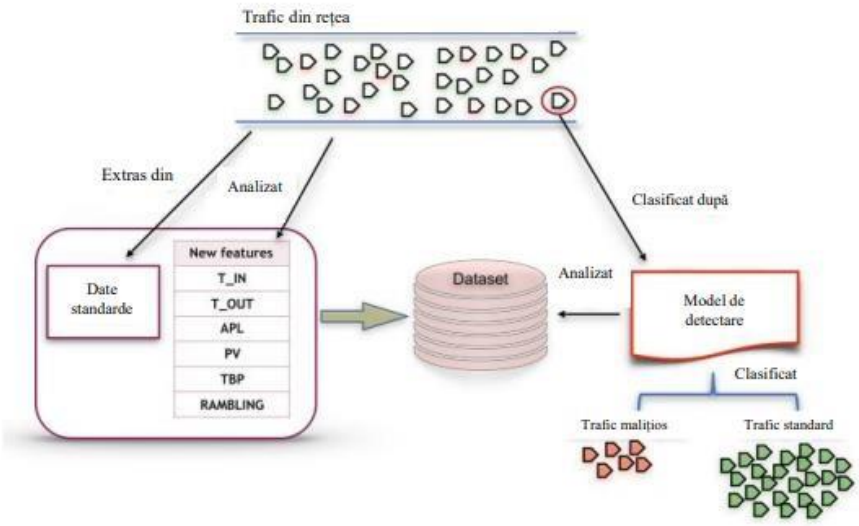


Figura 4. Principiul de funcționare a IA pentru depistarea traficului malițios

Concluzii

În prezent, industria tehnologiilor informaționale se îndreaptă către integrarea inteligenței artificiale, iar automatizarea sistemelor de telecomunicații și monitorizarea rețelelor reprezintă aspectele cheie. Odată cu creșterea complexității infrastructurilor de rețea și a volumului de date gestionate, metodele tradiționale de gestionare a rețelelor încep să fie depășite. Inteligența artificială aplicată în managementul rețelelor a început deja să transforme modul în care se monitorizează performanța rețelei, anticipând și prevenind problemele, optimizând alocarea resurselor și protejând rețelele de amenințări. Integrarea inteligenței artificiale poate conduce către ceea ce este cunoscut sub denumirea de "rețele de conducere autonomă", în care sarcinile de gestionare a rețelei, cum ar fi depanarea și configurarea, sunt în mare parte automatizate.

Referințe

[1] *The Role of AI in Modern Telecom Network Management.* Anna Singh, ©2023 [citat 01.03.2024].Disponibil:https://fagenwasanni.com/news/the-role-of-ai-in-moderntelecomnetwork-management/35755/

[2] *AI in Networking.* Augtera AI Tech, ©2023 [citat 02.03.2024]. Disponibil: https://augtera.com/ai-in-networking/

[3] *AI Networking.* Arista, ©2023 [citat 03.03.2024]. Disponibil: https://www.arista.com/assets/data/pdf/Whitepapers/AI-Network-WP.pdf

[4] *AI's role in network management.* Neil Patel, Director European Marketing and Business Development, ©2023 [citat 05.03.2024]. Disponibil: https://eu.dlink.com/xk/sq/resourcecentre/blog/ai-s-role-in-network-management

[5] *The Role of AI and ML in Enterprise Networking.* AMINU ABDULLAHI, ©2022 [citat 08.03.2024].Disponibil:https://www.enterprisenetworkingplanet.com/management/therole of-ai-and-ml-in-enterprise-networking/

[6] *Improving Networks with Artificial Intelligence.* John Apostolopoulos, ©2019 [citat 09.03.2024]. Disponibil: https://blogs.cisco.com/networking/improving-networks-with-ai

[7] *Cisco AI Network Analytics: Making Networks Smarter and Simpler to Manage.* Anand Oswal, ©2019 [citat 11.03.2024]. Disponibil https://blogs.cisco.com/analytics-automation/ciscoainetwork-analytics-making-networks-smarter-simpler-and-more-secure?oid=psten017292

MANAGEMENTUL CALITĂȚII ȘI METODOLOGIA DE UTILIZARE A SIX SIGMA

Ariana ȚENU

Departamentul Telecomunicații și Sisteme Electronice, grupa IMTC-221,
Facultatea Electronică și Telecomunicații, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Rep. Moldova

Autorul corespondent: Ariana Țenu, tenuariana77@gmail.com

Îndrumător/coordonator științific: **Serafima SOROCHIN**, asist. univ., FET, UTM

Rezumat. *Metoda Six Sigma este cunoscută drept o abordare extrem de eficientă și riguroasă în îmbunătățirea proceselor și în atingerea performanțelor de vârf în lumea afacerilor. Fundamentată pe analize amănunțite și orientată spre atingerea obiectivelor organizaționale și așteptărilor clienților, această metodologie oferă un cadru robust pentru gestionarea variabilității pe termen lung, în conformitate cu cerințele specifice ale clienților. Prin utilizarea sa ca instrument de management al calității, Six Sigma servește drept ghid pentru organizații în identificarea și remedierea defectelor din procesele, produsele sau serviciile existente, contribuind astfel la optimizarea controlului calității și la reducerea sau eliminarea variațiilor. În esență, Six Sigma se angajează să asigure consistența și calitatea în operațiunile de producție sau de afaceri, promovând astfel creșterea și succesul pe termen lung al organizațiilor.*

Cuvinte cheie: *six sigma, eficineță, calitate, metodologie*

Introducere

Six Sigma s-a răspândit pe plan mondial și numeroase companii recunosc contribuția sa esențială la succesul lor (Hutchins, 2000). Nume consacrate în lumea afacerilor precum Motorola, General Electric, AlliedSignal (acum Honeywell) sunt exemple bine-cunoscute de implementare a Six Sigma și a beneficiilor aduse.

Dar ce înseamnă de fapt Six Sigma? Este o inovație autentică sau doar o reinterpretare a unor concepte deja existente? Aceste întrebări sunt răspândite în comunitatea de calitate, deși Six Sigma își are rădăcinile din mijlocul și sfârșitul anilor '80.

Six Sigma reprezintă o aplicare eficientă a tehnicilor statistice, prezentată într-un mod inovator, care a fost adoptată cu succes de conducerea și asociațiile multor organizații. Nu este doar o abordare tehnică riguroasă.

Denominarea "sigma" este legată de capacitatea procesului, reprezentând măsura variației statistice a acestuia, adesea exprimată prin abaterea standard. Conceptul de "six sigma" indică o rată a defectelor de aproximativ 3,4 defecte per milion de oportunități (DPMO). În practică, acest lucru se traduce adesea în mai mult de 3,4 unități defecte la un milion de unități produse, având în vedere complexitatea procesului și multiplele oportunități de apariție a defectelor.

Six Sigma este valoros în căutarea excelenței în afaceri și în măsurarea progresului către acest scop. Implementările corecte ale programelor Six Sigma sunt aliniate strâns cu obiectivul de obținere a rezultatelor, care stă la baza diverselor premii internaționale de calitate.

Este Six Sigma cu adevărat o inovație? Deși există variații între companii, consultanți și autori, programele Six Sigma împărtășesc caracteristici comune, cum ar fi o abordare de sus în jos, disciplinată și orientată către date, care utilizează o varietate de instrumente statistice pentru luarea deciziilor.

Principiile Six Sigma

Scopul fiecărui proiect Six Sigma este să identifice și să elimine defectele care generează variații în calitate prin stabilirea unei serii de pași în jurul unui obiectiv specific. Cele mai întâlnite exemple folosesc direcții ca "mai mic este mai bun", "mai mare este mai bun" sau "nominal este cel mai bun".

- Direcția "mai mic este mai bun" stabilește o "limită superioară de specificație", cum ar fi obiectivul de a avea zero defecte sau piese respinse.
- Direcția "mai mare este mai bun" implică o "limită inferioară de specificație", precum scorurile la teste, unde obiectivul este de 100%.
- Direcția "nominal este cel mai bun" se concentrează pe punctul de mijloc - un reprezentant al serviciului pentru clienți ar trebui să petreacă suficient timp la telefon pentru a rezolva o problemă, dar nu atât de mult încât să își piardă eficiența.

Acest proces are ca scop aducerea datelor și statisticilor în prim-plan pentru a ajuta la identificarea obiectivă a erorilor și a defectelor care afectează calitatea. Este conceput pentru a se potrivi unei game variate de obiective de afaceri, permițând organizațiilor să stabilească ținte în funcție de nevoile specifice ale industriei [3].

Metodologii Six Sigma

În practică, Six Sigma urmează una dintre cele două sub-metodologii: DMAIC și DMADV:

1) Six Sigma DMAIC

Metodologia proiectului Six Sigma DMAIC implică cinci etape, fiecare reprezentată prin intermediul unei litere în acronimul DMAIC. Aceste etape includ:

- Clarificarea problemei, a clienților, a cerințelor proiectului și a obiectivelor și așteptărilor finale ale clienților.
- Evaluarea performanței procesului curent prin stabilirea unui plan de colectare a datelor pentru a identifica defectele și pentru a aduna metrici.
- Analiza procesului pentru a identifica cauza principală a variațiilor și a defectelor pentru a evidenția problemele cu strategia curentă care împiedică atingerea obiectivului final.
- Optimizarea procesului prin eliminarea cauzelor de bază ale defectelor prin soluții inovatoare.
- Monitorizarea noului proces pentru a preveni revenirea la vechile practici și pentru a asigura menținerea pe drumul corect.8.În general, măsurarea SAR este realizată de către specialiști în domeniul fizicii sau ingineriei electromagnetice, deoarece este nevoie de cunoștințe specializate pentru a interpreta rezultatele măsurătorilor și a face recomandări privind siguranța dispozitivelor electronice.

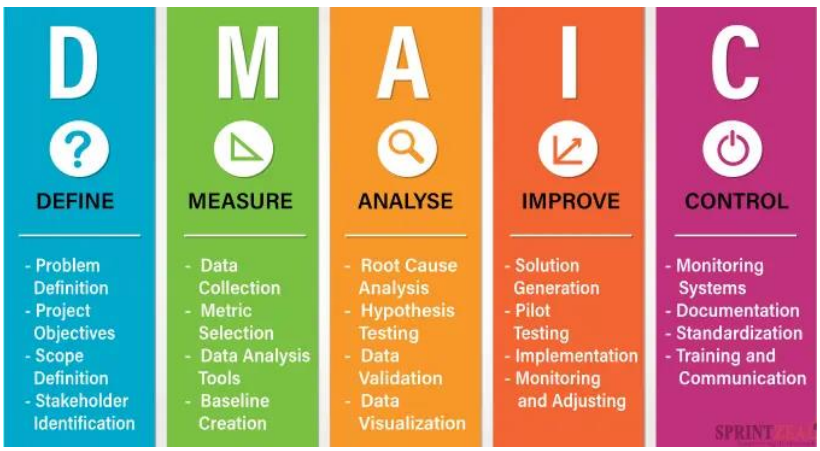


Figura 1. Metodologia Six Sigma DMAIC [2]

2) Six Sigma DMADV

Metoda Six Sigma DMADV, denumită și Design For Six Sigma (DFSS), îmbrățișează cinci etape:

- Stabilirea obiectivelor realiste, conforme cerințelor clienților sau strategiei de afaceri.
- Identificarea și evaluarea cerințelor critice ale calității (CTQ) ale clienților și traducerea acestora în obiective de proiect clar definite.
- Analizarea mai multor opțiuni și alternative pentru clienți, având în vedere întregul ciclu de viață estimat al proiectului.
- Conceputul procesului la un nivel general înainte de a avansa la o versiune mai detaliată, care va acționa ca prototip pentru identificarea eventualelor erori și ajustări.
- Confirmarea și validarea faptului că ultima iterație a produsului sau procesului este acceptată de toți clienții și partenerii, fie ei interni sau externi.

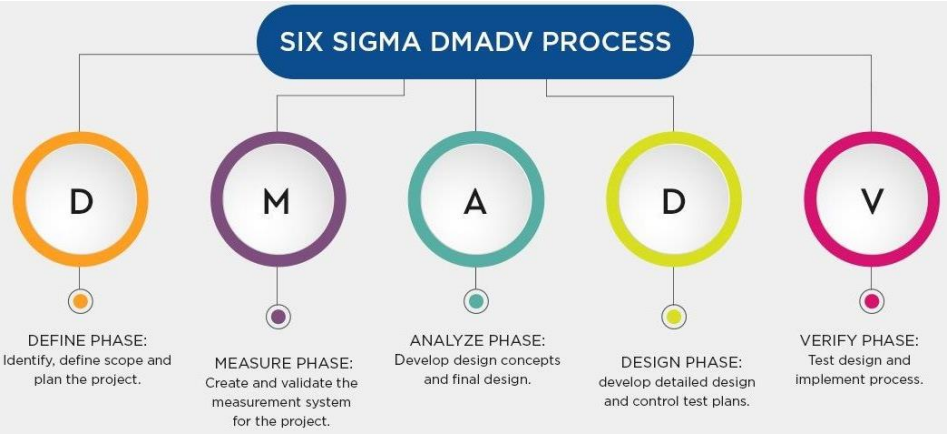


Figura 2. Metodologia Six Sigma DMADV [3]

DMAIC vs DMADV

Deși metodologiile DMAIC și DMADV pot părea asemănătoare, ele servesc scopuri diferite. DMAIC este ideală pentru îmbunătățirea proceselor sau produselor existente care nu îndeplinesc nevoile clienților sau nu corespund standardelor. În schimb, DMADV este potrivită atunci când o afacere trebuie să creeze un produs sau un proces nou, sau când un produs existent a fost optimizat, dar încă nu este suficient de eficient [3].

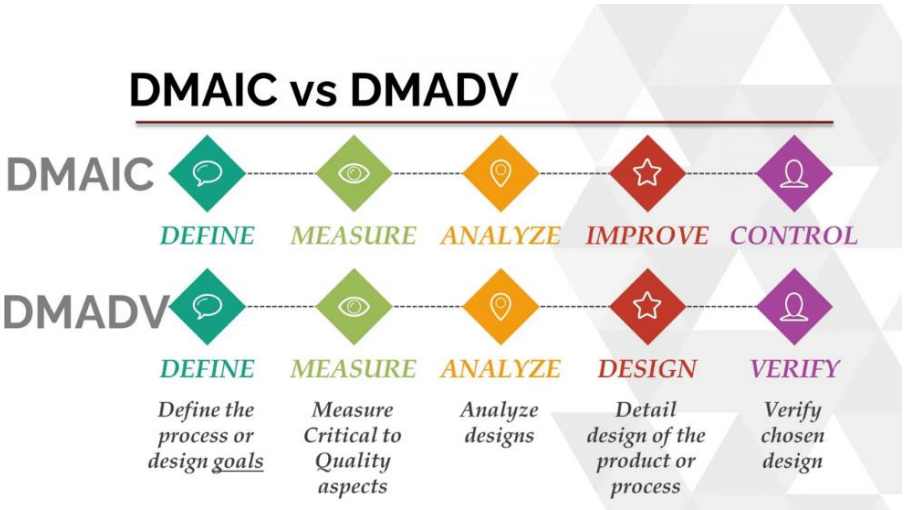


Figura 3. Six Sigma DMAIC vs DMADV [4]

Alegerea unui Proiect Six Sigma

Pentru a identifica potențialele proiecte care ar putea fi îmbunătățite prin implementarea Six Sigma în organizația dvs., este necesar să urmați anumite criterii:

- Fiecare proiect trebuie să aibă o definiție clară a procesului și a rezultatelor dorite.
- Evitați să intrați într-un proiect cu o soluție prestabilită, deoarece acest lucru ar presupune că ați deja o idee fixă despre ceea ce trebuie făcut.
- Concentrați-vă pe reducerea variației în procesele operaționale pentru a facilita munca operatorilor fără experiență.
- Asigurați-vă că abordați proiectul cu o înțelegere profundă a variațiilor în intrările procesului și a modurilor de control și eliminare a defectelor.

Rolurile în Implementarea Six Sigma

Un aspect esențial în metodologia Six Sigma este stabilirea unor roluri bine definite în conducerea și managementul calității. Principalele roluri în implementarea Six Sigma includ:

- Conducerea Executivă: Această categorie include CEO-ul și alte cadre executive care sunt responsabile de dezvoltarea viziunii și strategiei pentru implementarea Six Sigma. Acești lideri sunt, de asemenea, îndrumați să promoveze inovația și să aloce resurse pentru a sprijini inițiativele noi.
- Campioni: Acești lideri se găsesc de obicei în nivelurile superioare ale organizației și sunt responsabili de urmarea viziunii stabilite de conducerea executivă. De asemenea, ei servesc ca mentori pentru Black Belts.
- Master Black Belts: Acești profesioniști se dedică în întregime metodologiei Six Sigma și își îndreaptă eforturile către ghidarea Black Belts sau Green Belts, asigurând coerența în implementare. Ei sunt selectați de către Campioni.
- Centurile Negre (Black Belts): Sub îndrumarea Master Black Belts, acești specialiști sunt responsabili de executarea strategiei Six Sigma și adesea conduc anumite proiecte specifice.
- Centurile Verzi (Green Belts): Supervizate de Black Belts, aceste persoane sunt la începutul formării în metodologia Six Sigma și își asumă și alte responsabilități profesionale în timp ce învață.

De asemenea, în cadrul organizațiilor pot exista și alte niveluri, cum ar fi White Belts, Yellow Belts și Orange Belts, care simbolizează angajații care au o pregătire în metodologia Six Sigma, dar nu sunt implicați direct în proiectele specifice.

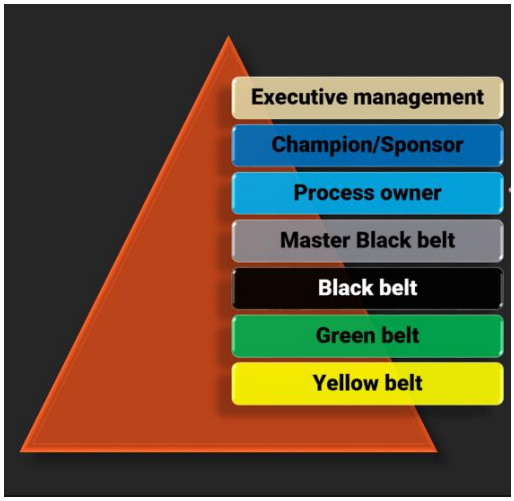


Figura 4. Six Sigma Implementation Roles [3]

Concluzii

În finalitate, implementarea metodologiei Six Sigma reprezintă un proces complex și riguros, care aduce în prim-plan un sistem clar de roluri și responsabilități în cadrul organizației. Acest cadru bine definit este esențial pentru orchestrarea și gestionarea eficientă a eforturilor de îmbunătățire a calității și a proceselor. Conducerea executivă, împreună cu campionii și master black belts, joacă un rol crucial în stabilirea viziunii strategice și în susținerea inițiativelor Six Sigma. De asemenea, rolurile de centuri negre și verzi sunt fundamentale pentru implementarea efectivă a strategiei Six Sigma la nivel operațional.

Prin angajarea corespunzătoare și formarea adecvată a personalului în aceste roluri, organizațiile pot crea un mediu propice pentru inovație și excelență operațională. Aceasta implică, de asemenea, o cultură organizațională care încurajează implicarea și colaborarea între diferitele niveluri și echipe de lucru.

Referinţe

[1] Pyzdek, Thomas. The Six Sigma Project Planner: A Step-by-Step Guide to Leading a Six Sigma Project Through DMAIC. — N. Y.: McGraw-Hill, 2017.
[2] Pande, Peter S.; Neuman, Robert P.; Gavanagh, Roland R. The Six Sigma Way: How GE, Motorola, and Other Top Companies Are Honing Their Performance. — N. Y.: McGraw-Hill, 2018
[3] Питер С. Пэнди, Роберт П. Ньюмен, Роланд Р. Кэвенег. Курс на Шесть Сигм. Как General Electric, Motorola и другие ведущие компании мира совершенствуют своё мастерство. — Лори, 2014
[4] https://goleansixsigma.com/what-is-lean-six-sigma/
[5] https://www.moresteam.com/new-to-lean-six-sigma.cfm

ИНТЕГРАЦИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В БИЗНЕС-ПРОЦЕССЫ

Marc ZAITEV*, Alexandru MORARU, Vadim MARTINIUC

Departamentul Telecomunicații și Sisteme Electronice, grupa IMTC-211,
Facultatea Electronică și Telecomunicații, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Rep. Moldova

*Autorul corespondent: Marc Zaitev, marc.zaitev@tse.utm.md

Îndrumătorul/coordonatorul științific **Maria GRIȚCO**, asist univ., FET, UTM

Краткое содержание: *Тема нашего исследования касается интеграции искусственного интеллекта (ИИ) и современных технологий в менеджменте. Основной целью данного исследования является анализ возможностей применения ИИ в сфере управления, оптимизации рабочих процессов и оценка его влияния на увеличение эффективности компании. Для достижения этой цели мы проведем обзор литературы по данной теме, проанализируем существующие практики внедрения ИИ в менеджмент, а также рассмотрим примеры успешной интеграции технологий в управленческие процессы. В результате исследования мы сможем выявить основные преимущества использования ИИ в менеджменте, такие как автоматизация процессов, улучшение прогнозирования и принятия решений, оптимизация ресурсов и повышение производительности. Наши выводы позволят лучше понять роль ИИ и его влияние на современные управленческие практики, а также определить перспективы дальнейшего развития этой области. Рассмотрим наиболее перспективные и целесообразные варианты использования искусственного интеллекта, ознакомимся с базовыми представлениями развития и работы искусственного интеллекта для полного представления возможностей и вариантов реализации. Мы также рассмотрим наиболее перспективные и целесообразные сценарии применения ИИ в управлении и проанализируем успешные кейсы его интеграции в деятельность крупных компаний.*

Cuvinte cheie*: CRM, кибербезопасность, EBITDA, алгоритм, VR, оптимизация*

Введение:

Интеграция искусственного интеллекта проникает в различные сферы современного бизнеса, изменяя динамику и привнося новые возможности. С появлением новых технологий в эпоху цифровизации компании вынуждены пересматривать свои подходы к проектам и оптимизировать рабочие процессы. С начала 1950-х годов искусственный интеллект стал объектом внимания как ученых, так и практиков, представляя собой систему, способную адаптироваться и использовать внешние данные для достижения заданных целей. В последующие годы искусственный интеллект продолжал развиваться, привлекая к себе внимание благодаря своей способности обрабатывать большие объемы информации, обучаться на основе полученных данных и применять их для решения разнообразных задач. Этот процесс поддерживается появлением новых методов обучения алгоритмов и увеличением вычислительной мощности компьютеров. Системы, основанные на искусственном интеллекте, становятся более эффективными, доступными и широко используемыми в бизнесе, благодаря последним технологическим достижениям. Это открывает новые возможности для решения различных задач и оптимизации бизнес-процессов. Применение искусственного интеллекта позволяет решать задачи, которые ранее были типичными для человеческого интеллекта, вызывая дискуссии в научном сообществе о будущем роли человека и машин в управлении организациями.

С учетом вышеизложенного, основная цель данного исследования заключается в выявлении его ключевых областей применения, включая процессы управленческого принятия решений и стратегического управления. Значение искусственного интеллекта в современном бизнесе невозможно переоценить. Компании, которые интегрируют нейронные сети и технологии машинного обучения, значительно повышают свою прибыльность, улучшают производственные процессы и демонстрируют высокую конкурентоспособность на рынке. В настоящее время стратегии управления, основанные на применении искусственного интеллекта, становятся все более востребованными. В современном бизнесе происходит неизбежное влияние цифровой трансформации, которая включает в себя бизнес-аналитику, искусственный интеллект и другие передовые технологии.

Оптимизация процессов с помощью ИИ

В современной быстро меняющейся бизнес-среде компании постоянно ищут способы повышения эффективности и сокращения затрат. Одной из областей, где искусственный интеллект (ИИ) оказывает значительное влияние, является управление операциями. Используя возможности искусственного интеллекта, предприятия могут оптимизировать свои процессы, оптимизировать процесс принятия решений и получить конкурентное преимущество на рынке. Искусственный интеллект меняет качество обслуживания клиентов и повышает качество обслуживания с помощью виртуальных помощников и персонализированного взаимодействия. Аналитика больших данных и алгоритмы искусственного интеллекта позволяют интеллектуальным системам принимать решения на основе данных.

Важность ИТ-решений для бизнеса

Цифровая трансформация бизнеса сделала ИТ-решения более важными, чем когда-либо прежде. Эти решения включают в себя широкий спектр технологий и услуг, которые помогают компаниям эффективно управлять своими данными, коммуникациями и операциями. ИТ-решения доступны не только крупным корпорациям; даже малые и средние предприятия могут использовать свою мощь для стимулирования роста и успеха.

В области продаж и коммуникаций с клиентами наблюдается тенденция к автоматизации воронок продаж. Более половины этих процессов уже можно оцифровать и автоматизировать с использованием технологий ИИ, что упрощает взаимодействие с клиентами и повышает эффективность. Системы на базе искусственного интеллекта могут отслеживать взаимодействие с клиентами в режиме реального времени, позволяя компаниям оказывать превентивную поддержку. Анализируя поведение и настроения клиентов, эти системы могут выявить потенциальные проблемы или недовольство до того, как они обострятся. Это позволяет предприятиям оперативно вмешаться и предложить соответствующие решения, повышая удовлетворенность и лояльность клиентов.

Чат-боты и виртуальные помощники-это инструменты на базе искусственного интеллекта, которые могут взаимодействовать с клиентами в диалоговой форме, предлагая помощь и решая вопросы. Эти интеллектуальные системы могут понимать естественный язык и оперативно реагировать, имитируя реальные человеческие разговоры. Интегрируя чат-ботов и виртуальных помощников в процессы обслуживания клиентов, компании могут обеспечить круглосуточную поддержку, сократить время ответа и одновременно обрабатывать больший объем запросов. CRM системы, различные чат-боты и опросники позволяют сократить издержки и оптимизировать работу персонала, что позволяет уделять больше времени построению стратегии развития компании и генерации новых идей. Алгоритмы искусственного интеллекта могут анализировать огромные объемы данных о клиентах для выработки персонализированных рекомендаций. Понимая индивидуальные предпочтения, историю покупок и поведение в Интернете, компании могут предлагать

своим клиентам индивидуальные предложения продуктов или услуг. Такой уровень персонализации не только улучшает качество обслуживания клиентов, но и увеличивает вероятность дополнительных и перекрестных продаж, что способствует росту доходов, что подтверждают данные представленные на Рис. 1

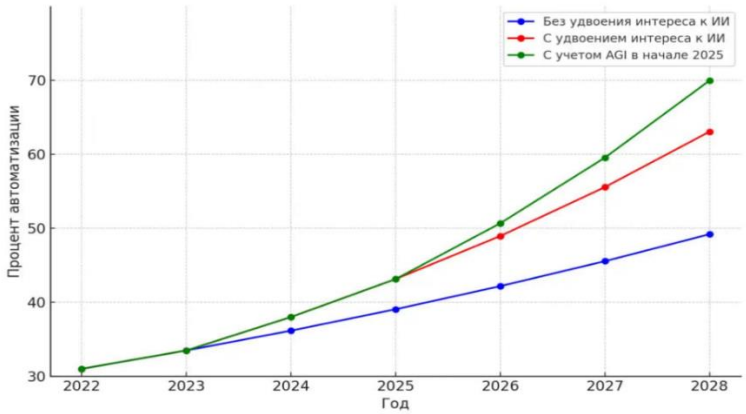


Рисунок 1. Процент автоматизации бизнес-процессов и влияние ИИ (исследования Garnet Consulting Group)

Инструменты мониторинга производительности на основе искусственного интеллекта позволяют предприятиям точно отслеживать и анализировать ключевые показатели. Используя алгоритмы искусственного интеллекта, организации могут получить ценную информацию об операционной эффективности, выявить недостатки и принять решения на основе данных для оптимизации процессов. Например, логистическая компания может использовать аналитику на базе искусственного интеллекта для мониторинга маршрутов доставки, транспортных расходов и эффективности времени. По анализу Обрабатывая исторические данные и информацию в реальном времени, алгоритмы искусственного интеллекта могут выявлять закономерности и предлагать варианты оптимизации для минимизации затрат и сокращения сроков доставки. Такой уровень мониторинга производительности позволяет предприятиям оставаться гибкими и постоянно совершенствовать свою деятельность.

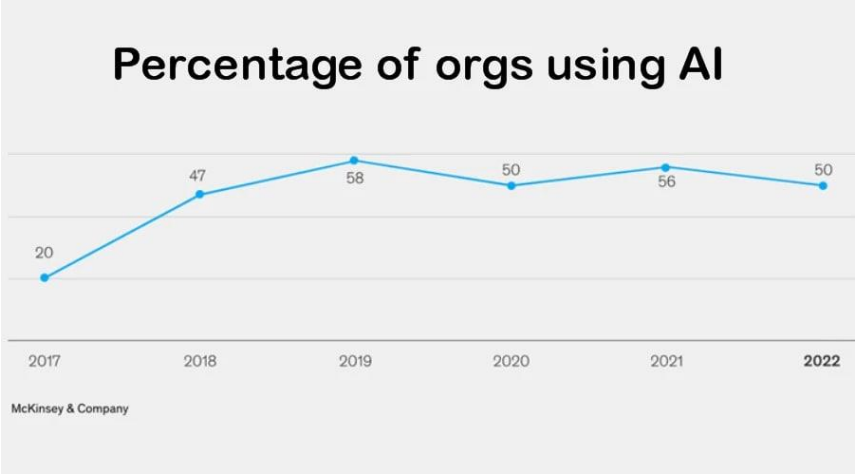


Рисунок 2. График зависимости процента компаний, использующих ИИ от времени

В наше время все больше компаний признают необходимость интеграции искусственного интеллекта (ИИ) в свои бизнес-процессы. Этот тренд обусловлен не только стремлением к инновациям, но и пониманием того, что ИИ способен значительно повысить эффективность и конкурентоспособность предприятия, что подтверждается данными на Рис. 2.

Основные преимущества и недостатки интеграции искусственного интеллекта:

Преимущества внедрения ИИ для современного бизнеса

Внедрение приложений искусственного интеллекта для вашего бизнеса предлагает множество преимуществ. Вот несколько проверенных способов:

Повышает операционную эффективность.

Повышает операционную эффективность за счет автоматизации повторяющихся задач, уменьшения человеческого фактора и оптимизации процессов.

Системы на базе искусственного интеллекта могут обрабатывать большие объемы данных и выполнять сложные вычисления гораздо быстрее, чем люди, что позволяет предприятиям принимать быстрые и точные решения. Решения, основанные на данных. С помощью ИИ компании могут получить ценную информацию в результате анализа данных и распознавания закономерностей, что позволяет им определять тенденции, предпочтения клиентов и рыночные возможности. Эту информацию можно использовать для разработки целевых маркетинговых стратегий, улучшения качества обслуживания клиентов и оптимизации предложений продуктов.

Улучшение качества обслуживания клиентов: чат-боты на базе искусственного интеллекта и виртуальные помощники улучшают обслуживание клиентов, предоставляя быстрые и персонализированные ответы на запросы. Эти боты могут одновременно вести несколько разговоров, освобождая агентов-людей для сосредоточения внимания на более сложных проблемах.

Обнаружение и смягчение угроз в режиме реального времени. Системы искусственного интеллекта могут обнаруживать аномалии и потенциальные угрозы в режиме реального времени, укрепляя усилия по обеспечению кибербезопасности. Постоянно анализируя закономерности данных и поведение сети, ИИ может выявлять подозрительные действия. Повторяющиеся задачи можно автоматизировать, освобождая человеческие ресурсы для более стратегических и творческих начинаний.

Недостатки внедрения ИИ

Искусственный интеллект имеет множество преимуществ и продолжает развиваться; Вот почему предприятиям необходимо понимать сложности и получать конкурентные преимущества. Преодоление этих проблем имеет важное значение для компаний, чтобы использовать весь потенциал ИИ и его приложений.

Стоимость внедрения. Внедрение систем искусственного интеллекта может оказаться сложным и трудоемким, требующим значительных финансовых вложений и технических знаний. Чтобы решить эту проблему, компаниям необходимо переквалифицировать и повысить квалификацию своих сотрудников по внедрению ИИ.

Этические проблемы: машинам не хватает моральных суждений, поэтому их программистам приходится учитывать этические соображения, такие как конфиденциальность и прозрачность данных, при внедрении решений искусственного интеллекта для бизнеса.

Недостаточный ввод данных.

Еще одна проблема - потребность в более качественных данных и потенциальные проблемы с безопасностью данных, которые могут снизить эффективность алгоритмов ИИ и процессов принятия решений.

Интеграция со сторонними приложениями. Интеграция систем искусственного интеллекта с существующей инфраструктурой и рабочими процессами может оказаться сложной задачей, требующей тщательного планирования и координации. Кроме того, быстрые темпы технического прогресса в области искусственного интеллекта требуют постоянного обновления системы и адаптации к новым алгоритмам. Изучение различных типов искусственного интеллекта

Искусственный интеллект (ИИ) включает в себя различные типы, каждый из которых имеет свою уникальную направленность и возможности. Первый тип — это Weak AI, или узкий AI, предназначенный для выполнения конкретных задач, таких как распознавание речи или обработка изображений. Сильный ИИ, называемый общим искусственным интеллектом, стремится воспроизвести человеческий интеллект в разных областях.

Практически в мгновение ока ChatGPT изменил мировое понимание того, как ИИ может анализировать огромные наборы данных и генерировать новые и немедленные идеи в виде простого текста. В управлении проектами подобные инструменты будут использоваться в качестве «ботов» или «виртуальных помощников». Oracle недавно анонсировала нового цифрового помощника по управлению проектами, который обеспечивает мгновенное обновление статуса и помогает пользователям обновлять время и ход выполнения задач с помощью текстовых, голосовых сообщений или чата.

Цифровой помощник учится на прошлых записях, данных планирования проекта и общем контексте, чтобы адаптировать взаимодействие и грамотно собирать важную информацию о проекте. PMOtto — это виртуальный помощник по проектам с поддержкой машинного обучения, который уже используется.

Другие варианты использования иискусственного интеллекта

Искусственный интеллект может быть интегрирован в различные отрасли компании и быть ограниченым рамками необходимыми самой компании. Неоспоримым преимуществом является то что анализируя ошибки искуственный интеллект обучается и строит модели поведения для различных ситуаций. Крупные компании, такие как Netflix Google, Microsoft и другие давно использует алгоритмы рекомендаций, основанные на предпочтениях и поведении пользователей.



Рисунко 3. Зависимость различных технологий
(нейросети находятся в центре зависимости)

Различные маркетплэйсы и даже Starbucks отправляют персонализированные предложения и купоны. Все это доступно сейчас не только для крупных компаний, благодаря облачным сервисам, открытым источникам данных как GitHub и др. алгоритмы машинного обучения могут внедрить и небольшие компании. Каждая третья крупная компания теперь ожидает, что интеграция ИИ не только сократит расходы, но и увеличит доходы в обозримом будущем. Фактически, около 70% от этих компаний уже наблюдают реальное положительное влияние на EBITDA, достигая прироста до 5%.

Можно выделить ряд основных ИТ решений, которые помогут улучшить множество процессов в компании, а именно:

1. Кибербезопасность для защиты ваших активов

Кибербезопасность стала серьезной проблемой для бизнеса. В условиях растущей распространенности киберугроз и утечек данных защита ваших активов должна стать главным приоритетом. Реализация строгих мер кибербезопасности может помочь защитить ваши конфиденциальные данные, интеллектуальную собственность и финансовую информацию от несанкционированного доступа или злонамеренных атак.

Это включает в себя установку межсетевых экранов, использование надежных методов шифрования, регулярное обновление программного обеспечения и систем, а также обучение сотрудников передовым методам обеспечения онлайн-безопасности. Инвестиции в решения кибербезопасности гарантируют целостность и конфиденциальность активов вашего бизнеса, давая вам душевное спокойствие и позволяя вашему бизнесу процветать и безопасно расти.

2. Облачные вычисления для обеспечения беспрепятственного доступа

Облачные вычисления являются важным ИТ-решением для компаний. Благодаря облачным вычислениям данные и приложения хранятся и доступны через Интернет, а не на локальных серверах или персональных компьютерах. Это обеспечивает предприятиям беспрепятственный доступ к своим данным и приложениям из любого места.

Облачные вычисления предлагают множество преимуществ, включая масштабируемость, экономичность и расширенные возможности совместной работы. Используя возможности облачных вычислений, предприятия могут оптимизировать свою деятельность, повысить производительность и способствовать инновациям. Будь то хранение важных документов, хостинг веб-сайтов и приложений или анализ больших данных, облачные вычисления жизненно важны для процветания и роста бизнеса в современном цифровом мире.

3. Решения по автоматизации для оптимизации операций

Решения по автоматизации могут принести значительную пользу бизнесу за счет оптимизации операций и повышения эффективности. Автоматизируя повторяющиеся задачи и процессы, компании могут сэкономить время и ресурсы, позволяя сотрудникам сосредоточиться на более стратегических инициативах. Для различных аспектов бизнес-операций доступны различные решения по автоматизации, такие как системы управления взаимоотношениями с клиентами (CRM), программное обеспечение для управления запасами и инструменты автоматизации рабочих процессов.

Эти решения могут помочь предприятиям оптимизировать операции, уменьшить количество человеческих ошибок и повысить производительность. Внедрение решений по автоматизации может потребовать значительных первоначальных инвестиций. Тем не менее, долгосрочные выгоды от повышения эффективности и потенциала роста заслуживают внимания компаний, стремящихся процветать на современном конкурентном рынке.

4. Планирование ресурсов предприятия (ERP) для повышения операционной эффективности.

Планирование ресурсов предприятия (ERP) — одно из эффективных решений для бизнеса по повышению операционной эффективности. Программное обеспечение ERP объединяет основные бизнес-процессы, такие как финансы, человеческие ресурсы, управление цепочками поставок и управление взаимоотношениями с клиентами, в единую систему. Централизуя данные и автоматизируя рабочие процессы, ERP обеспечивает прозрачность работы всех отделов в режиме реального времени, оптимизирует операции и расширяет возможности принятия решений.

Благодаря таким функциям, как управление запасами, отслеживание заказов и финансовая отчетность, ERP-системы помогают предприятиям оптимизировать распределение ресурсов, сокращать затраты и повышать производительность. Внедрение ERP может обеспечить прочную основу для роста и масштабируемости, позволяя компаниям адаптироваться к меняющейся динамике рынка и оставаться конкурентоспособными в сегодняшней быстро развивающейся бизнес-среде.

5. Виртуальная реальность (VR) и дополненная реальность (AR) для расширенных возможностей

Виртуальная реальность (VR) и дополненная реальность (AR) — это инновационные технологии, которые могут значительно улучшить качество обслуживания как ваших сотрудников, так и клиентов. VR позволяет пользователям погрузиться в полностью захватывающую цифровую среду, а AR накладывает цифровые элементы на реальный мир. Включив эти технологии в свой бизнес, вы сможете создать интерактивный и увлекательный опыт, который поможет привлечь и удержать клиентов, а также улучшить обучение и сотрудничество сотрудников.

Например, в сфере розничной торговли VR может создавать виртуальные выставочные залы, где покупатели могут изучить продукты в реалистичной обстановке перед покупкой. AR может предоставить хирургам в сфере здравоохранения информацию в режиме реального времени во время процедур. Возможности безграничны, и, используя VR и AR, вы сможете оставаться в авангарде технологических достижений и предоставлять передовые решения своим клиентам.

Управление проектами сегодня и путь вперед Ежегодно в проекты инвестируется около $48 трлн. Однако, по данным Standish Group, только 35% проектов считаются успешными. Напрасно потраченные ресурсы и нереализованные выгоды остальных 65% просто поражают воображение. Исследование Gartner показывает, что перемены произойдут скоро: к 2030 году 80% задач по управлению проектами будут выполняться с помощью искусственного интеллекта, основанного на больших данных, машинном обучении (ML) и обработке естественного языка. Несколько исследователей, таких как Поль Будро в его книге «Применение инструментов искусственного интеллекта для управления проектами», а также растущее число стартапов уже разработали алгоритмы для применения искусственного интеллекта и машинного обучения в мире управления проектами.

Одним из наиболее развитых направлений автоматизации управления проектами является управление рисками. Новые приложения используют большие данные и машинное обучение, чтобы помочь руководителям и менеджерам проектов предвидеть риски, которые в противном случае могли бы остаться незамеченными. Эти инструменты уже могут предлагать меры по смягчению последствий, и вскоре они смогут автоматически корректировать планы, чтобы избежать определенных типов рисков.

Подобные подходы вскоре облегчат определение проекта, планирование и отчетность. Эти упражнения теперь отнимают много времени, повторяются и в основном

выполняются вручную. ML, обработка естественного языка и вывод обычного текста приведут к:

Улучшено определение объема проекта за счет автоматизации трудоемкого сбора и анализа пользовательских историй. Эти инструменты выявят потенциальные проблемы, такие как двусмысленности, дублирования, упущения, несоответствия и сложности.

Инструменты для облегчения процессов планирования и составления подробных планов и требований к ресурсам.

Автоматизированная отчетность, которая не только создается с меньшими трудозатратами, но и заменит сегодняшние отчеты, которым зачастую уже несколько недель, данными в реальном времени. Эти инструменты также позволят глубже, чем это возможно в настоящее время, отображать статус проекта, достигнутые выгоды, потенциальные отклонения и настроения команды в ясной и объективной форме.

Обучение алгоритмов ИИ для управления проектами потребует больших объемов данных, связанных с проектом. В вашей организации могут храниться огромные массивы исторических данных по проектам, но они, скорее всего, будут храниться в тысячах документов в различных форматах файлов, разбросанных по разным системам. Информация может быть устаревшей, может использовать другую таксономию или содержать выбросы и пробелы. Примерно 80% времени, затрачиваемого на подготовку алгоритма машинного обучения к использованию, сосредоточено на сборе и очистке данных, которые берут необработанные и неструктурированные данные и преобразуют их в структурированные данные, которые могут обучать модель машинного обучения

Выводы

Внедрение искусственного интеллекта в бизнес-решения и управление становится неотъемлемой частью современной корпоративной стратегии. Этот процесс не только открывает новые возможности для оптимизации процессов и повышения эффективности, но и ставит перед компаниями важные вызовы, связанные с обеспечением безопасности данных, качественного обучения персонала и этических аспектов использования ИИ.

С каждым годом все больше компаний осознают преимущества, которые приносит интеграция искусственного интеллекта в их деятельность. Это позволяет им улучшить качество продукции и услуг, повысить уровень обслуживания клиентов, сократить издержки и оперативно реагировать на изменения рыночной ситуации.

Однако для успешной реализации проектов по интеграции ИИ необходимо учитывать ряд факторов, таких как выбор подходящих технологий, правильное обучение персонала, адекватная оценка рисков и обеспечение соответствия законодательным требованиям в области защиты данных.

Тем не менее, несмотря на эти вызовы, интеграция искусственного интеллекта в бизнес-решения и менеджмент остается ключевым фактором успеха и роста компаний в современном мире. Только те предприятия, которые грамотно используют потенциал ИИ, смогут оставаться конкурентоспособными и успешно развиваться в условиях быстро меняющейся экономической среды. За прошлый год интерес к искусственному интеллекту вырос в два раза, и более 30% компаний в мире уже используют ИИ в своей работе. Ожидается, что к 2026 году 50% ключевых бизнес-процессов будут полностью автоматизированы. Исследование показало, что интерес к бизнес-приложениям и использованию технологий ИИ удвоился в 2023 году, а количество запросов, связанных с приобретением новых знаний и образованием в этой области, выросло на 130%. Наблюдается заметный рост интереса к новым компетенциям и технологиям, связанным с искусственным интеллектом – на 178%. Компании, которые активно использовали ИИ к концу 2023 года, смогли сократить расходы на рутинные маркетинговые и коммуникационные задачи, повысив эффективность своих операций. К 2026 году ожидается, что более 50% основных бизнес-процессов, включая продажи и коммуникации с клиентами, будут автоматизированы с использованием ИИ.

Библиография

[1] Agile Leaders Training Center “Applications of Artificial Intelligence in Operations Management” [Online]. Available: https://www.linkedin.com/pulse/applications-artificial-intelligence-operations/
[2] Stuart Russell and Peter Norvig (1995 – frist edititon) " Artificial intelligence a modern approach" University of California.
[3] Andrzej Wodecki (2020). " Artificial Intelligence in Management"
[4] Modern Trends (2022). " Applications of Artificial Intelligence in Business and Finance."
[5] Двадцатов Р.В, Иванова (2014) " История появления и развития искуссвтенного интеллекта " Academical conference.

SPECTRUL FRECVENȚELOR MODERNE ÎN COMUNICAȚII MOBILE

Victor ZMUNCILĂ

Departamentul Telecomunicații și Sisteme Electronice, grupa IMTC-201,
Facultatea Electronică și Telecomunicații, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Rep. Moldova

*Autorul corespondent: Victor Zmuncilă. victor.zmuncila@tse.utm.md

Îndrumător/coordonator științific: **Roman GRIȚCO**, l. univ, FET UTM

Rezumat. *În acest articol sunt studiate frecvențele utilizate în telecomunicațiile mobile, de la 2G la 5G, unde ele sunt vitale pentru conectivitatea și performanța rețelelor. În cadrul 2G, există două benzi principale: GSM-900 și GSM-1800. Unde GSM-900 oferă acoperire extinsă în zonele rurale, în timp ce GSM-1800 este preferată în mediile urbane pentru viteze de date ridicate. În 3G, UMTS utilizează benzi precum banda 1 (2100 MHz) și banda 5 (850 MHz), B1 având o capacitate mai mare, iar B5 având o acoperire extinsă. În LTE, LTE800 asigură o acoperire bună în zonele rurale, LTE1800 fiind populară global, iar LTE2600 oferă rate de date ridicate, dar cu acoperire limitată. În 5G, FR1 (sub 6 GHz) furnizează acoperire extinsă, în timp ce FR2 (mmWave) oferă rate de date mari. Benzile B7 (2,6 GHz) și B78 (3,5 GHz) sunt obișnuite pentru 5G, dar China explorează și banda de 6 GHz. Aceste frecvențe sunt esențiale pentru evoluția continuă a rețelelor mobile și pentru a răspunde nevoilor diverse ale utilizatorilor într-o lume conectată tot mai bine.*

Cuvinte cheie: *GSM, UMTS, LTE, NR*

Introducere

În lumea în care trăim astăzi, în care comunicarea este la fel de rapidă și esențială precum aerul pe care-l respirăm, spectrul frecvențelor moderne este coloana vertebrală a conectivității noastre. De la telefonie mobilă la internetul wireless, de la televiziune la radiodifuziune, spectrul frecvențelor formează fundația pe care se bazează toate formele de comunicații moderne. În rețelele GSM, benzile de frecvențe B8 (900 MHz) și B3 (1800 MHz) sunt fundamentale pentru transmiterea comunicațiilor de voce și date în cadrul tehnologiei 2G. Trecând la tehnologia 3G, Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) utilizează o gamă variată de frecvențe, incluzând B1 (2100 MHz) și B5 (850 MHz), fiecare aduce avantaje specifice în ceea ce privește capacitatea și acoperirea rețelelor. În LTE (Long-Term Evolution), benzile precum B20 (800 MHz), B3 (1800 MHz), B7 (2600 MHz) sunt esențiale pentru furnizarea de servicii mobile de înaltă calitate. 5G New Radio (NR) operează în două game de frecvență principale, fiecare având avantaje și dezavantaje specifice. Prin analiza detaliată a frecvențelor utilizate în fiecare standard de comunicații mobile, se înțelege mai bine modul în care acestea contribuie la conectivitatea globală și la evoluția tehnologică în domeniul comunicațiilor fără fir.

Frecvențele utilizate în GSM

În rețelele GSM frecvențele utilizate sunt o componentă fundamentală în asigurarea conectivității mobile. Acestea sunt esențiale pentru transmiterea comunicațiilor de voce și date în cadrul tehnologiei 2G. În acest context, GSM-900 și GSM-1800 se evidențiază ca fiind două dintre benzile de frecvență principale.

GSM-900 reprezintă una dintre benzile de frecvență principale în cadrul rețelelor GSM, fiind utilizată pentru transmiterea comunicațiilor de voce și date în cadrul tehnologiei 2G. Datorită capacității sale de a oferi o acoperire extinsă și o bună penetrare a semnalului în interiorul clădirilor și în zonele rurale, GSM-900 este esențială pentru asigurarea conectivității la scară largă. Frecvențele de uplink sunt situate în intervalul 880 - 915 MHz, în timp ce cele de

downlink se încadrează între 925 și 960 MHz, cu un spațiu duplex de 45 MHz. Lățimile de bandă de canal acceptate variază între 0,2 și 10 MHz. GSM-900 utilizează banda de frecvențe B8(900MHz). Această bandă de frecvență este preferată în special în regiunile mai puțin populate și în zonele rurale, furnizând o soluție robustă pentru comunicare.

Pe de altă parte, GSM-1800, cunoscută și sub denumirea de banda B3(1800 MHz) , a fost introdusă pentru a extinde capacitatea rețelelor GSM și pentru a oferi viteze de transfer de date superioare. Cu toate că acoperirea sa este mai restrânsă decât cea a GSM-900, GSM-1800 este eficientă în zonele dens populate. Frecvențele de uplink variază între 1710 și 1785 MHz, în timp ce cele de downlink sunt cuprinse între 1805 și 1880 MHz, cu un spațiu duplex de 95 MHz. Lățimile de bandă de canal acceptate includ intervalul de la 1,4 la 20 MHz. Banda GSM-1800 este preferată în mediile urbane, unde cererea mare de trafic și nevoia de viteze de date ridicate sunt mai pronunțate. Astfel, GSM-1800 reprezintă o soluție adecvată pentru a răspunde necesităților de conectivitate în aceste medii dens populate [1-4].

Frecvențele utilizate în UMTS

UMTS, sau Universal Mobile Telecommunications System, este un standard de rețea mobilă 3G care utilizează diferite benzi de frecvență pentru a furniza servicii de voce și date. Cele mai frecvent utilizate benzi de frecvență UMTS sunt Banda 1 (1920-1980 MHz uplink și 2110-2170 MHz downlink, cunoscută și ca B1 2100 MHz), Banda 2 (1850-1910 MHz uplink și 1930-1990 MHz downlink, cunoscută și sub numele de B2 1900 MHz), Banda 5 (824-849 MHz uplink și 869-894 MHz downlink, cunoscută și sub denumirea de B5 850 MHz) și Banda 8 (link up 880-915 MHz și 925-960 MHz downlink, cunoscută și sub numele de bandă de 900 MHz sau bandă E-GSM).

Banda 1 operează în intervalul de 2100 MHz, în timp ce banda 5 operează în intervalul de 850 MHz. Banda 1 are o lățime de bandă mai mare și poate suporta rate de date mai mari și mai mulți utilizatori, dar are o rază mai scurtă și o pierdere de propagare mai mare. Banda 5 are o lățime de bandă mai mică, poate suporta rate de date mai mici și mai puțini utilizatori, dar are o rază de acțiune mai mare și o pierdere de propagare mai mică.

Banda de 2100 MHz a fost aleasă ca bandă de frecvență UMTS principală în Europa datorită numeroaselor sale beneficii. Era o bandă nouă care nu interfera cu serviciile 2G existente, care foloseau benzile de 900 MHz și 1800 MHz și avea o lățime de bandă mare de 60 MHz, permițând rate și capacitate ridicate de date. În plus, a fost armonizat în majoritatea țărilor din Europa pentru a facilita roaming-ul și interoperabilitatea și a fost aliniat cu recomandarea ITU pentru standardul global IMT-2000, având ca scop crearea unei platforme 3G unificate [5-6].

Frecvențele utilizate în LTE

Una dintre cele mai populare benzi de frecvență pentru implementarea rețelelor LTE este LTE800, cunoscută și sub denumirea de banda 20 (800 MHz). Această bandă este recunoscută pentru capacitatea sa de a oferi acoperire extinsă în medii regionale și rurale, precum și în interiorul clădirilor. Cu un spectru care variază între 791 MHz și 862 MHz pentru downlink și între 832 MHz și 862 MHz pentru uplink, LTE800 oferă un compromis excelent între acoperire și capacitate.

Duplexul spațial de -41 MHz asigură o separare adecvată între canalele de uplink și downlink, în timp ce suportul pentru lățimi de bandă de 5, 10, 15 și 20 MHz oferă flexibilitate în implementare și are o zonă de acoperire de aproximativ 147,40 km². Pe lângă avantajele sale de acoperire, LTE800 beneficiază și de un ecosistem considerabil de dispozitive LTE, făcându-l o opțiune atractivă pentru operatori și utilizatori.

În ceea ce privește banda de frecvență LTE1800, cunoscută și sub denumirea de banda 3, este considerată cea mai populară bandă globală pentru LTE. Cu un spectru cuprins între 1710 MHz și 1785 MHz pentru uplink și între 1805 MHz și 1880 MHz pentru downlink, LTE1800 oferă o capacitate ridicată și o latitudine de bandă suficientă pentru a susține un număr mare de

utilizatori și rate de date ridicate. Această bandă are unul dintre cele mai mari ecosisteme de dispozitive LTE, aproximativ 65% dintre dispozitivele LTE fiind compatibile cu spectrul de bandă 3. Implementările LTE1800 reprezintă mai mult de 48% din toate rețelele LTE la nivel global, ceea ce demonstrează popularitatea și eficacitatea acestei benzi de frecvență.

O altă bandă de frecvență importantă pentru LTE este LTE2600, cunoscută și sub denumirea de banda 7. Cu un spectru cuprins între 2500 MHz și 2570 MHz pentru uplink și între 2620 MHz și 2690 MHz pentru downlink, LTE2600 oferă o lățime de bandă considerabilă și suport pentru rate de date extrem de ridicate.

Cu toate acestea, cu toate avantajele sale în ceea ce privește capacitatea și performanța, LTE2600 poate să nu ofere acoperirea extinsă pe care o oferă alte benzi de frecvență, cum ar fi LTE800 sau LTE1800. De asemenea, ecosistemul de dispozitive pentru LTE2600 poate să nu fie la fel de extins ca în cazul altor benzi de frecvență, ceea ce poate influența decizia operatorilor în ceea ce privește implementarea [7-12].

Frecvențele utilizate în 5G (NR)

5G New Radio (NR), cea mai recentă generație de tehnologie de comunicații fără fir, operează în două game de frecvență principale: Frecvency Range 1 (FR1) și Frecvency Range 2 (FR2). FR1 include frecvențele sub 6 GHz, unele dintre acestea fiind deja utilizate în mod tradițional de către standardele anterioare. În schimb, FR2 cuprinde frecvențe de unde milimetrice (mmWave), între 24,25 GHz și 71,0 GHz. Alegerea intervalului de frecvență este crucială, având un impact semnificativ asupra acoperirii, capacității și performanței rețelei.

Benzile de frecvență inferioară (FR1) oferă o acoperire mai extinsă și o penetrare mai bună prin obstacole, însă lățimea lor de bandă este limitată. În contrast, benzile de frecvență mai înalte (FR2) furnizează lățimi de bandă mai mari, ceea ce duce la rate de date mai mari, dar au o acoperire mai restrânsă și sunt mai susceptibile la atenuarea semnalului.

Spectrul de bandă cuprins între 1 GHz și 6 GHz este considerat ideal pentru 5G, datorită capacității sale de a transporta o mare cantitate de date pe distanțe semnificative. GSMA identifică intervalul de la 3,3 GHz la 3,8 GHz ca fiind ideal pentru 5G, fiind deja desemnat pentru această tehnologie în multe țări din întreaga lume.

De obicei, frecvențele medii din benzile B7 (2,6 GHz) și B78 (3,5 GHz) sunt utilizate pentru implementările 5G. Cu toate acestea, există și excepții notabile, cum ar fi China, care s-a concentrat pe utilizarea benzii de 6 GHz pentru a răspunde cerințelor crescute ale tehnologiei 5G [13-14].

Concluzii

Frecvențele utilizate în comunicațiile moderne sunt esențiale pentru asigurarea conectivității și pentru furnizarea serviciilor de voce și date către utilizatori. În cadrul tehnologiei 2G, benzile de frecvență GSM-900 și GSM-1800 reprezintă principalele benzi, fiecare având avantaje distincte în funcție de necesități și mediu. De exemplu, GSM-900 oferă o acoperire mai extinsă și o bună penetrare în interiorul clădirilor și în zonele rurale, în timp ce GSM-1800 este eficientă în medii dens populate și oferă viteze de date mai mari.

În ceea ce privește tehnologia 3G, UMTS utilizează o varietate de benzi de frecvență, cu Banda 1 (2100 MHz) fiind una dintre cele mai importante datorită capacității sale de a susține rate de date mari și interoperabilității la nivel global.

Pentru LTE, banda LTE800 oferă o acoperire extinsă și este preferată în medii regionale și rurale, în timp ce banda LTE1800 este cea mai populară global și susține rate de date ridicate, fiind preferată în mediile urbane. Pe de altă parte, banda LTE2600 oferă o capacitate și performanță excelente, dar poate avea o acoperire mai limitată și un ecosistem de dispozitive mai restrâns.

În ceea ce privește 5G, tehnologia NR operează în două game de frecvență principale, FR1 și FR2, fiecare având avantaje și dezavantaje specifice. FR1, cu frecvențe sub 6 GHz, oferă o acoperire mai extinsă, în timp ce FR2, cu frecvențe de unde milimetrice, furnizează lățimi de bandă mai mari pentru rate de date superioare.

Referințe

[1] "HB Radiofrequency technologies" [Online]. Available: https://halberdbastion.com/technology/cellular/4g-lte/lte-frequency-bands/b8-900-mhz
[2] "TechTarget" [Online]. Available: https://www.techtarget.com/searchmobilecomputing/definition/GSM
[3] "Wikipedia" [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/GSM_frequency_bands#:~:text=GSM%2D900%2C%20EGSM%2FEGSM%2D900%20and%20GSM%2D1800,GSM%2D900%20and&text=In%20common%20GSM%2D900%20is,Cellular%20Syste m%22%20(DCS)
[4] "Medium" [Online]. Available: https://medium.com/@bintorosoft/a-beginners-guide-to-gsm- frequency-bands-and-how-they-work-bb20fb9ae5b9
[5] "HB Radiofrequency technologies" [Online]. Available: https://halberdbastion.com/technology/cellular/3g-umts/umts-frequency-bands/b1-2100mhz
[6] "electronics-notes" [Online]. Available: https://www.electronics-notes.com/articles/connectivity/3g-umts/frequency-bands-channels-uarfcn.php
[7] "everything RF" [Online]. Available: https://www.everythingrf.com/community/lte-frequency-bands
[8] P. M. SAINJU "LTE performance analysis on 800 and 1800 MHz bands" [Online]. Available: https://core.ac.uk/download/pdf/196554158.pdf
[9] "HB Radiofrequency technologies" [Online]. Available: https://halberdbastion.com/technology/cellular/4g-lte/lte-frequency-bands/b20-800-mhz
[10] "Wikipedia" [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/LTE_frequency_bands
[11] "Sierra Wireless" [Online]. Available: https://www.gsma.com/spectrum/wp-content/uploads/2012/03/whitepapersierrawirelesslte1800.pdf
[12] "HB Radiofrequency technologies" [Online]. Available: https://halberdbastion.com/technology/cellular/4g-lte/lte-frequency-bands/b38-2600-mhz
[13] "Nokia" [Online]. Available: https://www.nokia.com/thought-leadership/articles/spectrum-bands-5g-world/#:~:text=Mid%2Dband%20spectrum%20(1%20GHz,already%20designated%20it%20for%205G
[14] "HB Radiofrequency technologies" [Online]. Available: https://halberdbastion.com/technology/cellular/5g-nr/5g-frequency-bands/n78-3500-mhz

SECŢIA ENERGETICĂ ȘI INGINERIE ELECTRICĂ
SECTION OF ENERGETICS AND ELECTRICAL ENGINEERING

SUBSECŢIA ENERGETICĂ
ENERGETICS SUBSECTION

ANALIZA CONSUMULUI ENERGETIC AL REPUBLICII MOLDOVA ÎN ANUL 2022

Iulian ROTARI[1*], Corina DIACOV[2]

[1]*Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea Energetică și Inginerie Electrică,*
Departamentul Energetică, Chișinău, Republica Moldova
[2]*Universitatea Națională de Știință și Tehnologie POLITEHNICA BUCUREȘTI, Facultatea Energetică*

*Autorul corespondent: Iulian Rotari, iulian.rotari@ee.utm.md

Îndrumătorul **Ion STRATAN**, *dr., prof. univ.,*
Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea Energetică și Inginerie Electrică,
Departamentul Energetică, Chișinău, Republica Moldova

Rezumat *Consumul de resurse energetice pentru anul 2022 al Republicii Moldova prezintă un interes sporit din cauza situației de criza energetică aferentă conflictului din Ucraina și a altor decizii și acțiuni ce au rezultat după. Totodată, structura consumului energetic în dependență de resursele primare și în profil teritorial este de actualitate maximă în contextul promovării eficienței energetice și elaborării foilor de parcurs cât și a planurilor naționale pentru energie și climă.*

Cuvinte cheie*: resurse energetice, consum final de energie, profil teritorial.*

Introducere

Republica Moldova este slab înzestrată cu resurse energetice pe bază de combustibili fosili și depinde foarte mult de energia importată, sub formă de gaze naturale, produse petroliere și energie electrică. Aproape 70% din consumul final de energie, 1.861 ktoe din totalul de 2.719 ktoe, se importă [1]. Acest fapt pune în pericol securitatea energetică a țării mai ales luând în considerare situația actuală prezentă din Ucraina.

Majoritatea absolută a acestui volum de resurse energetice este importată în Moldova din țările vecine. În ceea ce privește produsele petroliere, acestea sunt în principal importate din România, Rusia, Belarus, Bulgaria, Grecia și Turcia. Pentru gazele naturale, aceasta a fost mult timp Rusia, dar după noile provocări geopolitice din Europa de Est, Moldova își transformă treptat piața energetică în conformitate cu modelul european. În prezent, Moldova este teoretic complet independentă în domeniul importurilor directe de gaze naturale și energie electrică din Rusia. Cu toate acestea, această independență ar trebui tratată cu acuratețe, deoarece Moldova este încă dependentă de energia electrică de la centrala termo-electrică de la Cuciurgan - o centrală electrică situată în regiunea separatistă Transnistria, care generează energie în principal din gaze naturale furnizate de Gazprom [1].

1. Structura consumului de resurse energetice

În Republica Moldova, în 2022, consumul rezidențial a reprezentat aproximativ 44% din consumul final de energie, urmat de sectorul transporturilor cu 31%, comerțul cu 10%, industria și construcțiile cu 9% și agricultura, silvicultura și creșterea animalelor cu 6% [1].

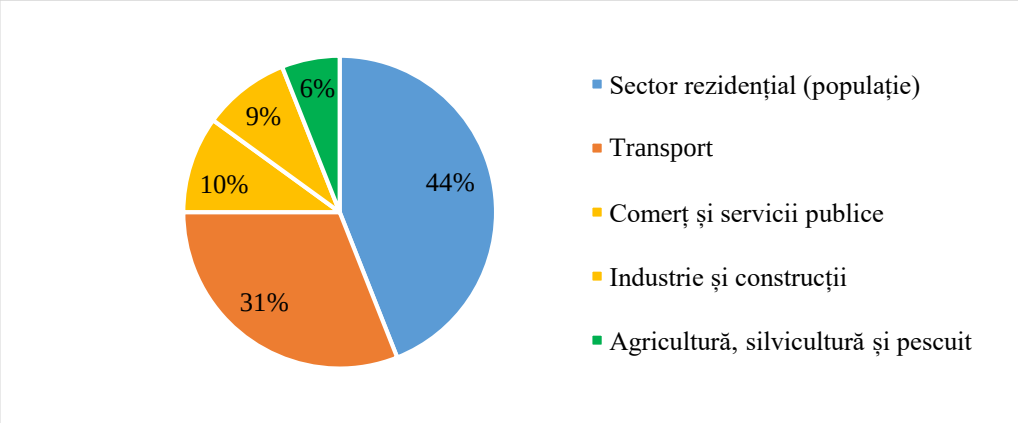


Figura 1. Consumul final de energie în dependență de sector în anul 2022

Sectorul rezidențial are cea mai mare pondere în consumul total de energie din Moldova (44%), reprezentând până la 97% din consumul total de biomasă din Moldova (în principal sub formă de lemn de foc menționat mai sus), aproximativ 63% din consumul total de gaze naturale, 60% din consumul total de cărbune, 43% din consumul total de energie electrică și 56% din consumul total de energie termică. În ceea ce privește energia electrică, Moldova se situează cu mult peste media europeană de 30%, cu o cotă de 43% din consumul de energie electrică atribuită sectorului casnic.

Sectorul transporturilor se află pe locul al doilea, cu 31%. Transportul terestru reprezintă aproximativ 74% din consumul total al țării de produse petroliere (sub formă de motorină și benzină), transportul aerian (sub formă de combustibil pentru avioane) 5%, iar restul este consumat de gospodării (cu excepția scopurilor de transport) și de transportul feroviar. În ceea ce privește consumul de energie electrică în sectorul transporturilor, din cauza ponderii mici a vehiculelor electrice și lipsei căii ferate electrificate, acest sector consumă doar 1,1% din energia electrică a țării pe an [1] [3].

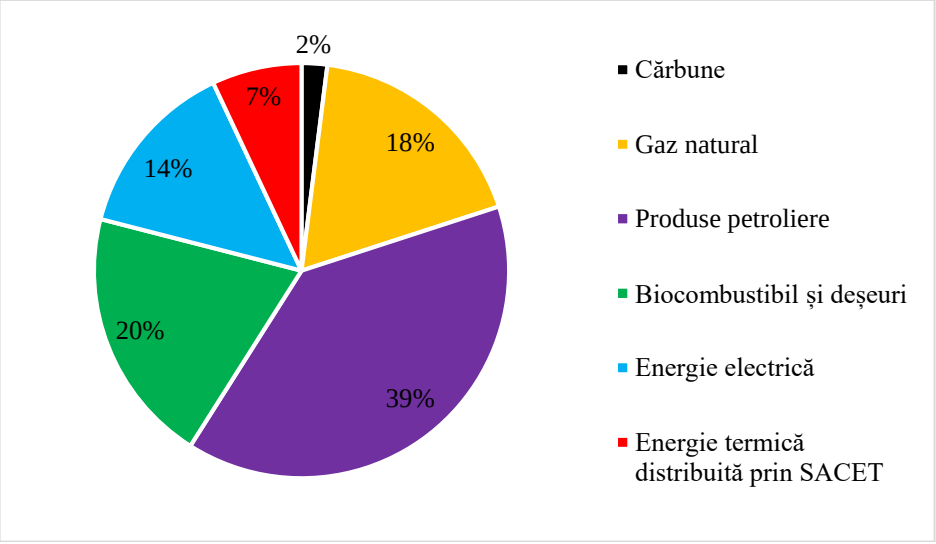


Figura 2. Structura consumul final energetic pe tip de resursă energetică în anul 2022

În 2022, cea mai mare parte a resurselor consumate au fost produse petroliere, în special în sectorul rezidențial și în transporturi. Produsele petroliere sunt urmate de biocombustibili și deșeuri, deoarece această secțiune conține și lemn de foc, deșeuri agricole utilizate pentru producerea de energie termică. Urmează gazele naturale utilizate atât pentru producerea energiei

termice, cât și pentru producerea de energie electrică prin cogenerare în centralele termice din Bălți gestionate de compania "CET-NORD" cu o capacitate de 37 MW, CET-1 și CET-2 gestionate de S.A. "Termoelectrica" cu o capacitate instalată de 66 și respectiv 240 MW. Celelalte poziții sunt ocupate de energia electrică și termică produsă în sisteme centralizate de energie termică, iar ultima poziție este ocupată de cărbunele utilizat în principal în sectorul rezidențial, comerț și agricultură, dar mai puțin în industrie [2].

2. Structura consumului de resurse energetice în profil teritorial

Având în vedere că 44% din consumul final de energie se datorează sectorului rezidențial, este important de menționat că 26% din populația totală de 2,603 milioane de locuitori locuiește în Chișinău (capitala Republicii Moldova), iar alți 28% se află în regiunea centrală a țării. Regiunea de Nord a țării reprezintă 27%, în timp ce regiunea de Sud și Autoritatea Administrativă Teritorială Găgăuzia reprezintă 14% și, respectiv, 5% [5].

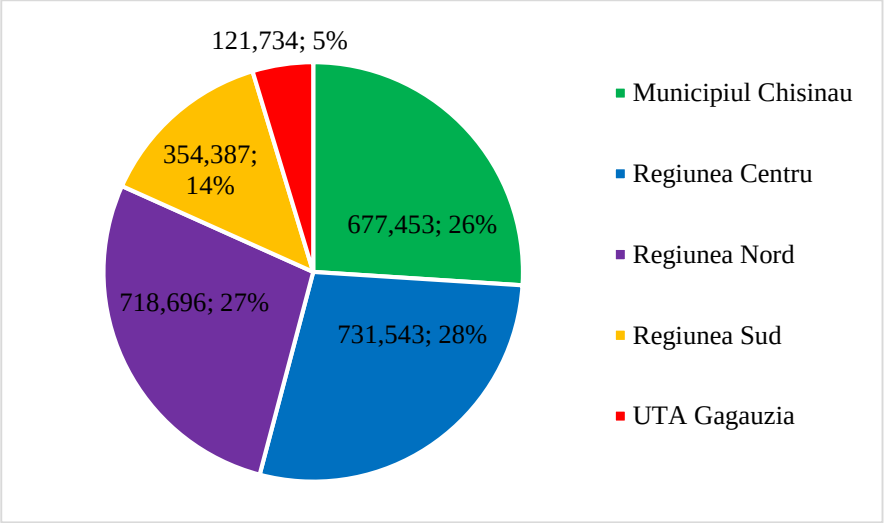


Figura 3. Distribuția populației Republicii Moldova în profil teritorial în anul de referință 2022

În conformitate cu Fig. 3, distribuția populației și a companiilor private este preponderent în partea centrală a țării și în special în orașul Chișinău, ceea ce explică de ce majoritatea consumului de resurse energetice (energie electrică, termică, produse petroliere, biomasă, gaze naturale) se află în zona centrală.

Din datele analizate și prelucrate se poate observa că consumul în sectorul Centru depășește consumul de resurse din sectoarele Nord și Sud luate împreună. În sectorul Centru, orașul Chișinău și suburbiile sale sunt urmate de raionul Rezina, unde sunt amplasate mai multe întreprinderi, inclusiv fabrica de ciment Lafarge, ceea ce explică consumul mult mai mare de energie electrică în sectorul non-casnic. În același timp, Rezina se află la granița Republicii Moldova cu Transnistria, și anume orașul Râbnița, ceea ce facilitează exporturile datorită acestei poziții [1].

În partea de nord a țării, consumul maxim este localizat în Bălți (al doilea oraș ca mărime din Moldova), unde locuiește cea mai mare parte a populației din partea de Nord a țării, dar și datorită existenței zonei economice libere și a circa 6806 întreprinderi, inclusiv unele fabrici mari din industria auto, cum ar fi DRÄXLMAIER, ICS "GG Cables & Wires EE" SRL. Din punct de vedere al consumului de energie, Bălți este urmat de raionul Edineț.

În sud, lider este Unitatea Administrativ Teritorială Găgăuză (o regiune autonomă din 1995) situată în sud-vestul Republicii Moldova, locuită în principal de găgăuzi, un popor turcofon apropiat cultural de turci, dar de credință creștină ortodoxă, care este susținut de Turcia și Rusia. În același timp, UTA Găgăuzia este urmată de raionul Cahul.

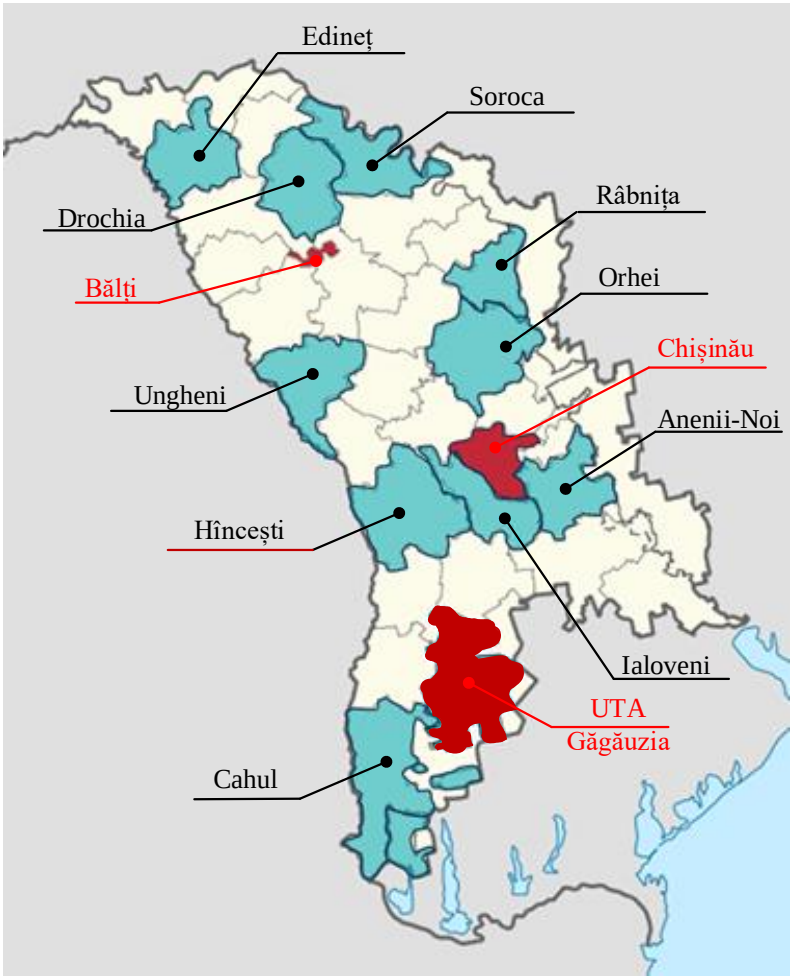


Figura 4. Reprezentarea grafică a regiunilor care contribuie în mod semnificativ la consumul de energie electrică și termică

În conformitate cu Fig. 4 în partea de Nord a țării cel mai mare consum de energie electrică și termică se atestă în Municipiul Bălți, raioanele Edineț, Soroca și Drochia. În Zona Centru evident că cel mai mare volum de energie electrică și termică este consumat de municipiul Chișinău urmat de Rezina, Orhei, Ungheni, Anenii-Noi, Ialoveni și Hîncești. Zona Sud atestă cel mai mare consum de resurse energetice de către UTA Găgăuzia și de raionul Cahul [1][4].

Concluzii:

Pentru majoritatea absolută a consumului său de produse petroliere, energie electrică și gaze naturale, Republica Moldova depinde de importurile din străinătate, indirect, în principal din Rusia (importuri de gaze naturale pentru centrala electrică din Transnistria, care produce 78% din energia electrică a Republicii Moldova).

Până la 57% din consumul final energetic al Moldovei este constituit din resurse energetice convenționale (petrol și gaze). În cazul producției locale de energie electrică și termică, aceste resurse reprezintă până la 88,5%. Sursele regenerabile de energie reprezintă 21,5% din consumul total de energie al Moldovei. În cazul producției de energie electrică și termică, această pondere este de numai 12%, iar în cazul energiei electrice numai 7,1% [5].

Sectorul rezidențial are cea mai mare pondere în consumul total de energie finală din Moldova (44%), reprezentând până la 97% din consumul total de biomasă din Moldova (în principal sub formă de lemn de foc), aproximativ 63% din consumul total de gaze naturale, 60% din consumul total de cărbune, 43% din consumul total de energie electrică și 56% din consumul

total de energie termică. Pe locul doi se află sectorul transporturilor (cu o cotă de 31%), iar pe locul trei se află sectorul public (cu 10%).

Cel mai mare consum de energie electrică este înregistrat la Chișinău, cu o pondere de 54,6%, iar la Bălți cu o pondere de 6,1%.

Articolul a fost scris în cadrul SubProgramului Instituțional MoSiTed pentru anul 2024 (Centrul de cercetare ”Energie Plus”).

Mulțumiri. Sunt acordate sincere mulțumiri coordonatorului, profesorului universitar, doctor în științe tehnice, Stratan Ion pentru ghidarea în cadrul scrierii lucrării. Totodată, sunt acordate sincere mulțumiri profesorului universitar, doctor habilitat în științe tehnice domnului Arion Valentin pentru tot suportul teoretic și practic, pentru stabilirea direcțiilor corecte și stabilirea autenticității temei și actualității temei alese.

Referințe

Culegere statistică

[1] *Balanța energetică a Republicii Moldova*, edițiile 2007-2023, ISBN 978-9975-53-418-5, pp. 70.

Studii de analiză aprofundată

[2] Manuel von Mettenheim, Carolin Busch. *Electricity Monitor Moldova.* In: Berlin/Chisinau, June 2022, pp. 15.

[3] International Energy Agency, *Moldova 2022 Energy Policy Review*, pp. 186.

Pagini web

[4] TABLOUL GENERAL privind producerea energiei din surse regenerabile. Disponibil: Agenția pentru Eficiență Energetică (aee.md)

[5] Populația Republici Moldova. Date statistice. Disponibil: Populația (gov.md)

PYTHON – A MODERN ENGINEERING TOOL

Dmitrii CRISTEV

Departamentul Energetică, grupa IME-211, Facultatea de Energetică si Inginerie electrică,
Universitatea Tehnica a Republicii Moldova, Chisinău, Republica Moldova

Scientific coordinator: **Corina Guțu-Chetrușca**, univ. lect., Dr.

Abstract. *This work focuses on the world's trend towards automation and computerization, emphasizing the importance of acquiring programming skills. It explores why Python is the ideal language for engineers to delve into programming, and examines its applications in various engineering-related fields such as data analysis, fluid mechanics, and others.*

Keywords: *STEM occupations, python as a tool, NumPy, SciPy, Python approach, Python at university.*

Introduction

The world is striving for digital innovation and automation, that way it is expected, that programming will be a valuable skill in the workplace. The report "STEM Occupations: Past, Present and Future" (2017) (STEM: Science, Technology, Engineering, Math) provided by U.S Bureau of labor statistics confirms, that there is a tendency for computer related occupations. The Fig. 1 shows that more than 30% of STEM employment in USA in 2015 were computer occupations. Or it can be seen at the Fig. 2, that most of projected new jobs from 2014 to 2024 will be again computer related. So, to get a prestigious job in the 21th century it is very important to know programming language, or at least to have some understanding in it. If a person has a chance to learn a programming language it is good time to start and the best one to enter the world of computers and automation is the Python [1].

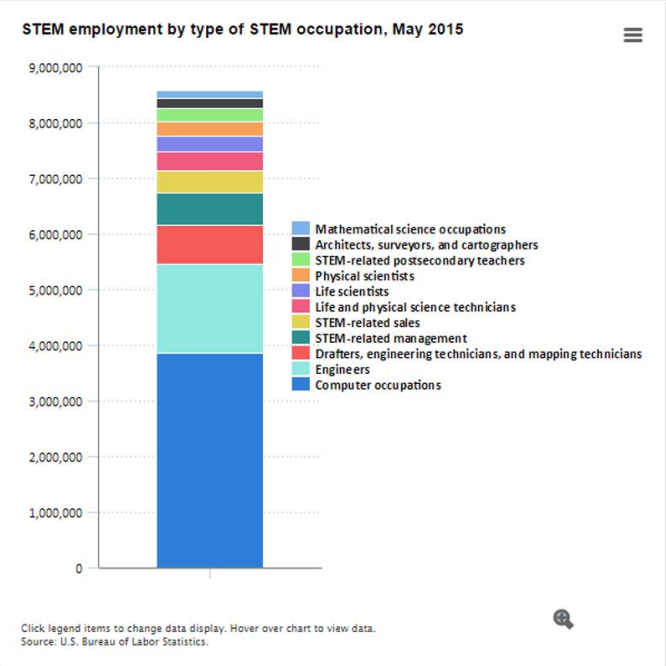


Figure 1. STEM employment by type of STEM occupation, May 2015, USA

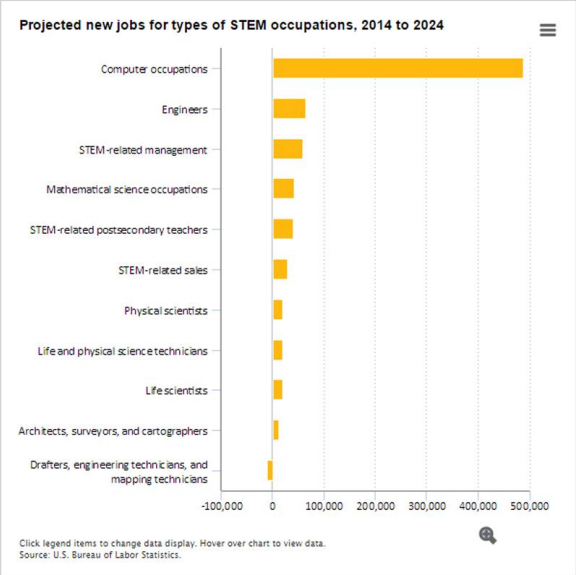


Figure 2. Projected new jobs of STEM occupations, 2014 to 2024, USA

What is Python

Python is a computer programming language often used to build websites and software, automate tasks, and conduct data analysis. Python is a general-purpose language, meaning it can be used to create a variety of different programs and isn't specialized for any specific problems. This versatility, along with its beginner-friendliness, has made it one of the most-used programming languages today [2].

Why Python is the best language to start?

After a comparison, it can be seen that for the same output, code, written in Python is much simpler and more readable for a human, so it takes several weeks to get some basic, not 2-3 month like in Java. It is one of the most significant advantages of the Python see Fig. 3, [3].

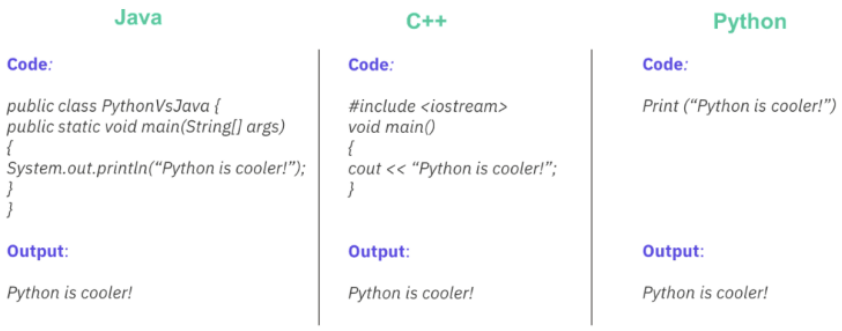


Figure 3. Code in different programming languages for similar output

Python is used everywhere, in areas like web development, data science, AI, scientific research and more. There are some big companies which are still using python like, Google. Peter Norwig, Engineering Director at Google has said that:

"Python has been an important part of Google since the beginning, and remains so as the system grows and evolves. Today dozens of Google engineers use Python, and we are looking for more people with skills in this language" [4].

Cuong Do, Software Architect, YouTube.com noticed:

"Python is fast enough for our site and allows us to produce maintainable features in record times, with a minimum of developers" [4].

Another advantage of the Python, it is very popular among developers. Survey, with about 88 thousand participants, made by STATISTA in 2023, shows that more than 49% of respondents used Python during their work. So, there are plenty of tutorials of Python available see Fig. 4, [3].

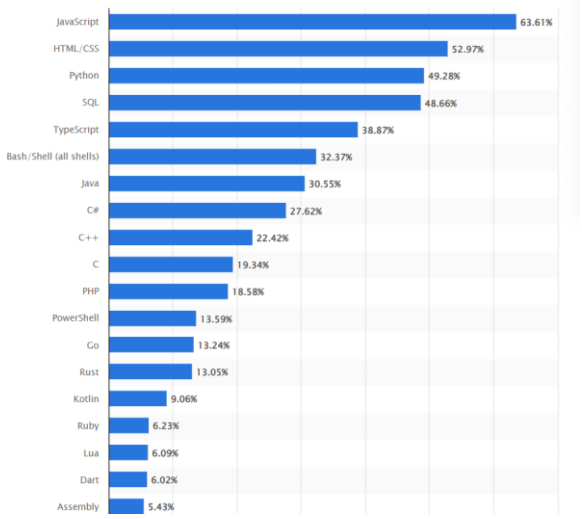


Figure 4. Most used programming languages among developers worldwide as of 2023

Python, as a tool for engineers

But there is a question appearing, “How can engineers use the Python?”, “Why should they be interested in learning this language?”. It is considered that mechanical, power and thermal power engineers work with real world things, like machines, cables, tubes, motors and generators, so they are usually avoiding programming. But the world is changing really fast, and there is a necessity to solve real problems as effective as possible, that is why programming is becoming a valuable skill for any kind of engineers to work smarter and faster instead of harder, and they often choose Python, as a tool, not other programming languages.

Python has a lot of library, like NumPy and SciPy, that can help to analyze huge amounts of data, for example, from thousands of sensors and machines at facility. That is very hard to do in Excel because the amount of data in facility is too big. Also, there are Python libraries, which help to visualize data: different kind of graphs. For instance, this is a scatter plot with multiple colors made using library Seaborn, in Python see Fig. 5, or another one, HeatMap again in Seaborn, with colors and values see Fig. 5 [6].

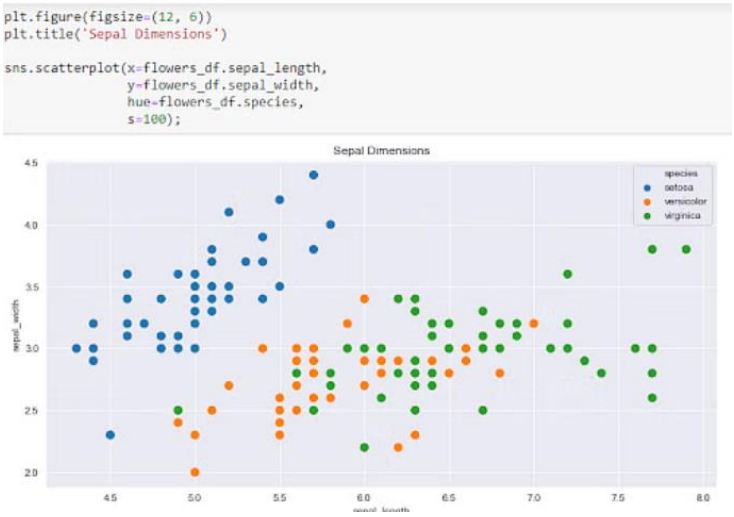


Figure 5. Scatter plot with multiple colors

```
plt.title("No. of Passengers (1000s)")
sns.heatmap(flights_df, fmt="d", annot=True, cmap='Blues')
```

```
<matplotlib.axes._subplots.AxesSubplot at 0x2054c2dc850>
```

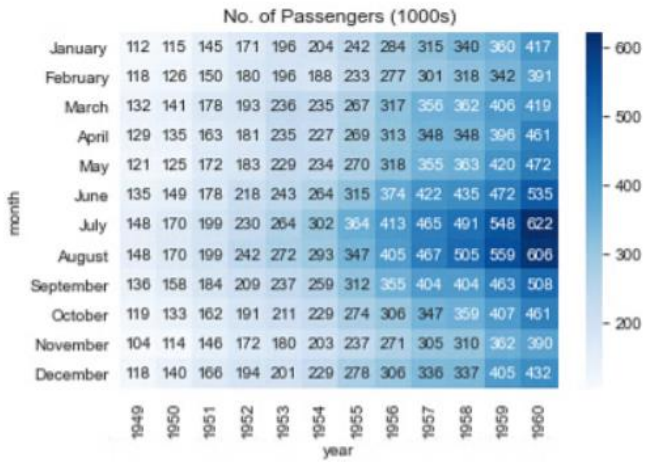


Figure 6. Plotting heat map with values

Python is very useful in computational fluid dynamics, for instance by using modules PyCFD, TESPy and others mentioned before to solve First law thermodynamics equations, partial, differential equations or Navier-Stokes equations. For instance, this is an example of solving First Law Thermodynamics problem. By putting Cp, Pressures and temperature to the input, the quantity of heat and difference in internal energy can be obtained, see Fig. 7 [7], [8].

Example 5: The heat capacity at a constant pressure of a certain system is a function of temperature only and may be expressed as

$$C_p = 2.093 + \frac{41.87}{t + 100} J/^{\circ}C$$

where is the temperature of the system in C. The system is heated while it is maintained at a pressure of 1 atmosphere until its volume increases from 2000 to 2400 cm^3 and its temperature increases from 0°C to 100°C [1].

(a) How much does the internal energy of the system increase?

(b) Find the magnitude of heat interaction.

Solution: The methodology will be to make functions of c_v and then supply the expressions to it. Then integrate() function is used to integrate it within limits to obtain Q. Then pressure and volumes are entered, and as Q is known, then ΔU can be evaluated easily by Eq. (5).

CODE	OUTPUT

`from sympy import*`
`from sympy.abc import*`
`Cp = Function(T)`
`Cp= input('enter the Cp as a function of T')`
`Q=float(integrate(Cp,(T,0,100)))`
`P= float(input('enter the pressure : '))`
`V1= float(input('enter the V1: '))`
`V2= float(input('enter the V2: '))`
`W= float(P*(V2-V1))`
`ΔU=Q-W`
`print("Q = ",round(Q,3))`
`print("ΔU = ",round(ΔU,3))`
	`enter the Cp as a function of T2.093+41.87/(T+100)`
	`enter the pressure : 101325`
	`enter the V1: 0.002`
	`enter the V2: 0.0024`
	`Q = 238.322`
	`ΔU = 197.792`

Figure 7. Example of solving the First Law Thermodynamics problem, Python approach

For a person it is much easier to understand something if it is animated and visualized and the module FlowPy can do that, [9]:

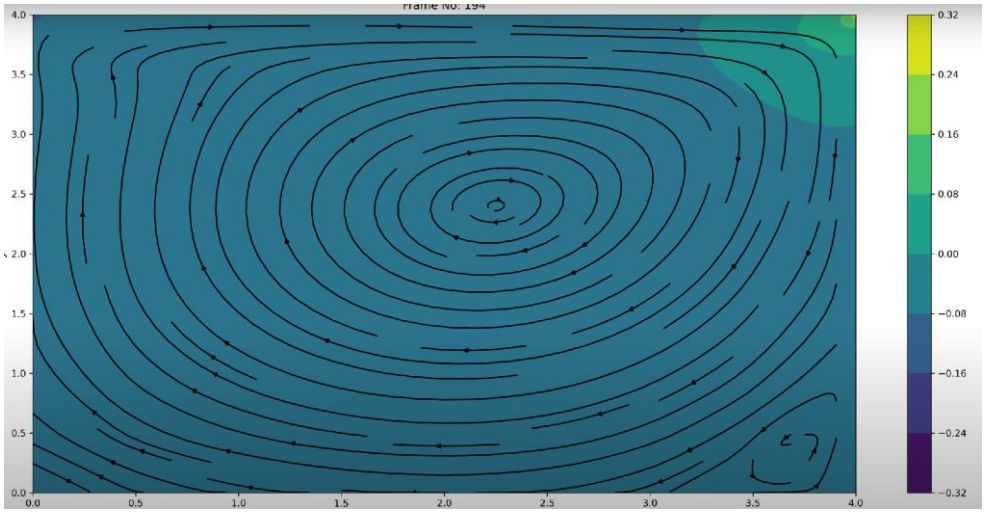


Figure 8. Lid cavity test benchmark using FlowPy

Python, as a university subject

Every year python becomes more popular. Some universities noticed that, that why they applied Python courses for all engineering programs. for instance, Middle East Technical University, the best technical university of Turkey has the course "Programming with Python for Engineers" and 1027 students in METU got it last semester, [10].

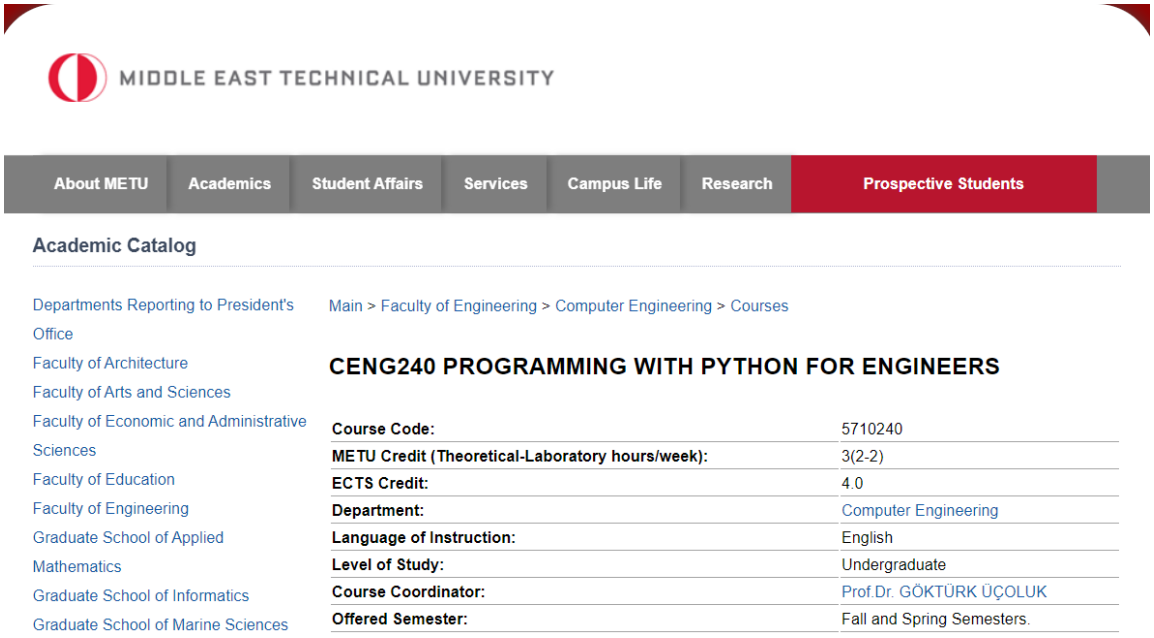


Figure 9. Programming with Python for Engineers course in Middle East Technical University

Conclusion

Digitalization is a trend of modern development of the world, that is why programming becomes important, not only for programmers, but for all kinds of jobs, especially, for engineering ones. To follow the world's trend, engineering students should be offered some programming subjects, especially, Python. It is simple, modern, useful in calculations and students can enter the world of programming through comfortable and easy path.

References:

[1] S. Fayer, A. Lacey & A. Watson, *STEM Occupations: Past, Present, And Future.* U.S Bureau of Labor Statistics, 2017. Available: *https://www.bls.gov/spotlight/2017/science-technology-engineering-and-mathematics-stem-occupations-past-present-and-future/pdf/science-technology-engineering-and-mathematics-stem-occupations-past-present-and-future.pdf*

[2] "COURSERA." [Online], *What Is Python Used For? A Beginner's Guide.* Available: https://www.coursera.org/articles/what-is-python-used-for-a-beginners-guide-to-using-python

[3] "Codeop." [Online], *Reasons Why Python is the Easiest Coding Language to Learn First.* Available: *https://codeop.tech/5-reasons-why-python-is-the-easiest-coding-language-to-learn-first/#:~:text=It%20uses%20English-like%20words,language%20in%20a%20shorter%20time*.

[4] "Python[tm]" [Online], *Quotes about Python.* Available: *https://www.python.org/about/quotes/#:~: text="Python%20has%20been%20an%20important,search%20quality%20at%20Google%2C%20Inc*.

[5] "Statista." [Online], *Most used programming languages among developers worldwide as of 2023*, Available: https://www.statista.com/statistics/793628/worldwide-developer-survey-most-used-languages/

[6] "SIMPLiLEARN." [Online], *A Complete Guide to Data Visualization in Python With Libraries & More.* Available: https://www.simplilearn.com/tutorials/python-tutorial/data-visualization-in-python#what_is_data_visualization

[7] "IoT for All." [Online], *The Power of Python: A Must-Have Tool for Mechanical Engineers.* Available: https://www.iotforall.com/the-power-of-python-a-must-have-tool-for-mechanical-engineers

[8] "ResearchGate." [Online], *First Law of Thermodynamics for Closed System: A Python Approach.* Available: https://www.researchgate.net/publication/364329343_First_Law_of_Thermodynamics_for_Closed_System_A_Python_Approach

[9] Gaurav Deshmukh, *Lid Cavity Test Benchmark using FlowPy.* Available: https://www.youtube.com/watch?v=OZg_CP_UCJI&list=PPSV

[10] "Middle East Technical University" [Online], *CENG240 PROGRAMMING WITH PYTHON FOR ENGINEERS.* Available: https://catalog.metu.edu.tr/course.php?course_code=5710240

NUCLEAR FUSION – UNLIMITED GREEN POWER

Andrian PORCESCU

Department of Foreign Languages, Group EE-231, Faculty of Energetics and Electrical Engineering, Technical University of Moldova, Chișinău, Republic of Moldova

Corresponding author: Porcescu Andrian, andrian.porcescu@en.utm.md

Coordinator: **Ala JECHIU**, university assistant, Department of Foreign Languages, TUM

Abstract. *The power of stars, driven by nuclear fusion, holds immense potential for addressing our energy needs. Fusion involves small atoms combining into larger ones, releasing substantial energy. This process, occurring in stars like our Sun, powers Earth's weather, and water cycle, and sustains flora and fauna. Fusion's energy source lies in the mass of particles, particularly the binding energy of atoms. Comparing different elements, the fusion of small elements surpasses the energy potential of fission in heavy atoms. Practical fusion processes, like combining deuterium and tritium, yield helium and spare neutrons, releasing substantial energy. Despite technological challenges, researchers aim to replicate star-like conditions on Earth, requiring temperatures exceeding 100 million degrees Celsius. Promising technologies include torus-shaped tokamak reactors. Achieving sustained fusion for net power production remains a crucial milestone. Fusion's advantages include abundant fuel sources like deuterium from seawater, minimal greenhouse gas emissions, and no significant radioactive waste, making it a promising green energy solution. While challenges persist, fusion's potential as a clean and abundant energy source fuels ongoing research, offering a transformative solution for the future.*

Keywords*: nuclear fusion, reactor, deuterium, tritium, helium, neutron.*

Introduction

The dazzling stars that light up the night sky are colossal fusion reactors. Within their fiery hearts, tiny atoms merge into bigger ones, releasing tremendous energy that fuels the universe. This unimaginable power source is exactly what we aim to recreate on Earth. Imagine a world free from energy limitations, a future where a clean and abundant source powers our civilization's progress.

Unlike nuclear fission, which splits atoms, stars rely on fusion, a process where atoms combine. This reaction generates the light we perceive as sunlight, driving our planet's weather patterns, water cycle, and sustaining all life forms. By harnessing this stellar power on Earth, we can eliminate energy scarcity and usher in a new era of human advancement.

1. The Nuclear Fusion Reactor

Nuclear fusion reactors are complex machines designed to replicate the process that powers stars like our warm Sun. They aim to achieve this by heating a gas, called plasma, to incredibly high temperatures (approximately 100 million degrees Celsius). This hot plasma is then confined using powerful magnetic fields, forcing the nuclei of light elements like deuterium and tritium to fuse together. When fusion occurs, a tiny amount of mass is converted into a tremendous amount of energy according to Einstein's equation $E=mc^2$. However, achieving sustained fusion and extracting usable energy remains a significant challenge. Researchers are actively developing two main approaches: tokamaks, shown in Fig. 1., which use the magnetic field generated by the plasma itself, and stellarators, which employ more complex magnetic coil configurations, Fig.2.

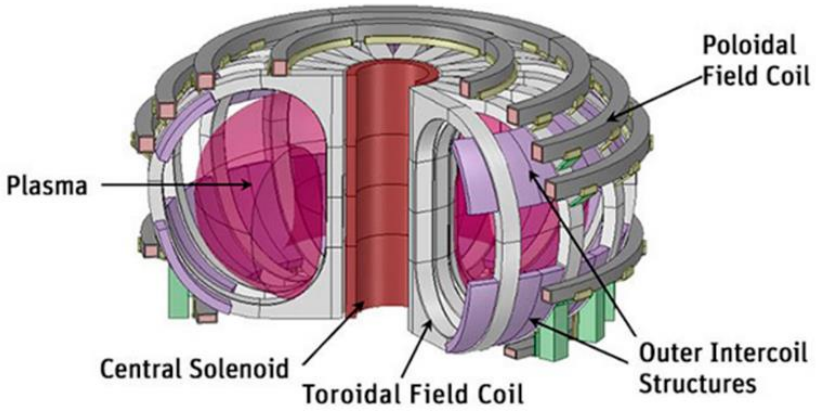


Figure 1. Tokamak [7]

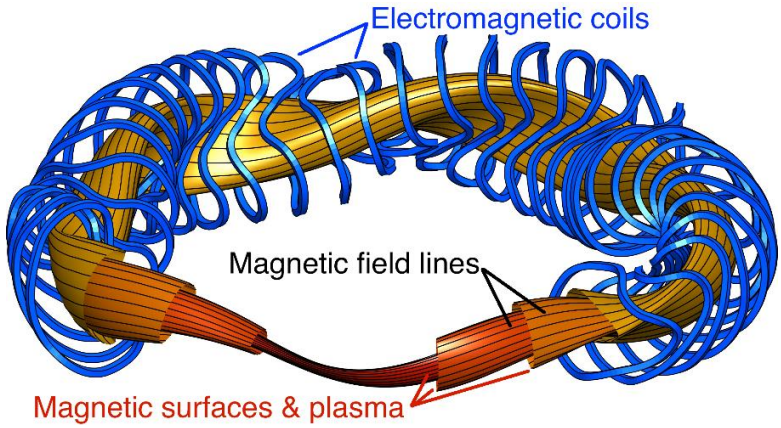


Figure 2. Stellarator [8]

2 International Thermonuclear Experimental Reactor

The International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER) aims to harness the power of nuclear fusion to generate energy. At its core is a machine known as a tokamak, shown in Fig.1, a concept conceived by Soviet scientists in the 1950s. A tokamak is a doughnut-shaped structure containing powerful superconducting magnets both internally and externally. The principle involves creating a hot plasma, the fourth state of matter, by combining two isotopes of hydrogen - deuterium (^2_1H) and tritium (^3_1H). This plasma, suspended within the tokamak by the magnets, reaches extreme temperatures where fusion reactions occur, converting hydrogen isotopes into helium and releasing excess energy in the form of heat. This heat, if effectively captured, can be utilized to generate vast quantities of electricity [4].

The ITER reactor is designed to operate for pulses, not continuously. These pulses can last between 400 and 600 seconds. So, ITER wouldn't be "on" for thousands of seconds at a time, but rather cycle through these operational periods.

3. Fusion reaction

Deuterium and tritium fuse to form helium-4 and a neutron releasing energy in the process. Atomic masses of these isotopes and particles are shown in Tab.1. A deuterium nucleus (one proton and one neutron) collides with a tritium nucleus (one proton and two neutrons) at a

sufficiently high energy. The nuclei combine to form an excited intermediate nucleus of helium-5 (two protons and three neutrons). The intermediate helium-5 nucleus rapidly decays into helium-4 (two protons and two neutrons) and a free neutron Fig. 3 [1, 2, 6].

The total mass of the reactants (deuterium + tritium) is greater than the total mass of the products (helium-4 + neutron). The difference in mass is converted into energy in the form of gamma radiation and kinetic energy of the neutron and the helium-4 nucleus [1, 6].

Table 1

The atomic masses of reactants and byproducts in fusion reaction [2, 6]

Isotopes of hydrogen and particles	Atomic masses (atomic units)
Deuterium (isotope with 1 proton and 1 neutron)	2.01410 a. u.
Tritium (isotope with 1 proton and 2 neutrons)	3.01605 a. u.
Helium (alpha particle with 2 protons and 2 neutrons)	4.00260 a. u.
Neutron (subatomic particle)	1.00886 a. u.

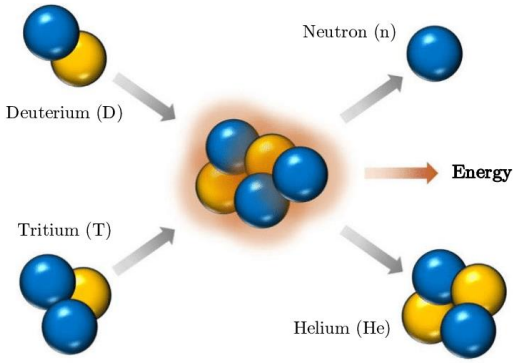


Figure 3. Fusion reaction [6]

4. Benefits and Environmental Impact

Fusion reactors burn a very different fuel compared to traditional power plants(coal, natural gases, uranium and others). The primary fuel for fusion is deuterium, a readily available isotope of hydrogen extracted from seawater. Tritium, another hydrogen isotope, is also needed but can be bred within the reactor itself or obtained from lithium, another widespread element. The fuel sources are abundant and could provide energy for thousands of years. Unlike fossil fuels or uranium used in fission reactors, fusion does not produce greenhouse gases or long-lived radioactive waste. The byproduct of the reaction is helium, an inert gas. This clean burning process makes fusion a highly attractive option for sustainable energy production with minimal environmental impact [3, 5].

5. Challenges

Scientists need to accomplish and maintain fusion for extended periods to produce usable energy. As I said earlier fusion requires temperatures exceeding 100 million degrees Celsius, which is hotter than the Sun's core, and can turn any material we know into a gas. Containing and controlling such hot plasma is extremely difficult. Building and operating fusion reactors is currently very expensive. Moreover, this type of reactor consumes more energy than it produces, because the reactor needs energy to work properly. The economic feasibility of fusion power needs to be established before widespread adoption can occur [5].

Conclusion

While a milestone in temperature is good news for fusion, for net power to be produced, this heat needs to be sustained for long periods. It's a goal well worth pursuing. Compared with the uranium needed for fission, the fuel for fusion is much easier to collect. The hydrogen isotope deuterium can be extracted from seawater using hydrolysis. Tritium is another isotope of hydrogen with two neutrons and one proton. It's much harder to find on Earth, but could still be made by bombarding lithium with neutrons or separated from water in a heavy water-cooled reactor. Either way, the end product of fusion is helium that can cause no damage. No greenhouse gases or radioactive waste are produced, making fusion an appealing choice in green power. Therefore, nuclear fusion reactors aim to unlock a clean and sustainable energy source. By achieving controlled fusion and eventually reaching a net energy gain, these reactors have the potential to revolutionize how we generate power. Theoretical calculations suggest efficiencies of around 30-40%, similar to conventional power plants. Future advancements could potentially push efficiencies higher, possibly exceeding 50%.

Reference:

[1] Nuclear Fusion by L.J. Reinders. [online]. [accessed 01.03.2024]. Available: What is Nuclear Fusion? | SpringerLink
[2] "Isotopes of Hydrogen" [online]. [accessed 05.03.2024]. Available: The Isotopes of Hydrogen (lbl.gov)
[3] "The environmental and economic case for fusion energy" by The International Energy Agency (2019) [online]. [accessed 03.03.2024]. Available: Fusion power – Technology collaboration - IEA
[4] "ITER: The Big Experiment" by International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER) Organization [online]. [accessed 06.03.2024]. Available: The Organization (iter.org)
[5] "Challenges and Opportunities for Fusion Energy" by Fusion Energy Council: [online]. [accessed 02.03.2024]. Available: Fusion Energy: Potentially Transformative Technology Still Faces Fundamental Challenges | U.S. GAO
[6] Nuclear Fusion reactions. [online]. [accessed 03.03.2024]. Available: DOE Explains...Nuclear Fusion Reactions | Department of Energy
[7] Tokamak design. [online]. [accessed 05.03.2024]. Available: Designing Nuclear Fusion Reactors with Simulation | Ansys
[8] Stellarator design. [online]. [accessed 05.03.2024]. Available: Stellarator - Wikipedia

HARNESSING CHEAP SOLAR ENERGY THROUGH THE USE OF CONCENTRATED SOLAR POWER

Iulian PATRAȘCU

Department of Foreign Languages, group IME-231, Faculty of Energetics and Electrical Engineering, Technical University Of Moldova, Chișinău, Republic of Moldova

Corresponding author: Iulian Patrașcu, iulian.patrascu@en.utm.md

Coordinator: Ala JECHIU, university assistant, Department of Foreign Languages, TUM

Abstract. *Energy is a very important component for our country's economy. If we manage to produce energy at an economically advantageous price, moreover, in a renewable and ecological way, we will be able to extensively develop the country's economy and become important players in world markets. Thus, a technology that shows promise in completing this role is Concentrated Solar Power. This differs from the classic solar energy collection technology in that it collects thermal energy. That allows us to directly supply consumers with this type of energy, which substitutes burning fuel, but also offers different storage possibilities, which are cheaper to build compared to electricity storage. This article explores current technologies and how they can be applied in the context of Rep. Moldova to fulfill the proposed goal: the production of cheap, green and renewable energy.*

Keywords: *heat energy storage, heat transfer liquid, line-focusing systems, sensible heat*

Introduction

Energy is an essential part of current civilization. Modern life would not be possible without the power plants that now bring light into our homes. But now is the time to find alternative solutions to the ways used in the past. More than that, the Republic of Moldova needs a new energy sector that can support a future growing industry. Thus, Concentrated Solar Power (CSP) is proposed to be a way to build and balance a renewable energy industry, having the ability to effectively replace industrial processes that still need combustion to generate heat, by compensating this source with thermal energy from the sun but also offers an efficient energy storage solution for long-term or short-term keeping, solving one of the biggest problems of solar panels and wind farms, namely the production of energy only in certain parts of the day. A typical system would follow the scheme in Fig. 1, and each compartment will be discussed individually in the current paper.

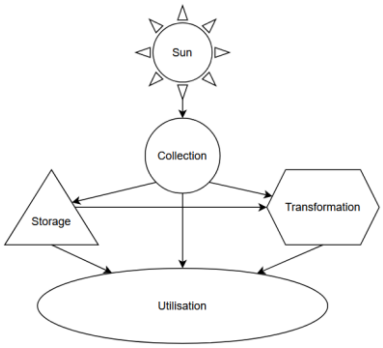


Figure 1. A typical CSP system

Energy collection

Thermal energy harvesting technologies are diverse and quite developed. To begin with, the most common solar energy collection systems are water-based collectors. They are mainly used for domestic water or home heating. Due to the fact that they use water as a transport liquid, the maximum temperatures reached can only be 100 °C. Instead, Concentrated Solar Power (CSP) provides higher working temperatures, up to 600 °C and more advantages than the previous technology. This consists in focusing the solar energy either in a line, or in a point, for the production of energy.

Line focusing systems, such as linear Fresnel reflector systems, use long, laterally positioned mirrors to focus solar radiation into a tube-shaped receiver positioned along the focusing line. This tube contains a liquid with the help of which the collected energy will be transported to the consumer or will be used to produce steam that will drive a turbine. Systems with parabolic mirrors work in a similar way, with the help of a curved mirror, the light is reflected on a receiver that is on the focusing line of the curved mirror [1,2].

Table 1

Key Takeaways of Concentrated Solar Power Technologies[1]

Technology	**Linear Parabolic Systems**	**Linear Fresnel Reflectors**	**Dish-Stirling Systems**	**Solar Tower Systems**
Capacity range [MW]	10–250	5–250	0.01–1	10–100
Capacity installed [MW]	4800 (1200 under construction)	20 (10 under construction)	Several prototypes	1200 (300 under construction and 1300 under development)
Annual solar to electric efficiency (%)	14–16	8–10	16–29	20–35
Concentration ratio	70–90	35–170	<3000	200–1000
Land use factor (%)	25–40	60–80	20–25	20–25
Development status	Commercially proven	Recently commercial	Prototype tests	Semi-commercial
Benefits	Proven reliability and durability. Simple design of optical systems that also guarantee acceptable concentration ratios. Possibility of assimilating commercial CSP systems to parabolic collectors that use oil as the HTF to other types of industrial plants, thus taking advantage of existing industrial supply chains	High concentration ratio. Simple structure. Direct steam generation proven	Highest concentration ratio. High modularity and high efficiency of the power cycle. Low level of land occupation. Wide range of applications.	Very high concentration ratio. High efficiency of power cycle and potential options for powering gas turbines and combined cycles
Drawbacks	Limited HTF temperature.	Lower optical efficiency as compared to other CSP technologies. Storage for direct steam generation is still in the R&D stage	Not commercially proven. High cost related to the complex design and components. Difficulty of integration with TES	High installation and maintenance costs

Point focusing systems, including those using Stirling engines and tower systems, concentrate solar energy into a single point or small area. Stirling engine systems use a parabolic mirror to focus all the solar radiation on the engine's hot chamber and a cooling system to dissipate the heat from the cold chamber. Thus, thanks to the laws of thermodynamic processes, a higher efficiency is obtained. Then this rotational energy is converted into electrical energy by methods already known for a long time. Solar tower systems are made up of several reflectors that direct solar radiation to a receiver positioned in the middle above a tower. It absorbs the energy, transmits it to the transport liquid, which in turn will generate steam that will turn a turbine [1,2]. A recent study [3], analyzed the performance and costs of a solar tower based on a supercritical carbon dioxide Brayton cycle. They found a thermal efficiency of 46.66%, much higher than traditional steam-based operating methods and a cost of approximately $0.1046 per kilowatt-hour (kWh). The discoveries made are promising and prove that Concentrated Solar Power can be a cheaper source of energy than the photovoltaic panels used today.

In the context of Rep. Moldova, according to the data observed in the Tab. 1, it may be advised to use the technology of focusing in line, either with the help of Fresnel Reflectors or Parabolic Mirrors, because of their greater potential due to their commercially proven status. Moreover, their modular nature contribute to the possibility of building a small, experimental installation, which can be extended in the future in a fully-fledged plant, capable of producing hundreds of MW of thermal energy. Another key point is the land needed for this technology to be effective. The line focusing technology holds an advantage here too, because it is not needed for all of the mirrors to be adjacent to one another, thus giving us the option of avoiding unavailable land. This is also one of the cheapest options to implement and in the future it is advisable to explore ways in which the price of this technology can be reduced further, either by increasing efficiency or using low cost materials.

Energy Storage

To make this technology cost-effective, an inexpensive method of storing this energy overnight, or even for 2-3 cloudy days, is needed to ensure continuous energy supply to consumers. As the most common sense solution to this problem is the storage of energy also in thermal form without its transition into electrical or mechanical energy, since the conversion between one type and another takes place with energy losses and also, the methods of storing those energies are not at the necessary level of development to justify further research towards such a solution. It follows, therefore, that we should focus on thermal energy storage technologies, where we can distinguish several options, which are divided into 3 large categories, sensible heat, latent heat and thermochemical Fig. 2 [4].

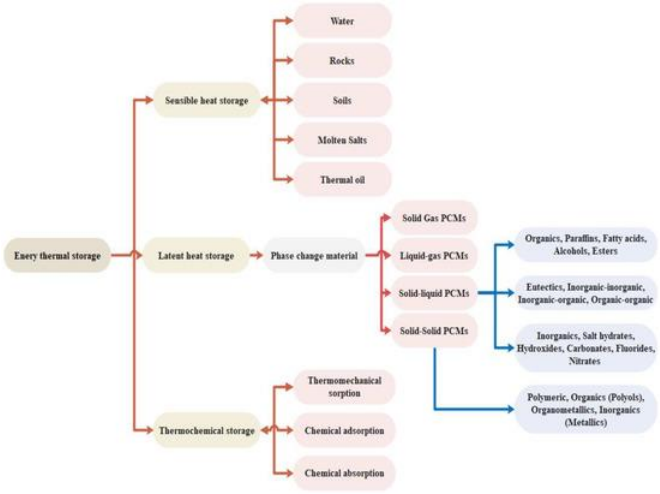


Figure 2. Thermal storage methods and materials that are commonly used

All three offer promising perspectives, but following the principles of cost and accessibility, it is advisable to use and investigate sensible heat technology, as it gives us the opportunity to use cheap materials that are found in considerable quantities, such as cement, sand, gravel, etc., we find a lower technological complexity of implementation compared to other choices and the stored energy is easier to access and use compared to latent heat and thermochemical, as it doesn't imply any process. Moreover, studies in these directions are very optimistic, such as a recent study, published in *Engineering proceedings* where slag and concrete were compared for thermal energy storage for medium or high temperature applications. Below Tab. 2, which shows the thermal properties of these materials [5].

Table 2

Thermal properties of heat storage materials as a function of temperature [5]

Temperature (K)	Density (kg/cm^3)	Specific Heat Capacity (J·g^{-1}·K^{-1})	Thermal Conductivity (w/m K)
		Concrete	
673	2750	0.916	5.00
		Slag	
295	3610	0.717	1.84
373	3610	0.717	1.84
573	3610	0.911	1.80
773	3610	0.975	1.78

From this it can be seen that concrete is an excellent material for such application. Given the relatively low cost, it is one of the most brilliant methods discovered so far. Another fact that confirms the viability of this method of storage is the fact that MIT engineers are exploring the possibility of building a storage system of up to 100 GWh, which uses gravel as a thermal energy storage medium [6]. Such a system would be able, fully loaded, to provide all of Moldova with energy for days. As can be seen, the problem of thermal energy storage can be solved with a low cost and in an economically profitable manner. Moreover, thanks to the advantages offered by massive systems, where the surface-to-volume ratio is small, the prospect of batteries that will be able to store the energy collected in summer until winter is realistic. All these data do nothing but contribute to the statement that sensible heat is the way forward for a balanced and long term thermal energy production and storage system.

Heat Transfer Liquid

To transport energy for storage or use, it is necessary to find the best liquid to fulfill this function. Currently, the 2 technologies competing for this title are thermal oils and molten salts. In the aforementioned article [6] a comparison is made between these 2 methods, one of the most important conclusions being the fact that oils are preferable when we have systems with a temperature up to 400 °C and salts are better for systems up to 600 °C. In the context of Republic of Moldova it may be more optimal to choose thermal oils as an energy transfer liquid, because the climate we are in doesn't have a huge solar potential, such as the Mediterranean region or Australia, but also because the use of thermal oil gives us the opportunity to exploit the thermal energy of low temperatures, in opposition with molten salts, which become solid at lower temperatures, perfect for the applications that will be mentioned in the next section.

Methods of using the energy generated

After establishing the ways of collecting, storing and transporting this type of energy, it is also necessary to highlight the ways through which this energy can be used to the maximum. Thus, we can draw attention to the use of thermal energy in a steam turbine to generate electricity during times when other renewable energy sources are not producing anything. It can also be used in industry (desalination, deshidratation, cooking, chemical processing), which

consumes up to 35% of the world's energy production, of which, on average, 30% of the thermal energy consumed is up to 150 °C, 22% between 150 °C and up to 400 °C and the remaining 48% is above 400 °C [7]. This evidence shows a preference for thermal oil at the disadvantage of molten salt, since in this way we can also ensure the low temperature thermal needs of the industry. More than that, it is expected that the concrete data on the consumption of thermal energy in the Republic of Moldova will further favor the lower temperatures, since high temperatures can be found more often in the heavy, metallurgical industry, which does not occupy a significant part of the local economy. On the other hand, for electrical energy generation high temperatures are needed for high efficiency. A special synergy can be achieved by combining a turbine, which uses the thermal energy of high temperatures, so that the remaining energy can then be used to heat a nearby greenhouse. This type of technology is now used in Sundrop CSP, Australia, and other CSP facilities can be found all over the globe, some of them are shown in Tab. 3.

Table 3

Concentrated Solar Power Facilities Around the World [8]

Name	Location	Technology	Nominal Capacity
City of Medicine Hat ISCC Project	Medicine Hat, Canada	ISCC, Trough	1.1 MW
Atacama I / Cerro Dominador 110MW CSP + 100MW PV	Calama Antofagasta, Chile	Power Tower	110 MW
Aalborg CSP-Brønderslev CSP with ORC project	Brønderslev North Jutland, Denmark	Biomass-Hybrid, Trough	5.5 MW
Sundrop CSP Project	Port Augusta South Australia, Australia	Power Tower	1.5 MW
Liddell Power Station	Liddell New South Wales, Australia	Linear Fresnel	3 MW
Shams 1	Madinat Zayed Abu Dhabi, United Arab Emirates	Parabolic Trough	100 MW
Noor Energy 1 / DEWA IV - 100MW tower segment	Dubai Dubai, United Arab Emirates	Power Tower	100 MW
Noor Energy 1 / DEWA IV 3x 200MW trough segment	Dubai Dubai, United Arab Emirates	Parabolic Trough	600 MW
ISCC Kuraymat	Kuraymat, Egypt	ISCC, Trough	20 MW
Ilanga I	UpingtonbZF Mgcawu District Municipality Northern Cape, South Africa	Parabolic Trough	100 MW

Conclusions

Following this analysis, of the perspectives of solar thermal power plants in Moldova, we can see that it represents a cost-effective alternative, compared to other solar technologies, which comes to balance energy production throughout the year and day, having a wide application in the entire industrial field. A renewable energy generation system that will include this technology will be more stable in the face of weather changes, but also more independent from non-renewable energy resources, currently needed for the operation of industry and electricity production. Moreover, the economic profitability will ensure the benefit of the initial investments for the development of this new branch of the energy industry of the Republic of Moldova.

References

[1] Palladino V, Di Somma M, Cancro C, Gaggioli W, De Lucia M, D'Auria M, Lanchi M, Bassetti F, Bevilacqua C, Cardamone S, et al. Innovative Industrial Solutions for Improving the Technical/Economic Competitiveness of Concentrated Solar Power. Energies. 2024; 17(2):360. https://doi.org/10.3390/en17020360

[2] Hasan MM, Hossain S, Mofijur M, Kabir Z, Badruddin IA, Yunus Khan TM, Jassim E. Harnessing Solar Power: A Review of Photovoltaic Innovations, Solar Thermal Systems, and the Dawn of Energy Storage Solutions. Energies. 2023; 16(18):6456. https://doi.org/10.3390/en16186456

[3] Liu, Y.; Wang, Y.; Zhang, Y.; Hu, S. Design and performance analysis of compressed CO_2 energy storage of a solar power tower generation system based on the S-CO_2 Brayton cycle. Energy Convers. Manag. 2021, 249, 114856.

[4] Radouane N. A Comprehensive Review of Composite Phase Change Materials (cPCMs) for Thermal Management Applications, Including Manufacturing Processes, Performance, and Applications. Energies. 2022; 15(21):8271. https://doi.org/10.3390/en15218271

[5] Saleem Y, Sajid J, Ahmed N. The Thermal Analysis of a Sensible Heat Thermal Energy Storage System Using Circular-Shaped Slag and Concrete for Medium- to High-Temperature Applications. Engineering Proceedings. 2021; 12(1):99. https://doi.org/10.3390/engproc2021012099

[6] Charles Forsberg, Ali S. Aljefri; 100-Gigawatt-hour crushed-rock heat storage for CSP and nuclear. AIP Conference Proceedings 12 May 2022; 2445 (1): 160006. https://doi.org/10.1063/5.0085684

[7] Laveet K., M. Hasanuzzaman, N.A. Rahim, Global advancement of solar thermal energy technologies for industrial process heat and its future prospects: A review, Energy Conversion and Management, Volume 195, 2019, Pages 885-908, ISSN 0196-8904, https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.05.081. (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890419306363)

[8] „Concentrating Solar Power Projects"[Online]. Available: https://solarpaces.nrel.gov/

CARBON CAPTURE AND STORAGE

Nicolae RUSU

Department of Foreign Languages, group EE-231, Faculty of Energy and Electrical Engineering, Technical University of Moldova, Chișinău, Republic of Moldova

Corresponding author: Rusu Nicolae, nicolae.rusu@en.utm.md

Coordinator: **Ala JECHIU**, univ. as., Department of Foreign Languages, TUM

Abstract. *Carbon capture and storage (CCS) is a rapid growing technology, a way of reducing carbon emissions, and could be the key to battle global warming. Being developed and improved upon over the years, it has proved that it is an effective way to keep carbon dioxide (CO_2) away from the atmosphere, unlike other methods of creating "clean energy" like solar and wind that simply reduce our dependency on fossil fuels. CCS is based on the fact that it does not let CO_2 reach the atmosphere but instead it is used as a siphon to store it underground under layers of hard rock. With a track record of capturing a significant portion of CO_2 emissions, CCS offers a promising path forward, overall having a promising future and a lot of investors to be a part of this system as research continues to strive. CCS is playing a significant role in achieving the most efficient net-zero emission machine and for us to have a cleaner future.*

Key-words*: atmosphere, net zero, greenhouse gases, clean air, emissions.*

Introduction

Climate change is one of the biggest and most complex issue facing society today. All of human activities at the moment collectively each year put about 50 billion tons of carbon dioxide up into the atmosphere. The Earth's atmosphere is accumulating carbon dioxide, a heat-trapping gas that is causing the planet's temperature to rise, as shown in Fig. 1. To limit global temperature rises and associated climatic effects we all need to rapidly decrease the amount of greenhouse gas that we release into the atmosphere. It's much easier to keep a unit of carbon dioxide out of the atmosphere than it is to try to retrieve it once it's already there. As global demand for energy is increasing and the challenge is to meet this demand while reducing our carbon footprint, a part of the solution involves Carbon Capture and Storage (CCS) [1-3].

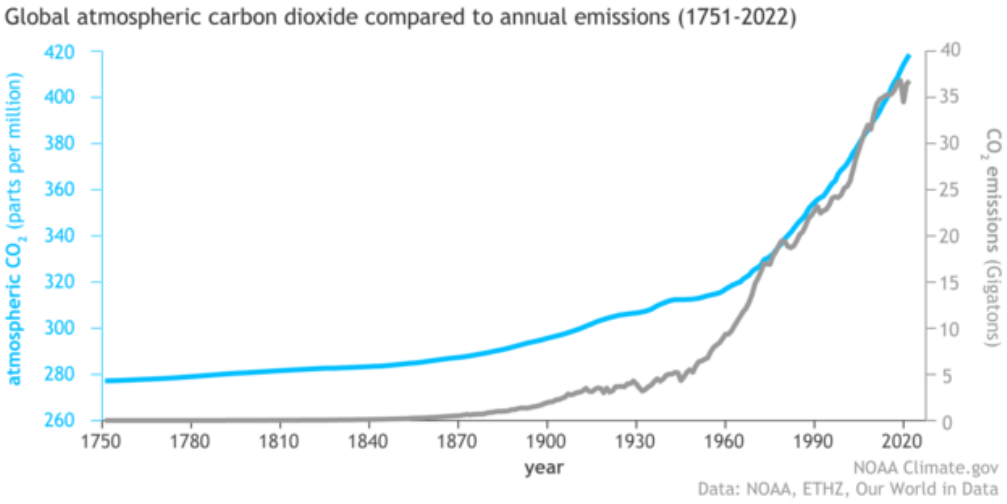


Figure 1. Atmospheric carbon dioxide [7]

1. The process of carbon capturing

Carbon capture is a process in which a stream of separated, pressurized, and liquified CO_2 is transported to long-term storage located underground into a layer of rock filled with pares and locked in under many layers of rock. Mainly there are three ways carbon dioxide is captured and stored underground: Pre-combustion, Post-combustion, and Oxy-combustion; but the most used type is post-combustion because it is the most cost-efficient, and can be retrofitted to older plants [4-5].

Post-combustion technologies, shown in Fig. 2, can be divided into multiple methods according to the type of process. The most used is the "Absorption solvent-based" method, which uses chemical absorption that relies on a reaction between carbon dioxide and amine (a compound that contains a basic nitrogen atom with a lone pair). The most used solvents are diethanolamine and alkanolamine, they absorb the CO_2 then separate from the amine and pressurize to turn CO_2 into a liquid [5].

Pre-combustion capture, shown in Fig. 3, avoids completely burning the fuel. Instead, it partially converts it into a mixture of hydrogen and carbon monoxide (synthetic gas) by gasification. Then it uses a water-gas displacement reaction to produce pure CO_2 and hydrogen. This method is very effective in capturing CO_2 due to its high concentration in the synthesis gas before combustion [5].

Oxycombustion burns fuel in pure oxygen instead of air, resulting in combustion gases with mainly CO_2 and water vapor. This simplifies CO_2 capture compared to other methods.

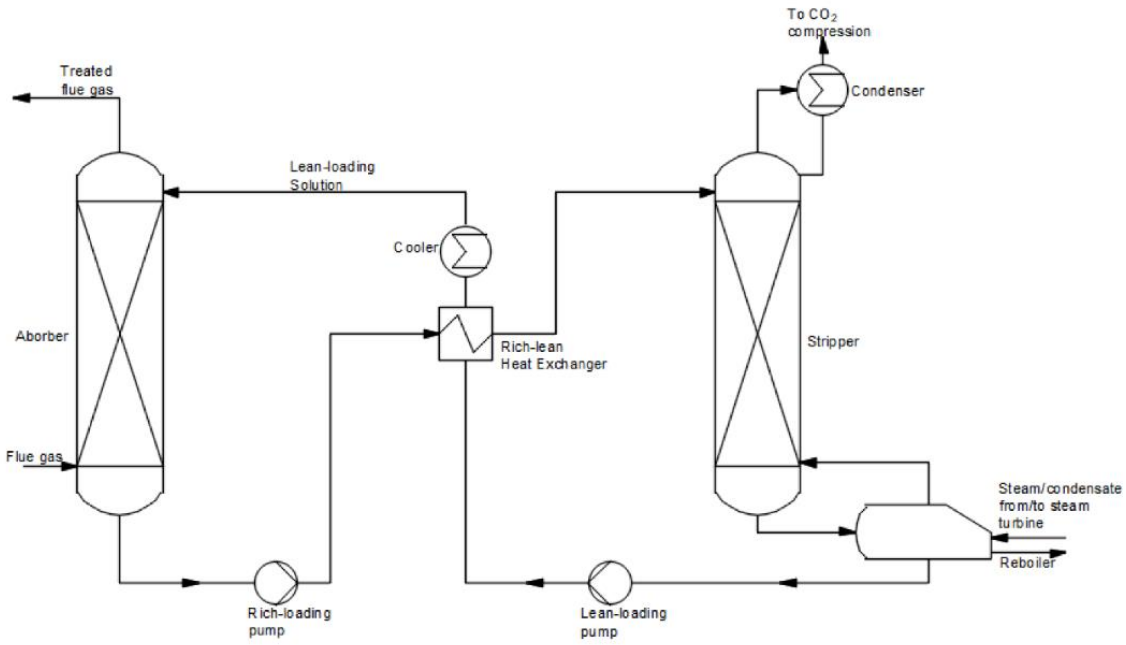


Figure 2. Post-combustion capture [5]

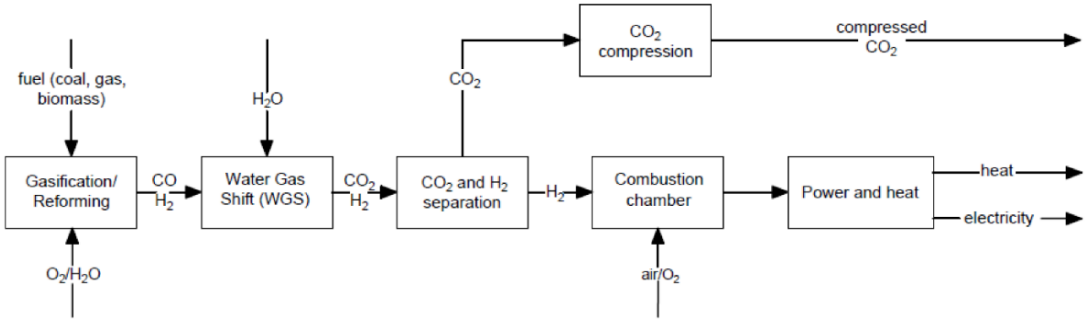


Figure 3. Pre-combustion capture [5]

2. The pros and cons

The carbon capture and storage technology can reduce emissions directly from industrial plants and has several advantages over other methods such as direct air capture and absorption of capturing CO_2 [6].

With the advantage of reducing emissions directly at the source, it facilitates the need to construct intricate systems to collect CO_2 from the atmosphere, being able to remove as much as 20% of the total CO_2 from industrial production facilities. With that advantage, other pollutants can be removed at the same time, reducing the levels of nitrogen oxide and sulfur dioxide during the oxyfuel combustion process [6].

With the presence of pros, there are bound to be cons that contradict the ideal process of carbon capture. The cost of CCS is high, with the implementation of CCS systems in the industry the cost of electricity rises to compensate for the money spent on maintaining and implementing them. One report from Utah estimates a 65% increase in the cost of electricity after the installation of CCS systems. Long-term storage capacity is uncertain; It is estimated that not all countries have a suitable storage capacity to implement CCS systems, needing a lot of land mass to have underground reservoirs to store the CO_2 [6].

3. The future of CCS

"In 2020, the market for CCS technology was valued at around $1.9 billion. The CCS market is predicted to reach $7.0 billion by 2030, which would reflect a Compound Annual Growth Rate of 13.8% from 2021 to 2030" [9]. With this projection of increased budget for CCS it is certain that it has potential to be the No. 1 technology for preventing CO_2 to reach the atmosphere. Another certainty is the misuse of captured CO_2, being bought by large oil companies to get a hold of unreached oil from beneath underground. For the better of our society it is best to handle the secured CO_2 with care and stored accordingly.

Conclusion

CCS is a promising technology and is an alternative to removing CO_2 and preventing it from getting into the atmosphere to mitigate climate change. While still in development, it also presents some advantages in the future of "green energy". For instance, capturing CO_2 directly at the source, keeping the system simple and easy to implement in older factories, however, this method presents itself as being expensive. For future practice, the overall efficiency of capturing and storing CO_2 emissions can be improved, and it is estimated that using CCS globally can be extracted up to 100 billion tons of CO_2 per year.

References:

[1] Carbon Capture & Storage - How It Works [online]. [accessed 02.03.2024]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=EyPI20h9kx0&list=LL&index=5
[2] Carbon capture and storage research at the British Geological Survey [online]. [accessed 02.03.2024]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=7j3OTLmaE-g
[3] Carbon capture technology explained [online]. [accessed 03.03.2024]. Available: https://www.freethink.com/series/seachange/carbon-capture-technology
[4] Carbon capture and storage [online]. [accessed 03.03.2024]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_capture_and_storage
[5] Methods and Techniques for CO2 Capture [online]. [accessed 03.03.2024]. Available: https://encyclopedia.pub/entry/19427
[6] Carbon Capture and Storage (CCS) Pros and Cons [online]. [accessed 05.03.2024]. Available: https://www.treehugger.com/carbon-capture-and-storage-ccs-pros-and-cons-5120005

[7] Climate Change: Atmospheric Carbon Dioxide [online]. [accessed 05.03.2024]. Available: https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide
[8] The future potential for Carbon Capture and Storage in climate change mitigation [online]. [accessed 06.03.2024]. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652614009536
[9] The Feasibility and Future of Carbon Capture and Storage Technology [online]. [accessed 06.03.2024]. Available: https://earth.org/the-feasibility-and-future-of-carbon-capture-and-storage-technology/

OPORTUNITĂȚI ȘI PERSPECTIVE DE IMPLEMENTARE A TEHNOLOGIEI SMR ÎN REPUBLICA MOLDOVA

Viorel ALBU

Departamentul Energetică, grupa EMD-22M, Facultatea Energetică și Inginerie Electrică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

Coordonator științific **Cristina EFREMOV**, dr., lect. univ., UTM

Rezumat. *În prezentul articol sunt elucidate principalele avantaje ale tehnologiei Reactoarelor modulare mici (SMR) în raport cu reactoarele nucleare convenționale. Analiza este făcută prin prisma evaluării potențialului noii tehnologii de a servi drept soluție de perspectivă în contextul eforturilor depuse de comunitatea internațională în vederea asigurării tranziției energetice durabile și atingerea obiectivelor de neutralitate climatică. În acest context, sunt analizate și principalele premise care ar favoriza implementarea tehnologiei SMR în Republica Moldova. Aceste premise țin de posibilitatea de a diminua dependența de sursele de energie de import, asigurarea securității energetice a țării, decarbonarea economiei naționale, atingerea obiectivelor climatice, premise de ordin tehnic și economic. Totodată sunt examinate și principalele provocări care ar putea crea impedimente în calea implementării tehnologiei SMR în țara noastră, dar și posibile soluții. Sunt formulate concluzii și recomandări relevante privind pașii inițiali pe care factorii de decizie și actorii relevanți din Republica Moldova urmează să-i întreprindă pentru ca această tehnologie să fie implementată cu succes în țara noastră.*

Cuvinte cheie*: reactoare modulare mici, securitate energetică, tranziție energetică, neutralitate climatică.*

Introducere

Pe parcursul mai multor decenii, conceptul Reactoarelor modulare mici, deși cunoscut și descris amplu în studiile teoretice, nu a reușit să avanseze prea mult pe calea implementării practice și comerciale. Frâna majoră în calea dezvoltării comerciale a tehnologiei SMR a fost competitivitatea mult mai mare a reactoarelor convenționale. Însă progresul tehnologic recent, cererea tot mai mare de energie, în tandem cu provocările generate de schimbările climatice și cererea tot mai mare de securitate energetică, au determinat mai multe state să-și revadă abordarea în raport cu tehnologia SMR. Împreună cu acestea, criza energetică globală, provocată recent de războiul din Ucraina, a determinat statele lumii să-și revadă viziunile pe termen lung față de energia nucleară care după regretabilul accident nuclear de la Fukushima, din 2011, părea să fi căzut în dizgrație. În acest context, ideea dezvoltării și utilizării SMR-urilor la scară industrială devine tot mai justificată și argumentată. În prezent sunt dezvoltate peste 80 de proiecte SMR la scară globală, în 18 țări ale lumii, iar costul investițiilor alocate se ridică la sume de sute de miliarde dolari SUA.

1. Avantajele tehnologiei SMR:

Conform clasificării oferite de Agenția Internațională pentru Energie Atomică (IAEA), sunt considerate ***SMR-uri*** reactoarele nucleare avansate care au o capacitate de până la 300 MW(e), sunt produse în condiții de uzină care pot fi transportate ca unități modulare integre și instalate la destinație [1]. Multiple avantaje în favoarea reactoarelor modulare mici pornesc de la dezavantajele cu care se confruntă reactoarele nucleare convenționale. În linii generale aceste avantaje se referă la următoarele aspecte:

- *Investiții financiare și de timp substanțial mai mici în comparație cu reactoarele convenționale*

Este cunoscut faptul că în cazul centralelor nucleare convenționale costul estimativ al investiției per fiecare KW depășește 5 mii dolari SUA [2]. Însă, în ultimele decenii, aceste costuri au fost mereu în creștere. Astfel construcția unei stații cu reactoare convenționale generează costuri de miliarde de dolari, sume care sunt o povară mare chiar și pentru statele prospere. Construcția unei stații nucleare durează cel puțin 5 ani de zile, însă perioada de implementare, ca și costurile de construcție, au tendința să crească. Aceste riscuri descurajează statele mici, cu potențial economic modest, sau cu un consum mic de energie, cum ar fi și cazul Republicii Moldova. Însă, în cazul reactoarelor modulare mici, aceste riscuri sunt minimizate, aproape proporțional dimensiunilor sale.

- *Grad de securitate mai mare*

La dezvoltarea SMR-urilor contemporane sunt aplicate tehnologii aferente generației III+ și IV. Reactoarele din aceste generații au un grad maximal de siguranță. În același timp, posibilitatea producerii în serie a SMR, în condiții de fabrică, plus construcția modulară integrată, oferă premise suplimentare pentru o siguranță tehnologică sporită.

- *Impact nociv mai redus asupra mediului*

Ca și în exemplul precedent, majoritatea proiectelor SMR dezvoltate curent se referă la cele mai performate tehnologii aferente generației III+ și IV. În ambele cazuri, cerințele față de protecția mediului sunt foarte mari și stricte. În favoarea acestui argument vine și recenta decizie a Parlamentul European care a votat, în noiembrie 2023, în favoarea includerii energiei nucleare generată de reactoarele modulare din generația IV, în categoria tehnologiilor verzi, capabile să contribuie substanțial la obținerea suveranității energetice a UE și atingerii obiectivelor comunitare privind neutralitatea climatică [3].

- *Flexibilitate mai mare sub aspectul amplasării mai aproape de consumatorii finali*

Spre deosebire de Centralele nucleare convenționale, Centralele bazate pe tehnologia SMR, având capacități mai reduse, și un grad de securitate mai avansat, pot fi amplasate în mod rațional, în preajma comunităților mai mici, izolate, cu un număr mai mic de utilizatori. Grație dimensiunilor mult mai mici, se micșorează considerabil și zona de securitate până la cea mai apropiată localitate [4], ceea ce, în cazul țărilor cu densitate mare a localităților reprezintă un factor important. Posibilitatea amplasării centralelor cu reactoare SMR mai aproape de localități, mai oferă și avantajul utilizării acestora în regim de cogenerare.

- *Flexibilitate la asigurarea mixtului energetic și a balanței energetice*

Grație caracterului modular, expandabil, gradului înalt de automatizare, dar și capacități de generare mai mici, Centralele nucleare bazate pe SMR pot fi mai ușor integrate în mixtul energetic al unei țări. Totodată Centralele cu reactoare SMR pot deveni un instrument eficient în asigurarea balanței energetice a statelor cu un consum moderat de energie electrică și a evită riscul supra producerii, atunci când curba consumului de energie electrică este minimală.

- *Autonomie de combustibil mult mai îndelungată*

Dacă în cazul reactoarelor convenționale reîncărcarea cu combustibil este necesară odată la 1-2 ani, în cazul SMR-lor, grație caracterului său modular, performanței tehnologice și a tipologiei combustibilului utilizat, reîncărcarea poate fi realizată la intervale de timp mult mai mari, de 5, 7, 15 și chiar 30 de ani [2]. Acest fapt oferă o autonomie mai mare, cu impact pozitiv asupra fezabilității și a gradului de competitivitate economică a Centralelor nucleare bazate pe tehnologia SMR.

2. Premise pentru implementarea tehnologiei SMR în Republica Moldova

În prezent, Republica Moldova se confruntă cu multiple provocări la adresa securității energetice. Aceste provocări sunt create de insuficiența propriilor capacități de generare a energiei electrice cu emisii reduse de gaze cu efect de seră (GES), dependența aproape totală de importul de hidrocarburi, vulnerabilitatea infrastructurii de transport a energiei electrice, lipsa unor capacități semnificative de stocare a resurselor energetice, cota modestă a surselor de energie regenerabile (SER) în mixtul energetic național. La acestea se adaugă necesitatea

decarbonării economiei naționale, sporirea cotei energiei electrice curate în mixtul energetic național, utilizarea la scară mai mare a cogenerării. Având în vedere provocările menționate, există mai multe premise pentru a examina tehnologia SMR ca o potențială soluție pentru țara noastră, în vederea depășirii vulnerabilităților existente și asigurării securității energetice.

- *Diminuarea dependenței de sursele de energie externe*

Republica Moldova importă până la 77,5% din resursele de energie primară. Actualmente doar circa 20% din energia electrică necesară este produsă pe malul drept al Nistrului [5]. Această cotă variază și crește pe perioada rece a anului, atunci când sunt puse în acțiune capacitățile de cogenerare la CET1, CET2 și CET Nord. În general, cota energiei electrice produse prin arderea hidrocarburilor este una dominantă, actualmente depășind 90%. Totuși aceste surse de generare nu pot fi considerate durabile, dat fiind dependența lor de hidrocarburile din import, precum și a impactului negativ pe care îl au asupra mediului. Dependența masivă de hidrocarburile din import implică și numeroase provocări la adresa securității energetice a țării.

Ponderea hidrocarburilor în mixtul energetic național ar putea fi diminuată prin instalarea unei Centrale nucleare tip SMR, cu o putere sumară de până la 300 MW(e). Această capacitate ar fi una optimă din punct de vedere tehnic și economic pentru a menține un mix energetic echilibrat, acoperind baza curbei de sarcină, circa 30% din consumul actual de vârf al țării de 1 GWh(e). În plus, o centrală pe baza reactoarelor SMR ar putea fi operată și în regim de cogenerare, în perioada rece a anului, la o capacitate de circa 900 MW(th). Această cantitate de energie depășește cu mult necesitățile de energie termică a or. Chișinău, în perioada sezonului de încălzire. Grație dimensiunilor mici ale Centralei SMR și drept urmare, a posibilității de fi amplasată mai aproape de zona urbană, această soluție este pe deplin fezabilă din punct de vedere tehnic. Surplusul de energie termică ar putea fi folosit pentru activități industriale, de perspectivă.

Implementarea unui asemenea proiect ar diminua considerabil importul de gaze naturale (GN). Conform datelor prezentate de ANRE, consumul mediu anual de GN pe perioada anilor 2020-2022, doar pe malul drept al Nistrului, a constituit 1,04 miliarde m^3, din care circa 32,5% reprezintă consumul întreprinderilor din sectorul energetic [6]. Dacă vom lua în calcul și energia electrică produsă la CTE ”Cuciurgan”, din GN, cifra ar fi mult mai mare. Substituirea a 300 MWh(e) generați la arderea GN cu 300 MWh(e) generați prin fisiune nucleară, ar putea diminua cantitatea de gaze naturale importată cu circa 750 mil. m^3 anual.

- *Un aport semnificativ la decarbonarea economiei naționale*

În concordanță cu angajamentele asumate în plan internațional în domeniul energiei și climei, Republica Moldova și-a stabilit un obiectiv ambițios de reducere a GES cu 68,6%, până în anul 2030, față de anul de referință 1990, la nivelul de 9,10 Mt de CO_2 echivalent [5]. În perspectiva procesului de aderare la UE și atingerea obiectivului de neutralitate climatică către anul 2050, această țintă va fi dificil de realizat doar din contul SER și sporirii eficienței energetice. În acest context, diminuarea cotei de GN utilizat la producerea energiei electrice, prin substituirea acesteia cu producerea energiei electrice din sure nucleare, ar avea un impact benefic asupra decarbonării economiei naționale, diminuând emisiile de CO_2 cu circa 1,47 milioane tone anual. Această diminuare de GES ar fi o contribuție considerabilă la atingerea obiectivului climatic național.

- *O combinare tip ”hibrid” cu sursele SER*

În pofida opiniei împărtășite de unele organizații ecologiste, conform cărora promovarea tehnologiei SMR ar sustrage atenția de la resursele disponibile care ar ajuta la dezvoltarea tehnologiilor SER, în realitate, energia nucleară nu substituie, dar vine să suplinească sursele de energie regenerabile, compensând vulnerabilitățile curente ale acestora. În literatura de specialitate, această abordare este cunoscută sub denumirea de „Sisteme energetice hibrid Nuclear-SER” [7].

Problema de bază a surselor SER este bine-cunoscută și constă în intermitența acestora. În lipsa unor capacități suficiente de stocare a energiei, nu sunt capabile să asigure o furnizare

constantă și prognozabilă. O soluție ar fi dezvoltarea capacităților de stocare prin construcția unor „Parcuri cu baterii de acumulare” (PBA). Însă costurile pentru construcția unor asemenea capacități sunt mari, comparabile cu cele ale unei Centrale SMR. Spre exemplu, soluția propusă de compania „Tesla”, în cadrul proiectului „Megapark” [8], la construcția unui PBA cu o capacitate de 734MWh (consum mediu zilnic în Republica Moldova) și o rezervă de furnizare a energiei electrice de 4 ore, ar costa circa $1 miliard, iar costurile anuale de mentenanță ar constitui $3,9 milioane. Însă și în acest caz, o asemenea soluție de stocare nu va fi durabilă, fără a fi alimentată periodic de o altă sursă de rezervă, cu generare constantă. O dovadă elocventă servește criza energetică din Comunitatea Europeană, în vara anului 2022 [9]. De asemenea, producerea și reciclarea periodică a bateriilor de acumulare, nu reprezintă o soluție fezabilă din punct de vedere ecologic.

- *Compatibilitatea cu infrastructura energetică existentă*

O premisă în favoarea Instalării unei Centrale SMR cu o putere de circa 300 MW(e), este generată și de caracteristicile tehnice ale infrastructurii energetice de transport din Republica Moldova, capabilă să facă față la o asemenea sarcină, fără ajustări radicale. Aici, facem referință la rețele electrice de tensiune înaltă care (cu excepția liniei de 400 kV Isaccea-Vulcănești-Chișinău), nu depășesc capacitatea de 330 kV. În cazul amplasării Centralei SMR în preajma CET-urilor existente din or. Chișinău, va fi posibil de utilizat infrastructura de transport existentă, atât cea electrică, iar în cazul cogenerării și cea de termoficare.

- *Premise de ordin economic*

Calculele experților arată că SMR-urile ar fi accesibile economic și pentru țări mici, cu un PIB mai mic de 50 miliarde dolari SUA. Construcția unei Centrale SMR, cu puterea cumulativă de circa 300 MW(e), la un preț actual de 4500-5350 dolari SUA per 1kW(e) instalat [10], ar implica costuri care ar putea fi de 1,35 - 1,6 miliarde dolari SUA. Într-o perspectivă de lungă durată, o asemenea investiție ar putea fi asimilată chiar și de țări de talia Republicii Moldova, mai ales că producerea în serie a SMR, ar duce în perspectivă, la scăderea prețurilor. Având în vedere durata de exploatare mut mai îndelungată a centralelor nucleare, de circa 60 de ani, un asemenea proiect poate fi pe deplin fezabil din punct de vedere economic. Fiind operată la capacitate maximă, doar în regim de generare a energiei electrice, la prețurile de import actuale la energia electrică, economiile ar putea depăși circa 250 milioane dolari SUA anual.

În lipsa experienței, capacității de implementare și de gestionare a unor asemenea proiecte energetice complexe, Republica Moldova ar putea apela la diverse modele de Parteneriat Public Privat (PPP), cunoscute în practica internațională, cum ar fi: ”Build-Operate-Transfer” (BOT), „Design-Build-Operate-Transfer” (DBOT), „Build-Own-Operate-Transfer” (BOOT) etc. Aceste modele oferă numeroase avantaje economice care ar permite soluționarea problemei investiționale, implementarea mai rapidă a proiectului, gestionarea eficientă, transferul de experiență din exterior și dezvoltarea la nivel național a ramurii energetice nucleare.

3. Provocări în calea implementării tehnologiei SMR în Republica Moldova

În mod evident, dezvoltarea și implementarea tehnologiei SMR se confruntă și cu unele provocări, cum ar fi: investiții inițiale mari, cadru de reglementare sofisticat, problema gestionării combustibilului nuclear uzat, reticența socială față de energia nucleară etc. Toate aceste provocări nu sunt de nedepășit și există soluții pentru fiecare.

Agenția Internațională pentru Energie Atomică (IAEA) oferă membrilor săi un suport complex și un instrument metodologic detaliat privind condițiile și pașii pe care fiecare stat trebuie să-i parcurgă pe calea inițierii și implementări unui program nuclear [11]. Republica Moldova, în calitate de membru, poate beneficia pe deplin de acest suport și depăși cu succes mai multe provocări în procesul de implementare a unui program nuclear național.

Problema acoperirii investițiilor inițiale ar putea fi realizată prin diverse modele PPP. La fel și cadrul de reglementare sofisticat ar putea fi mai ușor dezvoltat în baza aceluiași model de Parteneriat Public Privat. În cazul implementării modelelor PPP de implementare, operatorul

Centralei SMR vine cu o soluție complexă care include și serviciile de reciclare și depozitare a combustibilului nuclear uzat, în afara țării.

Însă, așa cum demonstrează exemplul altor state (Germania, Italia, Austria, Belgia), cea mai mare provocare în calea dezvoltării surselor nucleare de energie o reprezintă reticența societății. Trebuie să recunoaștem că în Republica Moldova, până la momentul actual, nu s-au efectuat cercetări sociale care ar putea să ne elucideze clar care este gradul de reticență față de energia nucleară. Însă suntem dispuși să presupunem că ea ar fi una considerabilă, având în vedere memoria colectivă a catastrofei de la Cernobâl din 1986. Această reticență, deși este o provocare semnificativă, poate fi depășită prin informarea obiectivă a societății privind avantajele social-economice și de securitate energetică pe care le-ar oferi țării noastre noua tehnologie SMR.

Pe lângă reticența socială, ar mai exista o provocare semnificativă și anume, absența unei viziuni strategice și a unui consens politic național, cu privire la necesitatea implementării unui program nuclear în Republica Moldova. O dovadă elocventă este și faptul că până în prezent, construcția centralelor termonucleare pe teritoriul țării, este interzisă prin lege [12].

Concluzii

În prezent există suficiente premise pentru producerea și utilizarea Reactoarelor modulare mici, la scară globală. Alături de sursele regenerabile de energie, tehnologia SMR este capabilă să ofere reale soluții pentru o tranziție energetică robustă și atingerea obiectivelor climatice, fără a periclita stabilitatea și securitatea energetică a statelor.

Un specific definitoriu al SMR ține de faptul că noua tehnologie, spre deosebire de reactoarele convenționale, poate fi accesibilă nu doar pentru statele mari și prospere, dar și pentru țările mici, în curs de dezvoltare, cu un potențial economic modest, precum este și Republicii Moldova.

În actualul context geopolitic regional, vulnerabilitatea din punct de vedere energetic a Republica Moldova, reprezintă o provocare majoră, eliminarea căreia nu mai poate fi amânată. O sursă locală de energie nucleară, bazată pe tehnologia SMR, ar fi o soluție reală, un pilon pe care ar putea să se sprijine în perspectivă, stabilitatea și securitatea energetică a țării.

O precondiție primordială pe calea implementării unui program nuclear ar fi existența unui consens politic pe subiectul dat. Acest consens joacă rolul de mecanism de declanșare a altor procese, strict necesare pentru implementarea cu succes a unui program nuclear național, iar absența consensului politic, face imposibilă realizarea acestui program.

Implementarea tehnologiei SMR în Republica Moldova nu este un obiectiv imediat ce urmează a fi realizat într-o perspectivă de 5-10 ani. Acest proiect complex ține de un orizont strategic mai îndepărtat. Însă pentru a fi realizat cu succes, sunt necesari pași concreți, chiar la etapa actuală. Primii pași ar fi: inițierea unor studii de prefezabilitate, încurajarea cercetărilor în mediul academic, evaluarea prin sondaje a opiniei publice însoțite de campanii de informare și popularizare a tehnologiilor SMR. De asemenea, este important, deja la etapa actuală, să încorporăm în documentele strategice naționale, viziunea privind dezvoltarea tehnologiei SER, ca obiectiv pe termen mediu și îndelungat.

Mulțumiri: Aducem mulțumiri d-nei Cristina Efremov pentru ajutor și sprijin la scrierea acestei cercetări.

Bibliografie:

[1] International Atomic Energy Agency. [citat 12.03.2024]: https://www.iaea.org/newscenter/news/what-are-small-modular-reactors-smrs

[2] *GLASER Alexander, RAMANA M.V., AHMAD Ali, and SOCOLOW Robert. Small Modular Reactors: A Window on Nuclear Energy*, Princeton University 2015, [citat

12.03.2024]. Disponibil:https://acee.princeton.edu/wp-content/uploads/2015/06/Andlinger-Nuclear-Distillate.pdf
[3] Decizia Parlamentului Euripean 023/0081(COD) din 21 noiembrie 2023, cu privire la aprobarea Regulamentului privind industria care contribuie la obiectivul zero emisii nete [citat 12.03.2024]. Disponibil: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/RO/TXT/HTML/?uri=CELEX:52023PC0161&qid=1710146265270
[4] Emergency Planning Zone for Small Modular Reactors-Regulatory Historu & Policy Considerations. [citat 10.03.2024]. Disponibil: https://www.nrc.gov/docs/ML1817/ML18177A386.pdf
[5] Conceptul Strategiei Energetice a Republicii Moldova 2050. [citat 12.03.2024]. Disponibil: https://midr.gov.md/files/shares/Concept_Strategia_Enenergetica__act__.pdf
[6] Raport privind activitatea ANRE 2022, p. 42. [citat 12.03.2024]. Disponibil: https://anre.md/raport-de-activitate-3-10
[7] RUTH Mark F., ZINAMAN Owen R., ANTKOWIAK Mark. *Nuclear-renewable hybrid energy systems: Opportunities, interconnections, and needs* [online]. Science Direct, Energy Convertion and Management, Volume 78, February 2014, pp. 684-694. [citat 10.03.2024]. Disponibil: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0196890413007516?via%3Dihub
[8] TESLA Megapark Project. Disponibil: https://www.tesla.com/megapack
[9] ZENIEWSKI Peter, MOLNAR Gergely, HUGUES Paul. *Europe's energy crisis: What factors drove the record fall in natural gas demand in 2022?* IEA, [citat 12.03.2024]. Disponibil: https://www.iea.org/commentaries/europe-s-energy-crisis-what-factors-drove-the-record-fall-in-natural-gas-demand-in-2022
[10] ANTHONY ASUEGA, BRADEN J. LIMB, JASON C. QUINN. *Techno-economic analysis of advanced small modular nuclear reactors.* Applied Energy, Volume 334, 2023. ISSN 0306-2619. [citat 14.03.2024]. Disponibil: https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2023.120669
[11] MILESTONES IN THE DEVELOPMENT OF A NATIONAL INFRASTRUCTURE FOR NUCLEAR POWER. International Atomic Energy Agency. Vienna 2015.
[12] Legea Nr. 1515, din 16.06.1993, privind protecția mediului înconjurător [Capitolul VII: Protecția împotriva radiației ionizante]. Publicat : 01-10-1993 în Monitorul Parlamentului Nr. 10, art Nr: 283.

FLOATING PHOTOVOLTAIC PANELS IN THE REPUBLIC OF MOLDOVA

Cristian STRATAN

Department of Foreign Languages, group IME-231, Faculty of Energy and Electrical Engineering, Technical University of Moldova, Chișinău, Republic of Moldova

Corresponding author: Cristian STRATAN, cristian.stratan@en.utm.md

Coordinator: **Ala JECHIU,** university assistant, Department of Foreign Languages, TUM

Abstract. *In these decades, the production of energy from renewable sources has become a necessity for most countries in the world, this being necessary due to the increasingly volatile climate changes recorded in recent decades caused by pollution and the energy crisis.*
One of the most important sources of electricity production from renewable sources is certainly the energy produced by photovoltaic panels, being relatively cheap and less polluting. Unfortunately, these installations occupy a large area of land that can also be used for agriculture, that's why it is necessary to find other surfaces where we could install them, such as on the surface of the water. Even though the Republic of Moldova is a country with a relatively small area, we could use artificial reservoirs as well as natural ones for water accumulation. In this context, a relatively new technology that could reduce the use area of agricultural land, the floating photovoltaic panels, appears in sight. The primary benefits of floating photovoltaic (FPV) systems deployed on pre-existing reservoirs include the proximity of reservoirs to established grid systems, the cooling properties of water can bolster energy conversion rates, while FPV panels/floats also mitigate reservoir water loss due to evaporation by obstructing radiative energy and reducing water temperatures.

Keywords: *energy crisis, floating photovoltaic systems, photovoltaic panels, pollution, renewable sources.*

Introduction

The climate challenge is essentially about energy, both as the root cause and as a possible solution. A significant part of the greenhouse gases responsible for trapping heat in the atmosphere comes from energy production, mostly from the burning of fossil fuels such as coal, oil, and gas.

As shown in Fig. 1 [1], fossil fuels account for the largest share of global greenhouse gas emissions, accounting for more than 75% of greenhouse gas emissions and nearly 90% of carbon emissions. Addressing this challenge requires a clear path to almost halve emissions by 2030 and reach zero emissions by 2050. Achieving these goals requires moving beyond fossil fuels and investing in alternative, simple, flexible, and cheap energy sources. Efficiency, stability, and reliability.

Renewable energy sources, which are abundantly available near us from the sun, wind, water, waste, and the Earth's heat, are naturally replenished and produce little or no greenhouse gases or air pollution. for more than 80% of the world's electricity production, clean energy sources are increasing. Currently, about 29% of electricity comes from renewable energy sources.

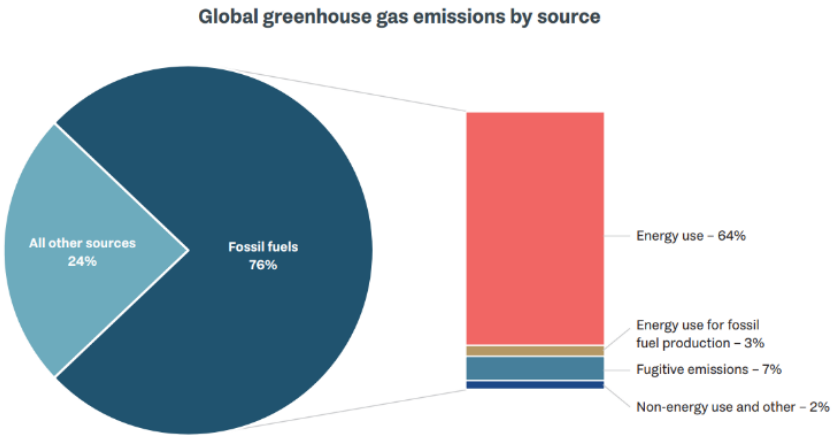


Fig.1 Global greenhouse gas emissions

Solar Energy

Solar energy is solar radiation that causes heat, chemical reactions or electricity generation. The total amount of solar energy on Earth is greater than the current global demand. If used correctly, this decentralized energy source can meet future energy needs. In the 21st century, unlike coal, oil and fossil fuels, solar energy is expected to become more attractive as a renewable energy source due to its unlimited and pollution-free supply. The sun is a very powerful source The sun is considered the largest source of energy that the Earth receives, but its energy is very weak on the Earth's surface. This is because solar radiation travels very long distances. More damage comes from Earth's atmosphere and clouds, which absorb or scatter up to 54% of solar radiation. The Sun reaches Earth with 50% visible light, 45% infrared radiation and small amounts of ultraviolet radiation and other forms of electromagnetic radiation. The sun's energy is abundant. In fact, the Earth receives 200,000 times more solar energy each day than the sun itself. However, although solar energy is free, the high cost of its collection, conversion and storage still limits its use in many areas. When sunlight hits a solar cell, electrons are released due to the photoelectric effect. Two different semiconductors have different properties, allowing electrons to flow through an external circuit to drive an electrical charge. The current results from the properties of the semiconductor and is driven entirely by the light that falls on the cell.

Floating Photovoltaic System

A new power generation system that has attracted widespread attention due to its multiple advantages is called Floating Photovoltaic Technology (FPVT). FPVT system to help minimize water evaporation and increase energy production. The solar panels are installed on floating platforms at a certain distance from each other to allow the development of flora and fauna. Space is also left between the blocks to allow water aeration and sunlight to penetrate the lake life. In addition, air systems can be installed to ensure the necessary level of oxygen in the water. A solar panel consists of several elements, including an aluminum frame, protective glass, and an encapsulant (an encapsulant that protects the solar cells from moisture, dust, and other contaminants that can damage the solar cells) and the solar cells, the second layer of the encapsulant, back paper, and distribution box [2]. A typical FPV system usually consists of: PV modules to collect solar energy, floats for buoyancy, a support structure for the PV panels, a mounting system to prevent the plant from moving freely, electrical components, and optional performance systems.

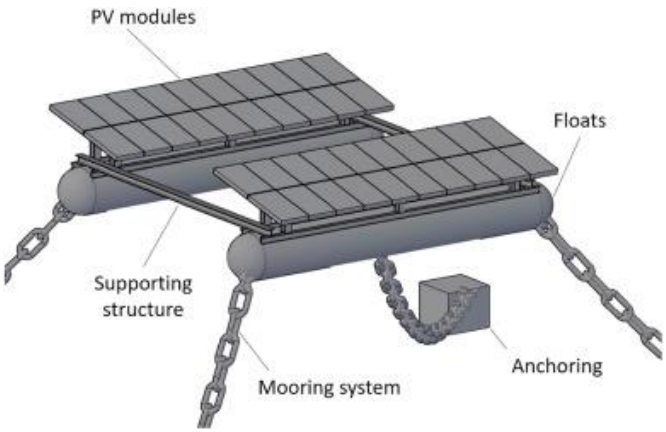


Fig.2 A generic FPV system

Benefits of Floating Photovoltaic System

- Improved land use: Floating solar panels use water bodies such as lakes, reservoirs, and ponds, thereby increasing land use efficiency.
- Reduction of water evaporation: By covering the surface of the water with solar panels, the rate of evaporation can be reduced. This is particularly useful for bodies of water used for irrigation, drinking water supplies, or reservoirs, where water conservation is essential. Water production. At ground facilities. A cooler environment helps mitigate heat-related efficiency losses, thereby increasing power generation.
- Improved panel performance: Floating solar panels can be installed with adjustable tilt or direction, optimizing their position to capture sunlight throughout the day.
- Algal bloom reduction: In some cases, floating solar power systems can help mitigate algal blooms in bodies of water by reducing the penetration of sunlight that contributes to algal growth.

The hydrographic basin of the Republic of Moldova

The hydrography of the Republic of Moldova refers to all the waters on its territory. The Republic of Moldova benefits from all types of aquatic units: rivers, lakes, and groundwater.

Surface waters, including small rivers and lakes, are an important part of the natural environment of the Republic of Moldova. The water resources of the Republic of Moldova are represented by 3621 rivers and streams, including 7 with a length of more than 100 km, 247 with a length of 10 km, 57 lakes and an area of 62.2 square km, with 3000 ponds and sources of water. It has a volume of 1.8 cubic kilometers and a water reflection surface of 333 cubic kilometers. There are 82 reservoirs in the Republic of Moldova, the largest being Costesti-Stînca on the Prut River (735 million cubic meters of water) and Dubăsari on the Dniester River (277.4 million cubic meters). These data are one of the most important factors for the management of water resources and the adequate protection of ecological conditions, the presence of monitoring systems, provides information on the quantity, quality, state, dynamics, and interaction of space and time. Prediction of degradation or improvement of quality, etc. [3].

The Costesti Reservoir

The Costesti reservoir is the second in size after the one in Dubăsari (Republic of Moldova). It stretches up the Prut River to the village of Viișoara for a length of 70 linear km, occupying an area of 59 square kilometers with a storage capacity of 1 billion 285 million cubic meters and a maximum depth of 43 meters. As can be seen in the Fig. 3, most of the reservoir area of 59 square kilometers is in the Republic of Moldova (more than 34 square kilometers). A

potential project that could benefit is the exploitation of the surface of the reservoir by installing solar energy systems.



Figure 3 The territory of the reservoir belonging to the Republic of Moldova

An implemented project, Floating Solar Farm, China-70MW

[4] One of the oldest entries on the list, construction of the CECEP floating solar farm began in 2017. The 70 MW project finally became operational when it was connected to the grid in March 2019. This floating solar farm is owned by China Energy Conservation and Environmental Protection Group (CECEP) and installed using Hydrelio technology by French floating solar specialist Ciel & Terre, who also oversaw the design, delivery, and installation. The project covers more than 60 hectares and includes 194,731 solar panels.



Fig. 4 The 70 MW project

Conclusions

The introduction highlights the important role energy plays in contributing to and mitigating climate challenges. Fossil fuels are responsible for a large proportion of global greenhouse gas emissions, so switching to cleaner alternatives is essential. Renewable energy sources seem to represent a promising solution since solar energy dominates due to its availability and sustainability.

- By utilizing bodies of water such as lakes and reservoirs, FPV systems offer numerous advantages, including:
  1. optimal land use,
  2. reduced water evaporation,

3. increased energy production,
4. potential environmental benefits.

- The water resources in Moldova, as highlighted by the hydrographic basin data, present opportunities for implementing FPV projects;
- The case study of the Costesti reservoir exemplifies the potential for such installations within the country;
- Furthermore, the success of the floating solar farm in China serves as a compelling example of the feasibility and scalability of FPV technology.

Gratitude

I would like to thank, first of all, the Technical University of Moldova, for offering me the opportunity to be a student in the field of energy, this being one of the main motivations to develop and immerse myself in this field. I also want to thank my coordinator of this scientific article, Mrs. Ala Jechiu, for being a master in supporting a beginner student who is just starting his way in this branch of engineering.

Reference

[1] The Production Gap: 2019 Report. https://productiongap.org/wpcontent/uploads/2019/11/Production-Gap-Report-2019.pdf

[2] H. Yosuf, M. Quaddamah Khokhar, J. un Kim, Youngkuk Kim. A Review on Floating Photovoltaic Technology (FPVT). DOI:10.21218/CPR.2020.8.3.067

[3] National Center of Environment. Water resources management. https://environment.md/en/water_resources_management.

[4] Brian Publicover. Ciel & Terre completes 70 MW solar array in China. https://www.pv-magazine.com/2019/03/20/ciel-terre-completes-worlds-biggest-floating-pv-array-in-china/

EVOLUȚIA SECTORULUI ENERGETIC ȘI SCHIMBĂRILE CLIMATICE ÎN REPUBLICA MOLDOVA

Iaroslav PAUN

Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea Energetică și Inginerie Electrică, EE-201, Chișinău, Republica Moldova

*Autorul corespondent: Paun Iaroslav, iaroslav.paun@en.utm.md

Îndrumătorul/coordonatorul științific Iulian ROTARI, lect., univ, FEIE. UTM

Rezumat: *Schimbările climatice și transformarea energetică reprezintă două aspecte fundamentale care domină agenda globală în ceea ce privește sustenabilitatea și viitorul planetei noastre. În contextul Republicii Moldova, o țară cu propria sa dinamică socio-economică și ecologică, transformarea energetică și adaptarea la schimbările climatice reprezintă provocări majore și, în același timp, oportunități de dezvoltare și inovație. Articolul de față explorează evoluția politicilor și strategiilor energetice și climatice ale Republicii Moldova, evidențiind obiectivele, progresele și provocările întâlnite pe parcursul acestui drum către o dezvoltare sustenabilă și o economie verde.*

Cuvinte cheie*: politici climatice, sustenabilitate, dezvoltare durabilă, neutralitate climatică, mecanisme de sprijin, eficiență energetică.*

Introducere

Republica Moldova s-a alăturat Convenției Cadru a Națiunilor Unite privind Schimbările Climatice (UNFCCC) în 1995 și a ratificat Protocolul de la Kyoto în 2003. În calitate de Parte Non-Anexă la Convenție, aceasta raportează către UNFCCC prin comunicări naționale și rapoarte de actualizare bienale. În mai 2017, Moldova a ratificat Acordul de la Paris și s-a angajat să-și reducă emisiile nete de gaze cu efect de seră cu 64-67% comparativ cu nivelurile din 1990 până în 2030.

Republica Moldova a fost una dintre primele țări din lume care a dezvoltat o Strategie de Dezvoltare a Emisiilor Reduse pe Termen Lung (LEDS2030 (2016)) și a fost a patra țară care a prezentat UNFCCC o a Doua Contribuție Națională Determinată (NDC) (actualizată). Noua țintă voluntară și necondiționată a țării este de a reduce emisiile de gaze cu efect de seră cu 70% sub nivelul din 1990 în 2030. Cifra de 70% ar putea fi redusă și mai mult la 88% dacă resursele financiare internaționale cu costuri reduse, transferul de tehnologie și cooperarea tehnică sunt asigurate.

Transformarea sistemului energetic

Contribuția Republicii Moldova la emisiile globale de gaze cu efect de seră este redusă. În 2019 (cel mai recent an pentru care există date disponibile), Republica a emis 13,8 $MtCO_2$-eq (fără LULUCF) și 14,1 $MtCO_2$-eq (cu LULUCF), ceea ce reprezintă aproximativ 0,04% din emisiile globale actuale ale lumii. În același timp, economia reprezintă aproximativ 0,02% din PIB-ul global.

Procentul de CO_2 în totalul emisiilor directe de gaze cu efect de seră în 2019 a fost de aproximativ 68%, CH_4 a contribuit cu 19%, iar emisiile de N_2O au reprezentat 12% din total. Ponderea gazelor fluorurate (F-gaze) (HFC-uri, PFC-uri, SF6) este nesemnificativă, reprezentând doar aproximativ 1,6% din total (ME, 2021).

Potrivit datelor ME, emisiile legate de energie reprezintă aproximativ două treimi din totalul emisiilor de gaze cu efect de seră (GHG) ale Moldovei (inclusiv estimările Transnistriei,

excluzând efectele utilizării terenurilor) (Figura 1). Datele raportate oficial către UNFCCC indică, de asemenea, că emisiile totale de GHG au rămas practic constante între 2010 și 2019 (cu o creștere de 3,6%). În comparație cu nivelurile din 1990, până în 2019, emisiile totale și nete de GHG ale Republicii Moldova au fost, respectiv, cu 69,5% și cu 67,9% mai mici (ME, 2021) [1].

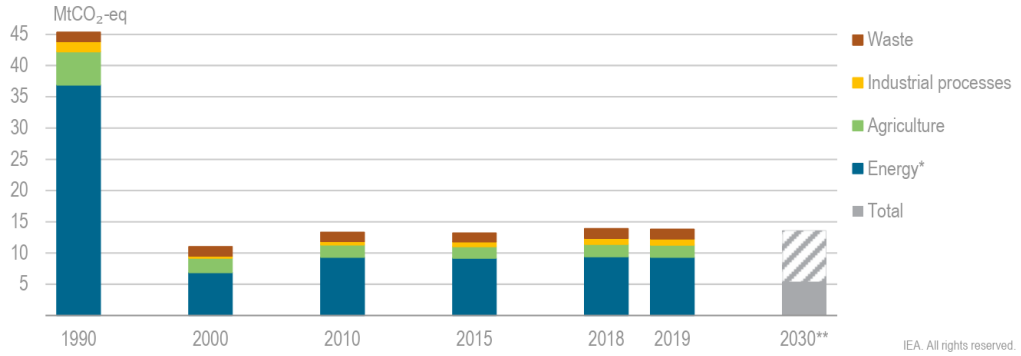


Figura 1. Emisiile de gaze cu efect de seră ale Republicii Moldova pe sectoare, între 1990 și 2019 [1]

Impactul schimbărilor climatice asupra sectorului energetic al Republicii Moldova este semnificativ și diversificat, având consecințe considerabile asupra producției și consumului de energie. Principalele aspecte ale acestui impact includ:

- Creșterea cererii de electricitate datorată temperaturilor mai ridicate în timpul verii și necesității de climatizare în interior și răcirea proceselor industriale.
- Creșterea consumului de gaz natural ca urmare a cererii crescute de electricitate.
- Pierderi mari de electricitate din cauza utilizării intensive a echipamentelor de răcire electrică din cauza temperaturilor mai ridicate.
- Reducerea capacităților de generare a electricității și căldurii ale centralelor termice (CHP-uri) cauzată de încărcarea insuficientă cu căldură.
- Creșterea cererii de electricitate pentru irigare, cauzată de scăderea umidității solului.
- Reducerea capacității de generare a electricității a CHP-urilor cauzată de scăderea debitului de apă în râurile Prut și Nistru, ca urmare a reducerii volumului de precipitații.
- Reducerea rezilienței infrastructurii sectorului energetic, inclusiv a duratei de viață utilăa activelor, a cheltuielilor de capital și a costurilor de exploatare mai ridicate.
- Creșterea intensității consumului de energie, datorată consumului mai mare de electricitate pentru climatizare și irigare. Creșterea intermitenței în alimentarea cu electricitate.
- Compromiterea producției de lemn, inclusiv a producției de biomasă pentru generarea de energie și producția de biocombustibili lichizi, ca urmare a schimbărilor climatice (secetă).
- Prolungirea duratei deplasărilor neprevăzute ale alimentării cu energie electrică din cauza creșterii frecvenței incendiilor spontane și a necesității de a proteja liniile aeriene.
- Scăderea ponderii producției de electricitate din surse de energie regenerabilă din cauzareducerii energiei de echilibrare de rezervă.

Adaptarea la schimbările climatice în Moldova

În 2014, Guvernul a aprobat Strategia de Adaptare la Schimbările Climatice (CCAS), primul cadru strategic național privind adaptarea, care își propune să avanseze reziliența proceselor de dezvoltare socială și economică ale țării. În timp ce obiectivele stabilite în CCAS rămân valabile, Planul de Acțiune asociat acoperă perioada 2014-2020 (ME, 2014).

După cum notează NDC2 al Republicii, "obiectivul de adaptare pe termen mediu și lung este de a atinge un stadiu de dezvoltare socială și economică durabilă, rezistent la impactul schimbărilor climatice, prin stabilirea unui mediu de facilitare puternic pentru o acțiune adaptivă coerentă și eficientă cu beneficii de atenuare, integrând riscul climatic în luarea deciziilor de investiții și planificarea afacerilor, păstrând în același timp incluziunea socială și sensibilitatea la impactul de gen al schimbărilor climatice" (GoM, 2020a, p. 2).

Conform Comunicărilor Naționale a doua, a treia și a patra (UNFCCC, 2018), Republica Moldova este cel mai probabil să fie afectată de trei tipuri de impacturi climatice: creșteri de temperatură, modificări în regimurile de precipitații și creșterea aridității climatice (Box 7.1). Acestea sunt asociate cu frecvența și intensitatea amplificării evenimentelor meteorologice extreme (valuri de căldură și îngheț, inundații, furtuni cu ploi torențiale și grindină și secete severe).

Moldova trebuie să promoveze măsuri eficiente de adaptare la climă la nivel sectorial în sectoarele economice prioritare: agricultură, silvicultură, apă, sănătate, transport și energie.

Guvernul dispune de linii clare de comunicare în cadrul agențiilor și instituțiilor individuale, însă coordonarea transversală a strategiilor și eforturilor necesită îmbunătățiri. Aceasta reprezintă o constrângere majoră asupra capacității guvernului național de a lega strategiile sectoriale și de mediu de impactul schimbărilor climatice. Prin urmare, guvernul a creat un Mecanism de Coordonare a Schimbărilor Climatice care implică multiple părți interesate pentru a promova dialogul, coordonarea, colaborarea și coerența între sectoare. Comisia Națională privind Schimbările Climatice (NCCC) a fost înființată pentru a asigura coordonarea transversală a tuturor componentelor legate de climă: adaptare, emisii de gaze cu efect de seră și atenuare. Aceasta reprezintă o inițiativă foarte pozitivă. Această Comisie - ca un organism formal cu un secretariat permanent și Comitete Tehnice pentru domenii tematice specifice - este stabilită la un nivel decizional înalt pentru a se asigura că primește atenția politică suficientă. Înființarea acestei noi Comisii s-a construit pe baza lecțiilor învățate din operațiunile organismelor interministeriale anterior stabilite, cum ar fi Comitetul pentru Dezvoltare Durabilă și Comitetul pentru Economia Verde.

Pașii pentru eficientizarea Republicii Moldova

- Îmbunătățirea legăturilor între politicile energetice, pe de o parte, și politicile privind schimbările climatice și de mediu, pe de altă parte, în momentul dezvoltării, implementării și monitorizării acestora;
- Îmbunătățirea în continuare coordonarea și schimbul de informații între Ministerul Infrastructurii și Dezvoltării Regionale (MIRD) și Ministerul Mediului (ME);
- Sprijinul Comisiei Naționalăprivind Schimbările Climatice (NCCC) pentru a asigura coordonarea transversală a tuturor componentelor legate de climă: emisiile de gaze cu efect de seră, adaptare și atenuare;
- Asigurarea unei politici energetice luând în considerare impactul posibil al schimbărilor climatice asupra tendințelor de ofertă și cerere de energie; și precum elaborările strategiilor adecvate de adaptare;
- Sprijinul acțiunilor legate de mediu, demonstrări și deblocări privind oportunităților pentruo creștere mai verde și stabilirea mecanismelor pentru gestionarea mai bună a riscurilor și impacturilor de mediu.

Sursele regenerabile, un pas spre un mediu sustenabil

În Republica Moldova, până în prezent, legislația energetică a fost divizată între diverse reglementări, iar progresul în ceea ce privește energiile regenerabile a fost încet și puțin competitiv. Cu toate acestea, recent, s-a observat o schimbare semnificativă odată cu adoptarea Legii nr. 10 din 26.02.2016 de către Ministerul Energiei, care vizează promovarea utilizării energiei din surse regenerabile.

Această lege marchează un angajament clar al statului în sprijinirea dezvoltării producției de energie din surse regenerabile. În conformitate cu prevederile acestei legi, sunt stabilite mecanisme de sprijin menite să încurajeze expansiunea sectorului energiilor regenerabile în Republica Moldova. Aceste scheme de sprijin sunt concepute pentru a crea un cadru mai atractiv pentru producătorii de energie electrică generată din surse regenerabile, oferindu-le oportunitățimai favorabile pentru valorificarea energiei lor.

Mecanismele de sprijin cu privire la energia verde

Mecanismul de Contorizare Netă (pentru instalații de până la 200 kW) reprezintă o oportunitate pentru prosumatorii de energie electrică din surse regenerabile de a livra surplusul lor de energie în rețeaua electrică. Un raport detaliat realizat de Centrul Național pentru Energie Durabilă examinează implementarea acestui mecanism: „În ianuarie 2024, numărul total de beneficiari ai Contorizării Netă în Republica Moldova, conform datelor deținute de Centru, Fig. 2, era de 5051, cu o putere totală instalată de 115,3 MW. Comparativ cu anul 2018, când au fost înregistrați primii beneficiari ai contorizării nete, în număr de 57, cu o putere totală instalată de 0,5 MW” [2].

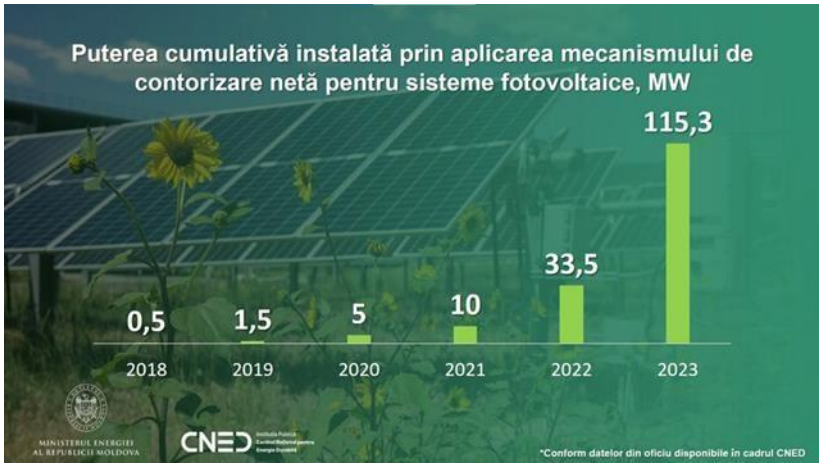


Figura 2. Puterea instalată în decursul perioadei 2018-2023 prin aplicarea mecanismului de contorizare netă [2]

Tariful Fix reprezintă o plată stabilită conform Tab. 1, pentru producătorii de energie electrică din surse regenerabile care alimentează rețeaua, oferindu-le o stabilitate financiară [3].

Tabelul 1

Tariful fix pentru energia electrică produsă din surse regenerabile

Surse regenerabile	Tar if
instalațiile fotovoltaice	1.88 -2.01 lei/kWh;
instalațiile eoliene	1.55 lei/kWh
instalațiile hidroelectrice	0.97 lei/kWh
instalațiile de cogenerare pe biogaz	1.84 lei/kWh

Agenția Națională pentru Reglementare în Energetică (ANRE) este responsabilă cu identificarea acestor prosumatori de energie electrică, conform Hotărârii ANRE privind Regulamentul privind confirmarea statutului de producător eligibil. Mai mult, Consiliul de Administrație al ANRE stabilește plata fixă pentru producătorii de energie verde, cu scopul de a încuraja operatorii economici să investească în instalațiile lor de producere a energiei regenerabile.

Mecanismul de Preț Fix implică organizarea licitațiilor pentru stabilirea unor tarife stabile pentru proiectele de generare a energiei regenerabile de dimensiuni mai mari.

Mecanismul de Facturare Netă reprezintă o modalitate de calcul și compensare a energiei electrice furnizate în rețea de către producătorii de energie regenerabilă.

Aceste mecanisme și inițiative reflectă angajamentul Republicii Moldova în promovarea și dezvoltarea energiilor regenerabile, cu scopul de a atinge obiectivele de independență energetică, securitate și protecție a mediului înconjurător.

Sectorul agroalimentar

În ceea ce privește dezvoltarea surselor regenerabile în sectorul agroalimentar, agro-energiile joacă un rol esențial în promovarea economiei verzi, combinând inovația și eficiența cu conservarea teritoriului și biodiversității și cu reducerea efectelor negative ale crizei climatice. Republica Moldova se remarcă prin intensitatea emisiilor de 456 g CO_2eq/kWh conform Fig. 3, în comparație cu alte țări precum România (249 g CO_2eq/kWh) și Polonia (805 g CO_2eq/kWh) [4]. Motivele pentru interesul crescut în energiile regenerabile derivă din oportunitățile de diversificare a activităților la nivel de întreprindere, posibilitatea de a transforma și valorifica deșeurile agricole, necesitatea de a atinge autonomia energetică și dorința evidentă de a reduce amprenta de carbon și impactul negativ asupra mediului. În ultimii ani, tehnologiile regenerabile agricole au cunoscut o creștere semnificativă, datorită stimulentelor acordate, în special în domeniile energiei solare fotovoltaice și eoliene.

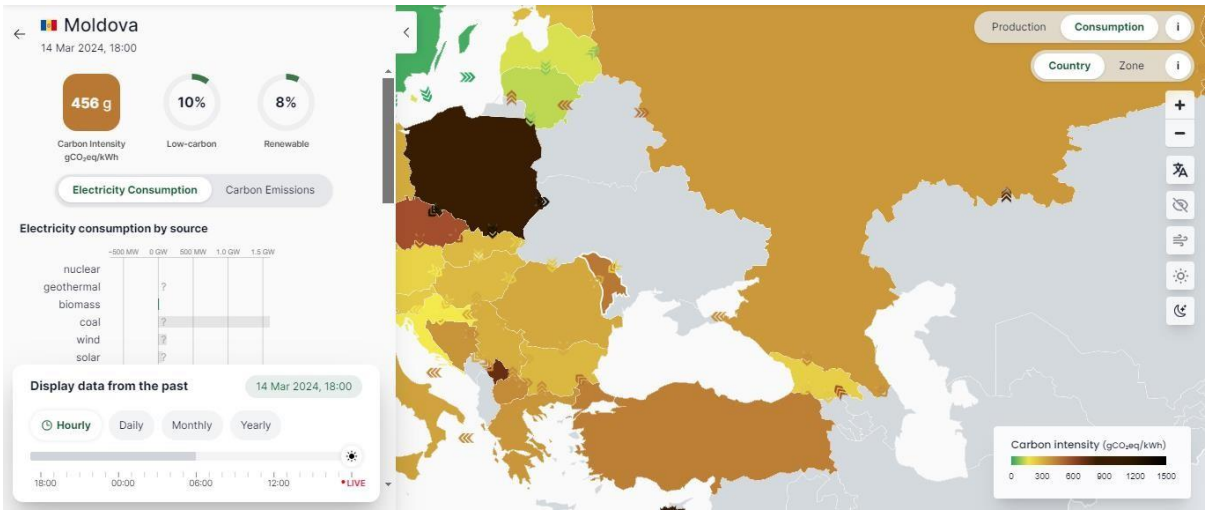


Figura 3. Gradul de carbonizare specific zonelor [4]

Sectorul industrial

Un actor major în producția de băuturi alcoolice și nealcoolice, și-a asumat un angajament ferm de a reduce emisiile sale de carbon la zero și a implementat un plan concret pentru a atinge acest obiectiv. Ca parte a acestui plan, s-a decis să treacă la utilizarea vehiculelor electrice în locul stivuitoarelor alimentate cu GPL. Din iunie 2023, primele șapte vehicule electrice au fost deja introduse în uz, ceea ce a dus la o reducere anuală a consumului de gaze cu 19.698 kg și a emisiilor de dioxid de carbon cu 59.500 kg.

De asemenea, a finalizat instalarea unei stații de generare a biogazului, care utilizează biogazul recuperat de la stația de epurare a apelor uzate. Acest biogaz este amestecat apoi cu gazul natural în centrala termică, ceea ce duce la o reducere anuală a consumului de gaz natural de aproximativ 135.000 m3, echivalentul consumului anual de gaz pentru 420 de apartamente [5].

Concluzii

Republica Moldova dispune de un potențial semnificativ neexploatat pentru producția de electricitate din surse regenerabile. Doar o parte din acest potențial teoretic poate fi exploatată practic în prezent din cauza diverselor bariere, inclusiv capacitatea limitată de echilibrare a sistemului energetic și utilizările competitive ale terenurilor (de exemplu, pentru agricultură). Cu toate acestea, dacă aceste bariere sunt abordate și dacă Moldova își transformă sistemul de electricitate într-unul mai modern și mai flexibil, ponderea energiilor regenerabile variabile în mixtul energetic poate fi crescută.

Adoptarea cadrului reglementar pentru implementarea Legii privind Promovarea Utilizării Energiei din Surse Regenerabile, care a intrat în vigoare în 2024, astfel încât, schemele de contorizare netă și prețurile de achiziție garantate au fost deja implementate, rezultând într-o creștere a producției de electricitate din surse regenerabile și mecanismul de facturare netă a adus un aport privind supradimensionarea instalațiilor.

Este pozitiv faptul că Legea privind Energiile Regenerabile permite o flexibilitate suficientă pentru susținerea tehnologiilor de energie regenerabilă. Este benefic să se ia în considerare toate avantajele și dezavantajele licitațiilor specifice tehnologiei (prevăzute în decizia guvernului) vs. cele tehnologic-neutre, adică la care toate proiectele de energie regenerabilă folosind tehnologii diferite ar concura. Acestea din urmă pot duce la rezultate cel mai eficiente din punct de vedere al costurilor, ducând la prețuri mai mici, în timp ce primele pot duce la un mix energetic mai diversificat și pot atinge alte obiective politice, cum ar fi crearea de locuri de muncă sau dezvoltarea economică locală.

Pentru a reduce riscurile și costurile tranzacționale ale dezvoltatorilor și investitorilor poate servi reducerea diverselor bariere legate de procedurile administrative, negocierile contractuale, accesul la rețea, impozitare și accesibilitatea terenului. Abordarea costului și disponibilității terenului pentru centralele electrice regenerabile aduce la evitarea barierelor de intrare pentru investitori.

Mulțumiri. Doresc să exprim sincere mulțumiri coordonatorului științific, domnului lect., univ., ROTARI Iulian, pentru sprijinul și încurajarea oferite în timpul redactării acestui articol. Sunt recunoscător pentru oportunitatea de a analiza aspectele din domeniul energetic, inclusiv cadrului legal și tehnic, și pentru faptul că mi-am putut contura o viziune mai clară asupra acestuisubiect, datorită sprijinului dumnealui.

Referințe

[1] International Energy Agency 2022 - Moldova 2022 Energy Policy Review, France, 2022
[2] Agenția pentru Eficiență Energetică: Evoluția producției de energie din surse regenerabile în Republica Moldova, ©2023 [citat 27.02.2024]. Disponibil: aee.md
[3] Agenția Națională Reglementare în Energetică: ANRE a aprobat tarifele fixe și prețurile plafon la energia electrică produsă din surse regenerabile de energie, ©2020 [citat 28.02.2024]. Disponibil: www.anre.md
[4] Electricity maps: Moldova, [citat 28.02.2024]. Disponibil: https://app.electricitymaps.com
[5] AGORA: Efes Moldova-un exemplu de succes în adoptarea economiei verzi și reducerea emisiilor de carbon, ©2023 [citat 28.02.2024]. Disponibil: https://agora.md

SISTEME DE TELEGESTIUNE PENTRU ILUMINATUL PUBLIC

Gheorghe OPREA

Departamentul Energetica, grupa EE-23M, Facultatea Energetică și Inginerie Electrică,
Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

*Autorul corespondent: Gheorghe OPREA, e-mail gheorghe.oprea@en.utm.md

Coordonatorul științific **Ina DOBREA**, dr., lect. univ., FEIE, UTM, Moldova

Rezumat. *Iluminatul stradal reprezintă un serviciu public furnizat de autoritățile publice la nivel local. Implementarea sistemelor de iluminat inteligent permite reducerea costurilor cu 30-40% din consumurile de energie electrică pe care le suportă administrația publică. Noile tehnologii în iluminatul public stradal aduse pe piața Republicii Moldova au scopul de a satisface cerințele comunităților locale: siguranța rutieră și pietonală, siguranță personală, confortul și calitatea vieții, ambianța urbană, aspectul arhitectonic al clădirilor și peisajului.*
Sistemele de telegestiune pentru iluminatul public determină trecerea de la iluminatul clasic la cel inteligent: mai verde, mai sigur, mai econom, mai eficient, mai flexibil și adaptabil. Cu ajutorul acestor sisteme inteligente de iluminat public, autoritățile pot controla de la distanță pornirea/oprirea și ajustarea intensității luminii, pot programa iluminatul în funcție de orele de răsărit și apus, pot monitoriza parametrii electrici ai rețelei.
În lucrarea dată se analizează sistemele de iluminat prin telegestiune care se bazează pe utilizarea unor sisteme inteligente și conectate, care permit monitorizarea și gestionarea iluminatului public în timp real.

Cuvinte cheie: *telegestiune, iluminat, eficiență, monitorizare..*

Introducere

Telegestiunea iluminatului public este un instrument de calitate și control al viitorului iluminat public. Consumul de energie electrică a iluminatului public în localitățile din Republica Moldova constituie cca 40% din totalul consumat, în comparație cu Uniunea Europeană acest plafon constituie cca 19%. Pentru reducerea consumului de energie electrică a iluminatului public s-a elaborat un sistem de automatizare bazat pe relee de timp, care avea ca scop deconectarea acestuia după ora 00:00, ceea ce impunea intervenții fizice la 2-3 săptămâni la fiecare panou de comandă determinate de orele de apus și răsărit. Acest tip de automatizare este costisitor din considerentele gestiunii fizice, cu suportul resurselor umane, ce constituie cheltuieli suplimentare. Acest regim creează un disconfort social, dar și o calitate inferioară iluminatului stradal.

Aspectele esențiale a unui iluminat public eficient sunt:

1. Siguranța traficului: iluminarea publică a permis micșorarea accidentelor rutiere cu 30% - 70% din accidentele cu implicarea pietonilor, bicicliștilor și motocicletelor în perioada de noapte.
2. Creșterea confortului societății și mobilității: prin adoptarea iluminatului public modern se creează un confort pentru societate ceia ce permite dezvoltarea și creșterea populației, ca perspectivă creând condiții sociale mai bune.
3. Calitatea luminii: un sistem de iluminare bine gândit și modern nu doar protejează mediul și biodiversitatea, dar și reduce îmbolnăvirile provocate de luminat public necalitativ:
   a. *Insomnie*: lumina stradală excesivă sau lumina albastră de la LED creează perturbații a ritmului circadian ce duce la tulburări de somn, somn de calitate scăzută, insomnie.

b. *Ochi obosiți sau tulburări de concentrare*: prin implementarea unui sistem de iluminat public greșit poate duce la afectarea vederii, dificultăți de percepere a contrastului sau identificarea detaliilor.
c. *Probleme psihologice*: tulburări psihologice din cauza iluminatului excesiv, anxietate prin perturbarea ritmului circadiene și a somnului.
d. *Creșterea riscului de cancer*: cercetările științifice au demonstrat că perturbarea ritmului circadian duce la producția de hormoni și riscul de îmbolnăvire cu cancer de sâni și de prostată.

4. Eficiența Energetică: modernizare iluminatului public are ca beneficiu reducerea consumului de energie electrică cu cca 40-70% și reducerea emisiilor de CO_2, eliminarea din utilizare a lămpilor incandescente și cele cu descărcare în gaze.

Pentru iluminatul stradal în Europa s-a creat protocolul DALI „Digital Addressable Lighting Interface” și 0-10V, ceia ce permite gestionarea iluminatului public prin dimmarea puterii felinarului LED. Dimmarea are ca scop creșterea eficienței luminoase, reducerea consumului de energie, reglarea culorii luminii, unghiului de emisie, uniformitatea luminii, monitorizarea sistemului de iluminat public, fiabilitatea iluminării publice, confortul vizual etc. [1].

Ca soluție eficientă pentru excluderea perturbării procesului tehnologic a iluminatului public, telegestiunea poate fi programată să funcționeze în regim dorit, cum ar fi:

1. Elaborarea unui program de control care va gestiona redarea luminozității medii a îmbrăcămintei rutiere în conformitate NCM C.04.02:2017 [2] la diferite ore ale zilei și în diferite condiții de mediu, asigurând astfel siguranța rutieră și confortul vizual al locuitorilor. De exemplu, pentru o stradă locală de clasa C1 cu viteză calculată de 60km/oră, cu nr. de benzi 2-4, cu capacitatea traficului de mașini 1,5-3 mii/oră este necesară o luminozitate medie a îmbrăcămintei rutiere Lmed=0,8 cd/m^2 și nivelul de lumină Emed=15lx, cu 30% la micșorarea intensității traficului până la 1/3 a valorii maxime și cu 50% la micșorarea intensității traficului până la 1/5 a valorii maxime [2], fără implicarea unor manevre fizice.
2. Crearea unui sistem inteligent cu implicarea inteligenței artificiale, cu utilizarea camerelor video amplasate pe străzi, telegestionarea automată a nivelului de lumină prin analiza numărului de autovehicule pe diferite categorii de străzi, respectând iluminatul pietonal.

Sistemele de telegestiune sunt o soluție conformabilă care nu depășește 25% din costul investițional a unui sistem de iluminat stradal, dar poate aduce o eficiență energetică de 20-50%. Prin modernizarea sistemelor de iluminare publică cu aplicarea telegestiunii creăm viitorul orașelor și integrarea lor în orașe inteligente (smart city), ca bază fiind dezvoltarea sustenabilă și îmbunătățirea calității de viață a locuitorilor [3].

Sisteme de telegestiune bazate pe rețele de comunicație cu fir

Sistemele pentru iluminatul public bazate pe rețele de comunicație cu fir sunt soluții tehnologice care utilizează cabluri fizice pentru a transmite date și comenzi între echipamentele de iluminat și centrele de control. Aceste sisteme oferă o serie de avantaje și caracteristici:

1. Fiabilitate: cablurile fizice oferă o conexiune stabilă și fiabilă între echipamentele de iluminat și centrele de control, reducând riscul de interferențe sau de pierdere a semnalului.
2. Securitate: comunicarea prin cabluri fizice este mai greu de interceptat sau de accesat neautorizat în raport cu comunicațiile wireless, asigurând un nivel mai ridicat de securitate a datelor și a controlului sistemului de iluminat.
3. Lățime de bandă: rețelele de comunicație cu fir pot suporta rate mari de transfer de date, permițând transmiterea rapidă a informațiilor între echipamentele de iluminat și centrele de control.

4. Capacitate de gestionare extinsă: aceste sisteme pot gestiona o mare varietate de dispozitive de iluminat și pot oferi funcționalități avansate de control și monitorizare a întregului sistem.
5. Economie de costuri pe termen lung: chiar dacă costurile inițiale de instalare pot fi mai ridicate decât în cazul soluțiilor wireless, rețelele de comunicație cu fir pot oferi economii de costuri pe termen lung datorită fiabilității și durabilității lor, precum și a costurilor mai scăzute de întreținere.
6. Compatibilitate cu infrastructura existentă: rețelele de comunicație cu fir permit integrarea ușoară în infrastructura existentă, cum ar fi cablurile de alimentare sau alte rețele de comunicații cu fir deja instalate.

Sistemul PLC (Power Line Communication)

PLC este un sistem de control ce utilizează frecvența de până la 500 kHz pentru transmiterea semnalului de telegestiune. Componentele acestui sistem includ analizator de putere, module de comunicație (concentrator) și relee de comutare (dimming).

Sistemul de comunicație prin linie de putere (PLC) în sistemul de iluminat public utilizează infrastructura existentă a rețelei electrice pentru a transmite date și comenzi către dispozitivele de iluminat Fig.1. Procesul de funcționare al unui astfel de sistem poate fi descris în mod general:

1. Transmisie de date: datele sunt transmise de la punctul de control central (de exemplu, un centru de comandă al municipiului sau un centru de monitorizare) către dispozitivele de iluminat prin intermediul rețelei electrice existente. Aceste date pot include instrucțiuni pentru aprinderea sau stingerea luminilor, reglarea nivelului de iluminare, diagnosticarea stării dispozitivelor etc.
2. Modulație: datele sunt modulate și încapsulate în semnale electrice, care sunt apoi injectate în rețeaua electrică de către echipamente specializate.
3. Recepție și decodare: dispozitivele de iluminat echipate cu module PLC primesc semnalele transmise prin liniile electrice. Acestea decodează semnalele și interpretează comenzile primite, acționând în consecință asupra funcționării lor.
4. Feedback și raportare: unele sisteme PLC permit, de asemenea, dispozitivelor de iluminat să trimită înapoi informații către centrul de control, cum ar fi starea de funcționare, consumul de energie, diagnosticarea erorilor etc. Aceste date pot fi folosite pentru monitorizarea și gestionarea eficientă a sistemului de iluminat public.

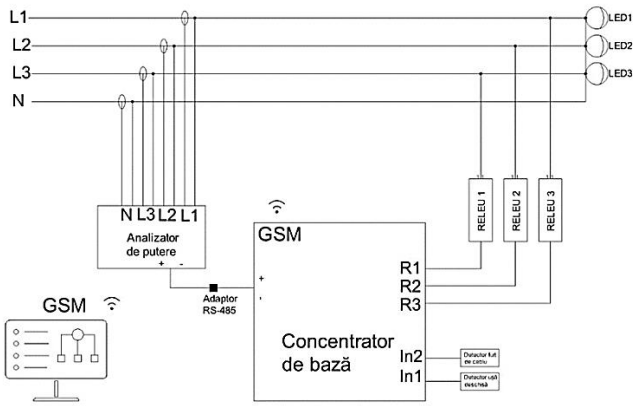


Figura 1. Schema de conectare a PLC în sistemul de iluminat public

Sisteme de telegestiune bazate pe rețele fără fir

Sistemele bazate pe rețele fără fir pentru iluminatul public sunt soluții tehnologice care utilizează comunicații wireless pentru a transmite date și comenzi între echipamentele de iluminat și centrele de control, au aceleași avantaje ca și rețele cu fir, dar schema de conexiune este mai simplă. Așa tip de sisteme sunt ZIGBEE, LoRa, GSM. Un avantaj esențial constituie lipsa necesității rețelelor prin cablu speciale și nu provoacă perturbații de rezonanță în sistemele de iluminat public [4].

Sistemul ZIGBEE

ZIGBEE este o tehnologie de comunicație fără fir bazată pe standardul IEEE 802.15.4. Această tehnologie oferă aceleași avantaje și caracteristici pentru iluminatul public cum ar fi ușurința de implementare, adăugarea simplă a altor receptori. Principiul de lucru este bazat pe utilizarea unei rețele mesh care de la concentratorul de comandă transmite datele de semnal de la un receptor la altul pe o distanță considerabilă Fig. 2. Dezavantajul sistemului - dificultatea de transmitere a semnalului în cazul obstacolelor fizice, (clădiri, copaci, alte rețele wireless).

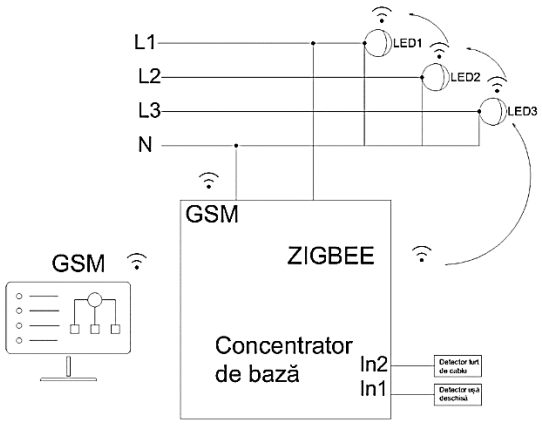


Figura 2. Schema de conectare a ZIGBEE în sistemul de iluminat public

Sistemul LoRa (Long Range)

Sistemul LoRa (Long Range) este o tehnologie de comunicație wireless utilizată în domeniul Internetului Obiectelor (IoT) pentru a permite transmiterea datelor pe distanțe lungi, cu un consum redus de energie. Modul de funcționare a sistemului prevede conectarea la o rețea radio sau telefonie mobilă liberă. Folosind modulația chirp spread spectrum, LoRa este rezistent la interferențe și poate comunica în condiții dificile de semnal, cum ar fi în mediul urban dens sau în locuri greu accesibile. Rețelele LoRa sunt compuse din noduri (senzori și dispozitive), gateway-uri (pentru colectarea și transmiterea datelor) și un server de rețea pentru procesarea datelor. Aceste rețele pot fi private sau pot face parte din rețele LoRaWAN publice, care asigură comunicația bidirecțională, autentificarea dispozitivelor și criptarea datelor, oferind astfel securitate și eficiență în gestionarea traficului de date Fig. 3. În concluzie, LoRa este o soluție eficientă și flexibilă pentru conectarea dispozitivelor IoT la distanțe mari, contribuind la dezvoltarea orașelor inteligente și a aplicațiilor industriale [4].

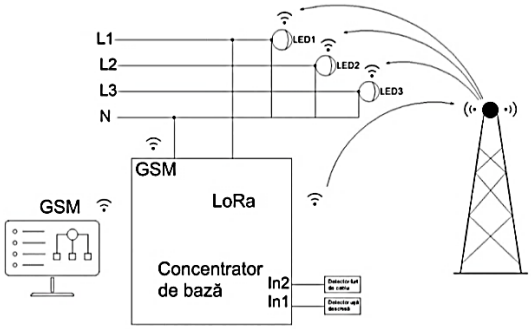


Figura 3. Schema de conectare a LoRa în sistemul de iluminat public

Sisteme GSM pentru iluminatul public

Sistemele GSM (Global System for Mobile Communications) pentru iluminatul public sunt soluții inteligente care permit monitorizarea și controlul la distanță al iluminatului stradal. Sistemele GSM pentru iluminatul public funcționează prin utilizarea tehnologiei de comunicații mobile pentru a permite controlul și monitorizarea la distanță a iluminatului stradal. Acesta oferă control individual al fiecărei lămpi și se integrează cu diverse tehnologii de comunicații, inclusiv NB-IoT și LTE-M1. Sistemul dat este avansat, îmbunătățește gestionarea iluminatului public, simplifică schema de execuție, dar și deschide calea către orașe mai inteligente și mai sustenabile. Utilizând protocoalele operatorului de rețea, sistemul dat este ușor adaptabil la rețele vechi de iluminat public. Din aceste considerente sistemul nu creează perturbații de semnal, permanent accesibil, nu necesită lucrări de mentenanță. În Fig.4 este prezentat modul de lucru al acestui sistem, prin simplitatea s-a acest sistem nu e doar cel mai efectiv, dar și ușor adaptabil în orice rețea de iluminare publică, necesitând investiții acceptabile [5].

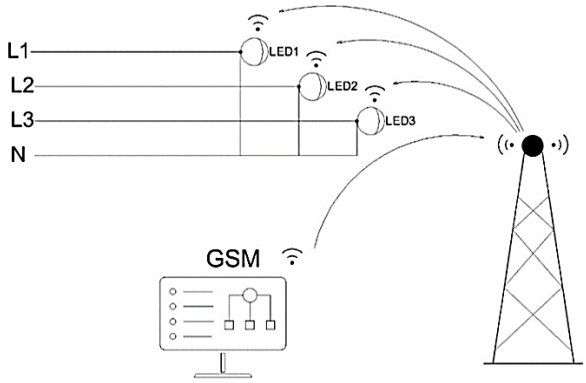


Figura 4. Schema de conectare a GSM în sistemul de iluminat public

Conectori tip Zhaga și Nema

Sistemele de telegestiune fără fir nu pot funcționa dacă nu vor utiliza doua standarde internaționale Conectorii tip Zhaga și NEMA pentru conectarea dispozitivelor de iluminat și a altor echipamente utilizate în industria iluminatului.

Conectori tip Zhaga

Zhaga este un consorțiu internațional format din producători de dispozitive de iluminat și alte companii din industria iluminatului. Standardul dat vizează interfețele fizice și protocoalele de comunicație între diferitele componente ale sistemelor de iluminat. Conectorii Zhaga sunt

proiectați pentru a permite schimbul rapid și ușor al diferitelor componente ale sistemului de iluminat, fără a fi necesare modificări sau adaptări semnificative ale dispozitivelor existente. Acești conectori sunt folosiți în principal în sistemele de iluminat exterior și urban, dar și în alte aplicații comerciale și industriale, Fig. 5 (a).

Conectori tip NEMA

NEMA (National Electrical Manufacturers Association) este o asociație comercială din Statele Unite care dezvoltă standarde și specificații pentru diverse produse electrice și electronice, inclusiv dispozitive de iluminat. Acestea sunt standardizați pentru a asigura compatibilitatea între diferite echipamente și accesorii electrice, inclusiv în iluminatul public și industrial.

Standardele NEMA acoperă o gamă largă de aspecte, inclusiv dimensiunile și specificațiile mecanice ale conectorilor, clasificările de protecție împotriva factorilor de mediu și cerințele de performanță electrică și mecanică.

Conectorii tip NEMA sunt utilizați într-o varietate de aplicații, inclusiv în iluminatul stradal, în industria de construcții, în sistemele de alimentare cu energie electrică și în alte echipamente electrice și electronice Fig. 5 (b).



a. **b.**

Figura 5. Conector tip Zhaga (a) și tip Nema (b)

Concluzii

Iluminatul Public nu este doar o simplă iluminare ce ne iluminează drumul, dar este stilul de viață care îl avem de zi cu zi. Un iluminat public calitativ are la bază crearea confortului local, micșorarea accidentelor rutiere, mod de viață sănătos și o comoditatea de exploatare. Statistic s-a demonstrat că iluminatul public bazat pe LED creează o eficiență energetică de 40-70%, dar telegestiunea mai o crește cu încă 30-50%. ”Viitorul orașelor inteligente începe de la Iluminatul Public”.

Referințe:

[1] (IDIS) „Viitorul”, *Ghid practic privind iluminatul stradal în zonele rurale ale Moldovei*, Chișinău: Agenția de Cooperare Internațională a Germaniei (GIZ) GmbH, 2015. Disponibil www.aee.gov.md/Ghid_practic.pdf

[2] NCM C.01.06-2014, INCP„Urbanproiect”, Exigenţe funcţionale, Chișinău: MDRC, 201, 2017.

[3] SMART STREET LIGHTING. Disponibil: https://intelilight.eu/?lang=ro%2F

[4] Diaconu, Emil. Smart Lighting System. In: *The Scientific Bulletin of Electrical Engineering Faculty*. 21. 6-9. 10.2478/sbeef-2021-0002. DOI:10.2478/sbeef-2021-0002.

[5] Carloto, F.G., Costa, M.A., Barriquello, C.H., Bernardon, D.P., Silva Spode, N.D., Maziero, L.P., Vizzotto, W.D., & Reck, F.G. The Role of a Smart Street Lighting into a Smart Grid Environment. In: *2019 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference - Latin America (ISGT Latin America)*, 1-6. Disponibil: www.researchgate.net/TheRoleSmart

RECONSTRUCȚIA STAȚIILOR DE TRANSFORMARE 110 kV CU UTILIZAREA ÎNTRERUPTOARELOR ÎN VID

Serghei VRABIE

Departamentul Energetica, grupa EE-23M, Facultatea Energetică și Inginerie Electrică,
Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

**Autorul corespondent: Serghei Vrabie, e-mail serghei.vrabie@en.utm.md*

Coordonatorul științific **Ina DOBREA**, dr., lect. univ., FEIE, UTM, Moldova

Rezumat. *Stațiile de transformare ca noduri energetice importante, sunt elementele vitale ale Sistemului Electroenergetic, fiind parte componentă atât a rețelelor de transport, cât și a celor de distribuție. Majoritatea stațiilor de transformare din Republica Moldova au fost construite în anii 1950-1980 și au devenit complet depășite. În afară de uzura morală și fizică a echipamentelor electrice, sunt învechite soluțiile tehnice și constructive, ceea ce determină deconectări de avarie, scurtcircuite și alte situații anormale. Având în vedere că construirea unei noi stații este destul de costisitoare și prezintă un proces îndelungat (documente de autorizare, documentație de proiect, alocarea terenului, alte aspecte procedurale), se preferă reconstrucția celor existente.*

În lucrare se propune reconstrucția stațiilor existente cu scurtcircuitoarelor și separatoarelor de secționare și utilizarea întreruptoarelor în vid.

Cuvinte cheie*: stație de transformare, întreruptor în vid, întreruptor cu hexafluorură de sulf.*

Introducere

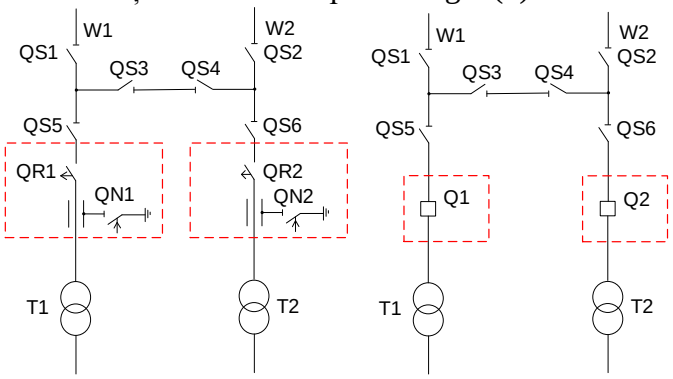
Cerința de bază privind dezvoltarea instalațiilor electrice din cadrul stațiilor de transformare este asigurarea continuă a consumatorilor cu energie electrică concomitent cu asigurarea unui grad ridicat de fiabilitate și siguranță. Fiabilitatea, siguranța și eficiența stațiilor de transformare pot fi îmbunătățite semnificativ prin utilizarea celor mai moderne echipamente electrice și tehnologii inovative, cum ar fi: digitalizare, echipamente de protecție inteligente, sisteme avansate de comunicație, etc .Soluțiile tehnice inovatoare determină:

- utilizarea celor mai noi echipamente electrice cu grad de fiabilitate sporit;
- implementarea tehnologiilor digitale pentru gestionarea regimurilor de funcționare a echipamentului electric principal;
- autodiagnosticarea și monitorizarea stării echipamentului electric, colectarea, prelucrarea și transmiterea datelor;
- controlul la distanță al aparatelor de comutare;
- utilizarea celulelor prefabricate compacte;
- utilizarea aparatelor cu izolație în hexafluorură de sulf (SF_6) și în vid 110 kV;
- realizarea instalațiilor capsulate izolate în gaz, mai ales în localitățile cu construcții dense și vechi, în centrele culturale și istorice;
- utilizarea echipamentelor care nu necesită mentenanță sau un volum redus de deservire;
- implementarea protecțiilor și automatizărilor digitale;
- implementarea tehnicilor bazate pe inteligență artificială.

Exploatarea unei stații de transformare care nu a fost retehnologizata/modernizată poate duce la o serie de întreruperi de energie electrică care ridică costurile si generează performanțe scăzute din punct de vedere tehnic.

Schema „două blocuri linie-transformator cu punte neautomată”

Începând cu anii 50-60 a secolului trecut Stațiile de transformare 110 kV realizate după schema „două blocuri linie-transformator cu punte neautomată” cu separatoare de secționare (SS-QR) și scurtcircuitoare (SC-QN) Fig. 1(a) constituia o soluție justificată economic. Întreruptoarele cu ulei sau cu aer comprimat erau costisitoare și necesitau instalații suplimentare, cum ar fi stații de compresoare sau de ulei, inclusiv cheltuieli suplimentare pentru deservirea lor. Având în vedere multiplele dezavantaje a soluției SS+SC, cum ar fi crearea unui scurtcircuit monofazat sau bifazat voit și, respectiv, solicitări suplimentare ale acestora, deconectarea stațiilor alimentate de la aceeași linie, refuzul SS și SC în condiții de poluare intensă sau chiciură, s-a decis înlocuirea SS și SC cu întreruptoare Fig. 1(b).



a). **b).**

**Figura 1. Schema „două blocuri linie-transformator cu punte neautomată”
cu utilizarea separatoarelor de secționare și scurtcircuitoarelor;
cu utilizarea întreruptoarelor**

Actualmente, stațiile de transformare realizate după schema învechită SS+SC se reconstruiesc. În Republica Moldova mai există un număr considerabil de stații care necesită modernizarea atât a echipamentului, cât și a soluțiilor constructive. Amplasarea Republicii Moldova într-o zonă seismică activă constituie un argument suplimentar privind scoaterea din exploatare a SS și SC. Conform [1], p. 6.2, nu se admite utilizarea schemelor cu SS+SC la proiectarea stațiilor de transformare noi. Catalogul nou a soluțiilor tip ale instalațiilor de distribuție [2] nu prevede schema cu SS+SC.

Întreruptoare în vid

Întreruptoarele moderne cu hexafluorură de sulf (SF_6) cuprind toată gama tensiunilor nominale, devenind cele mai utilizate în instalațiile 110 kV. Pe lângă avantajele incontestabile ale acestora se pune problema emisiilor de gaz SF_6 ale aparatelor de comutație ce contribuie semnificativ la pericolul efectului de seră și al schimbării asociate a climei.

Alternativă disponibilă pe piață constă în utilizarea întreruptoarelor cu vid, numită „comutație ecologică” [2]. Până nu demult, echipamentele de comutație în vid avansat se utilizau numai în instalațiile de joasă și medie tensiune. În ultimii ani pe piața electrotehnică au apărut întreruptoare cu vid 110 kV și chiar 220 kV. Principalii producători sunt întreprinderile din SUA (Joslin), Suedia (Hughes Power System), Rusia (НПП Контакт, Высоковольтный союз, Элвест).

O tendință bine conturată a producătorilor de întreruptoare de înaltă tensiune este crearea aparatelor de tip inteligent (numite întreruptoare în vid inteligente) [3]. Asemenea modele inovatoare au la bază un întrerupător cu vid cu dispozitive integrate care îndeplinesc trei funcții principale - protecție, comutație și măsurare. Toate modulele funcționale (modul de comunicare, modul de intrare/ieșire binară, modul de calcul) sunt conectate într-un singur sistem comun. Ele permit schimb de date în timp real, sporind caracteristicile de comutare ale întrerupătorului.

Avantajele principale ale întreruptoarelor în vid [4]:
- număr mare de comutări - 10.000 pentru secvența de operare Închis/Deschis;
- costuri operaționale reduse (nu necesită suplinirea gazului);
- exploatarea într-un interval larg de temperaturi, de la -60 ºC (fără încălzire suplimentară) până la +50 ºC;
- nu prezintă pericol de incendiu și explozie;
- sunt echipamente cu comutare ecologică.

Studiul comparativ a întreruptoarelor cu SF_6 și celor în vid este reflectat în Tab. 1.

Tabelul 1

Caracteristici comparative a întreruptoarelor cu SF_6 și în vid

Caracteristica	Întreruptor cu SF_6	Întreruptor în vid
Numărul de comutări a curentului de rupere	10 – 50	30 – 400
Numărul de comutări a curentului normal	până la 10 000	până la 30 000
Deservire, ani	5 – 10	10 – 20 fără deservire
Deservirea polurilor	Complicat (specialiști din fabrică, cerințe dure privind securitatea)	Nu este necesar
Durata de exploatare a camerei de stingere, ani	2500 – 800	24 000

Concluzii

Conform Planului de Dezvoltare a Rețelelor Electrice de Transport în perioada anilor 2018-2027 [5], se prevede reconstrucția/retehnologizarea stațiilor electrice (17%) și retehnologizarea echipamentelor de comutație (7%). Înlocuirea în schemele stațiilor de transformare a separatoarelor de secționare și scurtcircuitoarelor cu întreruptoare în vid va determina îmbunătățirea semnificativă a fiabilității și rețelelor electrice tensiune înaltă. Totodată, înlocuirea întreruptoarelor cu SF_6 cu tehnologia de comutație în vid, un gaz complet lipsit de fluor, se evită orice posibil impact asupra mediului și sănătății. În acest fel, Republica Moldova va spori angajamentul de reducere a emisiilor de gaze cu efect de seră.

Referințe:

[1] STO 56947007-29.240.10.248-2017. Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ (НТП ПС). Disponibil: https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293740/4293740618.htm.
[2] STO 56947007-29.240.30.010-2008. Схемы принципиальные электрические распределительных устройств подстанций 35-750 кВ. Типовые решения. ОАО «ФСК ЕЭС», 2007.
[3] Porte, W. și Schoonenberg G.C. „Comutația ecologică - Oportunitate pentru a evita emisia de gaz SF6 din rețelele de electricitate, în *al cincilea simpozion internațional asupra gazelor cu efect de seră, cu excepția CO2 (NCGG-5)*, Wageningen, Țările de Jos 2009.
[4] Întreruptoare în vid. Disponibil: www.eds-engineering
[5] Гладков М.А. „*Вакуумные выключатели, преимущества, устройство вакуумных дугогасительных камер*”. Вестник науки, vol. 3, no. 6 (63), 2023, pp. 1064-1069.
[6] Plan de Dezvoltare a Rețelelor Electrice de Transport în perioada anilor 2018-2027. Î.S. “Moldelectrica”. Disponibil: https://moldelectrica.md/files/docs/TYNDP.pdf.

GESTIONAREA POLUĂRII ÎN ENERGETICĂ: SOLUȚII DE CONTROL AL EMISIILOR DE NOx LA UTILIZAREA MOTOARELOR CU ARDERE INTERNĂ

Ștefan PANDELEA

Departamentul Energetică, Facultatea Energetică și Inginerie Electrică,
Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

*Autorul corespondent: Ștefan Pandelea, e-mail stefan.pandelea@en.utm.md

Îndrumătorul/coordonatorul științific: **Corina GUȚU-CHETRUȘCA**, lect. univ., dr., UTM

Rezumat. *În prezent, nu sunt suficiente informații pentru a dezvolta indicatori tehnologici specifici pentru emisiile de NO_x la motoarele cu ardere internă, care în cazul tranziției către utilizarea unor combustibili alternativi cum ar fi biogazul, singazul și hidrogenul demonstrează valori și mai mari comparativ cu combustibilul fosil, inclusiv gazele naturale. În aceste condiții, transpunerea Directivelor Europene privind limitarea emisiilor industriale în cazul oxizilor de azot - unul din principalii poluanți în industria energetică, care condiționează cca 95% din toxicitatea totală a emisiilor instalațiilor de generare a energiei, necesită o abordare complexă și aplicarea celor mai dezvoltate și eficiente soluții tehnologice de control. Articolul propune o analiză a mecanismelor generale de formare și tehnologiilor moderne de reducere a emisiilor de NO_x în cazul motoarelor cu ardere internă.*

Cuvinte cheie*: oxizi de azot, emisii poluante, industria energetică, combustibil fosil, gaze naturale.*

Mulți specialiști și experți în domeniul energetic susțin părerea, că motoarele cu ardere internă (MAI) pot juca un rol important în tranziția către sursele regenerabile de energie. Aceasta în mod special se referă la: flexibilitatea operațională (de până la 10% din puterea nominală); posibilitatea de generare în bază, cu operarea la modelele performante practic constantă (cca 8 000 ore/an); eficiența sporită**:** unele MAI moderne sunt concepute pentru a fi foarte eficiente din punct de vedere energetic, cu randamente electrice declarate de până la 52% - comparabile cu ciclul combinat turbina cu gaze/turbina cu abur, iar în cazul cogenerării randament global de transformare a energiei primare de până la 93%, chiar superior ciclului combinat. Aceste caracteristici fac potrivite MAI atât pentru a compensa fluctuațiile de energie, inclusiv provenite din sursele regenerabile, dar și creșterea generală a eficienței sistemelor energetice, reducând astfel impactul negativ asupra mediului.

În ceia ce privește tipul de combustibil, gazele naturale se planifică a fi principalul tip de combustibil fosil cel puțin în următoarele decenii utilizat în scopuri domestice și energetice, în mod special datorită celor mai buni indicatori ecologici privind emisiile de substanțe nocive în atmosferă printre toți combustibilii fosili disponibili pe piață.

La combustia gazelor naturale principalii poluanți emiși în aerul atmosferic sunt doar trei: CO, NOx și VOCs (*Volatile Organic Compounds* - compuși organici volatili), iar contribuția toxică a oxizilor de azot constituie 95-98%.

Astfel, una dintre principalele probleme la utilizarea gazelor naturale, în mod special condiționat de specificul proceselor de combustie și parametrilor tehnologici a pistoanelor, reprezintă nivelul sporit de emisii NOx - principala clasă de compuși nocivi care se elimină la arderea combustibililor fosili, inclusiv celor care practic nu conțin azot, spre exemplu - a gazelor naturale. De menționat, că efectul toxic al NOx se consideră de către experți a fi de 10 ori mai mare ca efectul emisiilor de carbon. Fără a subestima impactul mijloacelor de transport, totuși principala sursa a emisiilor de NOx la nivel global se consideră Industria Energetică, aceasta datorită consumului uriaș de combustibili fosili.

Tabelul 1

Piața anuală a produselor petroliere conform rapoartelor ANRE în Republica Moldova

Produs	Import, t/an	Echivalent combustibil convențional, t/an	Echivalent gaze naturale, mii m3/an
Benzină	170 000	274 437	240 030
Motorina	640 000	978 567	855 881
Gaz lichefiat	61 000	93 686	81 940
TOTAL	871 000	1 346 689	1 177 851

Totodată, dacă să luăm în considerare consumurile centralelor electrice de termoficare (CET Sursa-1, CET Sursa-2, CET Nord și CTE Cuciurgan), consumul de gaze naturale pentru producerea locală de energie va fi de cca 1.5 miliarde m3/an, sau cu cca 30% mai mult ca toate tipurile de mașini, iar considerând că pentru încălzirea locuințelor se consuma încă cca 600 mil. m3/an, consumul de facto al gazelor naturale în scopuri energetice este practic dublu mai mare față de toate tipurile de produse petroliere împreună luate (cca 2,1 miliarde m3/an).

Nu sunt promițătoare din acest punct de vedere și posibilitățile combustibililor alternativi. Astfel, dacă să luăm în considerare rezultatele ultimilor testări a echipamentelor energetice pe bază de combustibilul, care din mai multe motive se consideră a fi promițător în energetică – hidrogenul, emisiile de NOx sunt și mai mari decât, spre exemplu, a cărbunelui, lignitului, păcurii, biomasei. Aceasta se datorează faptului că, având în vedere că în compoziția aerului atmosferic sunt prezente 78% azot și 21% oxigen, împreună cu reacțiile principale de oxidare a hidrogenului și a carbonului în anumite condiții în zona de ardere se activează în mod secvențial alte reacții paralele și formarea ulterioară a altor oxizi de azot.

În acest sens, DIRECTIVA (UE) 2015/2193 A PARLAMENTULUI EUROPEAN ȘI A CONSILIULUI din 25 noiembrie 2015 privind limitarea emisiilor de anumite poluanți în aer de la instalații de ardere medie, se aplică instalațiilor de ardere cu o putere termică de admisie (eng. *Thermal input*) egală sau mai mare de 1 MW și mai mică de 50 MW („instalații de ardere medie”), indiferent de tipul de combustibil pe care îl folosesc, și limitează valoare maximă admisibilă de NOx la 75 mg/m^3. Astfel, raportate la valorile inferioare a căldurii de ardere (LHV), care nimeresc sub incidența Directivei susmențiunate, acestea vor fi:

Tabelul 2

Diapazonul valorilor consumului orar de combustibili conform Directivei (UE) 2015/2193

Combustibil	Gaze, m^3	Cărbune, kg	Petrol, kg	Păcură, kg	Lemn, kg
LHV, MJ (/m^3/kg)	33,5	29,8	41,8	40,8	16
1 MWt	108	121	86	88	225
50 MWt	5 373	6 040	4 306	4 412	11 250

În ceia ce privește cinetica formării oxizilor de azot, la momentul actual lipsește un model unic, care în mod exhaustiv ar explica mecanismele și condițiile de formare al acestora, dar există modele și sisteme îndeajuns de exacte de a estima valorile aproximative ale oxizilor de azot.

În timpul procesului de ardere la temperaturi înalte, azotul din aer devine reactiv și generează oxizi precum NO, NO_2, N_2O și alții. În produsele rezultate din ardere, se găsesc în principal NO și NO_2, grupate sub denumirea de NOx. Formarea oxidului de azot este posibilă în mai multe scenarii: în primul rând, azotul derivat din azotul molecular din aer; în al doilea rând, prin intermediul radicalilor intermediari, într-o etapă de reacție cu viteză mare cunoscută sub numele de "rapidă"; în al treilea rând, prin prezența azotului în combustibil, denumit azot

combustibil. Prin urmare, avem trei modalități distincte de formare a oxizilor de azot: termică, rapidă și prin intermediul azotului combustibilului.

Oxizii de azot combustibili sunt prezenți în principal în combustibilii solizi și lichizi, care conțin diferiți compuși de azot sau în prezența amoniacului în combustibilul gazos. Studiile au demonstrat că creșterea concentrațiilor de oxizi de azot este asociată cu creșterea conținutului de azot din combustibil. Viteza de formare a acestui tip de azot are o dependență slabă de temperatură. Astfel, deoarece gazele naturale practic nu conțin azot sau conțin într-o măsură neglijabilă, acest mecanism practic nu influențează formarea de NOx la combustia gazelor în MAI.

Formarea oxizilor de azot “rapizi” (promt) în fața flăcării este fundamental diferit de cel pentru NOx termic. Reacția are un caracter mai complex, deoarece este strâns legată de formarea radicalului CN. În condiții reale în motoarele pe benzină, cu atât mai mult în cele diesel și gaze naturale, formarea de NO "rapid" nu depășește 10% din NO total. Prin urmare, în calculul concentrației de NOx în motoarele diesel, care funcționează cu combustibili tradiționali sau alternativi, cum ar fi gazul natural, formarea de NO "rapid" nu este luată în considerare.

Astfel, formarea termică a oxizilor de azot (azotul termic) este principalul mecanism de formare a NOx la combustia gazelor naturale. Cinetica formării a fost definite de Zeldovich în 1946 și de Lavua în 1970, care iau în considerare amestecuri bogate în care cantitatea de oxigen atomic este mică. Aceste fenomene sunt descrise ca “Mecanismul avansat al lui Zeldovich”. Principala influență asupra formării azotului termic o deține temperatura din zona de ardere, care crește exponențial odată cu creșterea temperaturii flăcării. Prin urmare, pentru a diminua emisiile de oxizi de azot, este esențial să se reducă temperatura în zona de ardere și să se minimizeze variațiile locale ale acesteia. Dar obținerea unei scăderi acceptabile a temperaturii medii în camera de ardere nu este suficientă atâta timp cât există regiuni locale cu temperaturi ridicate.

Generalizând, în timpul arderii oricăror combustibili, atât tradiționali cât și alternativi, când oxidantul este aerul, din cauza temperaturilor de ardere ridicate, formarea diferitelor compuși de azot cu oxigenul este practic inevitabilă. În ceia ce privește MAI, cea mai mare parte a NOx formată prin mecanismul NOx termic apare în regiunile de temperatură înaltă din cilindru, acolo unde aerul de combustie s-a amestecat suficient cu combustibilul pentru a produce interfața combustibil/aer la temperatura maximă.

Formarea NOx, la fel ca și a altor componente nocive precum CO, hidrocarburi și particule solide de funingine, depinde în primul rând de raportul de aer excesiv $\alpha_в$ și temperatura de ardere. Concentrațiile produselor de ardere incompletă, cum ar fi CO și CH, cresc în cazul în care amestecul este îmbogățit ($\alpha_в < 1$), iar concentrația maximă a oxizilor de azot NOx este atinsă la o temperatură ridicată în cilindru și un raport de aer excesiv de $\alpha_в$ =1,1. Sărăcirea amestecului ($\alpha_в > 1,2$) duce la scăderea temperaturii de ardere în cilindru (necotând arderii complete, o parte din căldură este absorbită de aerul în exces, ceea ce menține temperatura amestecului la un nivel scăzut), ceea ce duce la reducerea concentrației de NOx.

Totodată, concentrația de oxizi de azot în produsele de ardere depinde direct de calitatea procesului de lucru. Creșterea efectului încălzirii globale, eficiența limitată a motoarelor și legile stricte cu privire la emisii (în special emisiile de NOx și PM) au generat o accelerare în dezvoltarea motoarelor eficiente cu nivelul acceptabil de emisii. Această dezvoltare poate fi împărțită în trei categorii principale: modificări ale configurației motorului înainte de combustie, modificarea combustibilului în timpul combustiei și tehnici de tratare post-combustie

În ceia ce privește modificarea combustibilului în timpul combustiei, există mai multe tendințe și tehnici de modificare la motoare, printre care pot fi enumerate: adaosuri de inhibitori de NOx, care în mod specific reduc reacțiile de formare a NOx în flacără; emulsificarea combustibilului, care poate duce la o ardere mai rece, prin urmare, la o reducere a NOx; utilizarea de combustibili cu temperatură de ardere mai scăzută; tehnici de pulverizare și amestecare mai bune; *staging*-ul combustibilului, care implică împărțirea procesului de ardere în

mai multe etape, unde combustibilul este adăugat treptat pentru a controla temperatura și a reduce formarea de NOx, etc.

Tehnicile de tratare post-combustie sunt la moment bine dezvoltate, și cel mai des utilizate în calitate de mecanism de reducere a emisiilor de NOx. Principalele dintre acestea sunt:

- Reductorul catalitic selectiv (SCR): implică injectarea de amoniac sau uree în fluxul de gaze de eșapament, care reacționează cu oxizii de azot într-un catalizator pentru a forma azot și apă, reducând astfel nivelul de NOx.
- Reducerea catalitică non-selectivă (SNCR): Similar cu SCR, dar fără utilizarea unui catalizator. Amoniacul sau ureea este injectată în gazele de eșapament la temperaturi în care NOx se va reduce la azot și apă.
- Recircularea gazelor de eșapament (EGR): Această metodă implică recircularea unei părți a gazelor de eșapament înapoi în camera de ardere a motorului pentru a reduce temperatura de ardere și a diminua formarea de NOx în timpul combustiei.
- Oxidarea catalitică selectivă (SCO): Această tehnică utilizează un catalizator care favorizează conversia monoxidului de carbon și hidrocarburilor nea arse din gazele de eșapament în CO_2 și apă, ceea ce poate contribui indirect la reducerea NOx.
- Adsorbția și regenerarea NOx (NSR): Acest proces implică captarea oxizilor de azot din gazele de eșapament folosind un absorbant și apoi regenerarea acestuia în afara motorului.
- Analiza proiectelor implementate și în curs de dezvoltare indică faptul, că în majoritatea cazurilor se optează pentru tehnica post-combustie în baza SCR, care de fapt este și cea mai simplă din punct de vedere de realizare tehnică.

Totodată urmează de menționat, că SCR are și un șir de particularități tehnice și economice, care puternic influențează fezabilitatea proiectelor și urmează a fi luate în considerare. Printre acestea:

- Reducerea randamentului electric cu cca 1%, datorat consumului suplimentar de energie.
- Costuri investiționale de cca 60 Euro/kW în echipament, sau cca 3-5% la costul instalației
- Investiții conexe (clădire cu mai multe niveluri, fundație, comunicații) – cca 2% la costul instalației
- Spații adăugătoare pentru reagentul uzat (cca 2% din reagent nu intră în reacție)
- Necesitatea de respectare a regimului de temperaturi între -5C /25C la păstrarea reagentului
- Echipament pretențios, cu un grad sporit de malfuncție, și emisia fonică sporită
- Catalizatorii sunt predispuși la contaminarea cu compușii volatili din gazele de ardere
- Consum sporit de reagent (de 1-2 kg/MWh în dependență de temperatura mediului)
- Dependența costului reagentului de prețul gazelor naturale, din care și cu care se produce.

De asemenea, dat fiind faptul că pentru producerea 1 kg uree se consumă cca 1 kg (≈ 1.4 m3) gaze naturale, devine absurdă reducerea emisiilor la arderea gazelor în scopuri energetice la o locație prin arderea gazelor pentru producere în altă locație.

De exemplu, pentru un proiect de CET de 55 MW în cogenerare de înaltă eficiență în baza MAI pe gaze naturale, valoarea investiției în echipamentul SCR va fi de cca 3 milioane Euro, investițiile conexe de cca 1.5 milioane Euro, iar consumul de reagent (la funcționarea de 8000 ore/an) va constitui cca 500 000 kg, pentru care se vor utiliza chiar la cea mai performantă uzină cca 700 000 m^3 gaze naturale. Concomitent, practic inevitabil se vor forma cca 10 000 kg de deșeuri lichide la locația energetică.

În acest sens, un interes sporit prezintă posibilitățile de modificări ale configurației motorului înainte de combustie, în scopul de limitare a formării de NOx. Urmează de menționat,

că valoarea tipică a emisiilor de NOx "la uzină" al MAI este de cca 500 mg/m^3, care corespunde nivelului maxim admisibil din standardul maritim Tier III (din 1 ianuarie 2016) de 2 g/kWh pentru clasa cu turațiile de cca 2000 rpm, 2,4 g/KWh pentru clasa cu turațiile de 130-1999 și 3,4 g/kWh pentru clasa cu turațiile de sub 130 rpm). Astfel, un motor tipic de clasa 100 kW emite 0.24 kg, unul de clasa 5 MW –12 kg, unul de clasa 9 MW – 21.6 kg, iar unul de clasa 20 MW – 48 kg/h de NOx pe oră.

Totodată, performanța motorului și emisiile de poluanți depind direct de configurația lui, care diferă foarte mult în dependență atât de clasa de puteri, nivelul turațiilor, sistemul de aprindere, executarea pistoanelor, apartenența la *rich-burn* sau *learn-burn* tehnologii, dar și de la producător la producător chiar și la coinciderea parametrilor susmenționați, datorită tehnologiilor individuale proprietare (*know-how*). În acest sens, este complicat de a determina care anume tehnologii își vor găsi aplicarea într-un proiect anumit.

Analiza informațiilor și studiilor cu privire la tehnologiile existente indică posibilitatea aplicării următoarelor tehnici principale de ajustare a arderii combustibilului gazos în MAI în scopul diminuării nivelului de NOx:

- modificarea parametrilor de injecție (presiune, temporizare și durată)
- modificarea rapoartelor de compresie
- modificarea locației duzelor de intrare
- modificarea geometriei camerei.

Astfel, în cazul modelelor moderne a producătorilor cu reputație, există posibilități reale de a micșora nivelul emisiilor de NOx a MAI de cca 6 ori fără aplicarea metodelor de tratare post-combustie (SCR, SNCR, etc), de la valoarea tipică de 500 mg/m3 până la valori sub 75 mg/m3 (cca 35 ppvm), dar care influențează în mod semnificativ performanța motorului, și practic se soldează cu majorarea consumului specific de combustibil. Altfel spus, micșorarea nivelului emisiilor duce inevitabil la micșorarea eficienței, în mod special – al randamentului electric.

Totodată, Standardul ISO-3046, care vizează condițiile de declarare și verificare a puterilor motoarelor cu ardere internă (cu piston) obligă doar raportarea emisiilor, dar nu limitează nici într-un fel nivelul - nici de NOx, nici de CO_2, SO_2 sau altele, la care urmează a fi executate testările. Este firesc, că practic toți producătorii din lume la declararea puterilor și a eficienței produselor indică valoarea maximă, care poate fi obținută doar la nivelul de NOx de 500mg/m3.

Mai mult, dacă nu este agreat din start în condițiile contractuale, Standardul ISO-3046 permite o toleranță față de consumul de combustibil declarat și cel obținut la testări funcționale la punerea în funcțiune de până la 5%. Astfel, urmează a lua în considerare faptul, ca valorile de puteri și randamentele electrice declarate de producători pentru modelele staționare (pe uscat) din piață la momentul actual nu sunt veridice din punct de vedere practic, dat fiind faptul că există foarte puține țări, unde este permisă valoarea de 500 mg/m^3 de NOx.

Este important de menționat, că dependența eficienței de nivelul NOx nu este și practic imposibil să fie liniară. Există o mulțime de factori care influențează procesul, care foarte dificil se supun modelării, astfel că valorile reale pot fi obținute practic doar în rezultatul testelor funcționale pentru modele concrete la fiecare producător. Situația se complică mult datorită faptului, că din motive evidente producătorii nu afișează, sau nu dispun de așa date.

În acest sens, în urma analizei complexe a fenomenului și datelor prezentate de producători, a fost determinat și se propune spre utilizare un coeficient de ajustare, numit convențional *coeficientul de corecție a randamentului MAI la valoarea NOx* de 75 mg/m^3 (Knox75) pentru instalațiile de clasa puterii termice de admisie 1-50 MWth, propus a fi considerat (din valoarea declarată la nivelul de 500 mg/m^3): 0.93 pentru MAI cu diapazonul de puteri unitare 100 – 1000 kW, și 0,96 pentru diapazonul 1000 – 12 000 kW.

Tabelul 3

Dependența randamentului MAI de valoarea NOx

Clasa de viteză	Puterea electrică nominală, MW	NOx, mg/m^3				
		500	250	125	75	Knox75
Viteză înaltă, (1500 rpm)	0,1 - 0,5	39	37,6	36,8	36,2	0,93
	0,5 ... 1	42,6	41,6	41,3	40,9	0,96
	1 ... 2	45,4	44,6	44	43,7	0,96
	2 ... 3	45,7	44,9	44,4	44,1	0,96
	3 ... 4	45,6	44,8	44,2	43,8	0,96
	4 ... 5	46,9	45,9	45,4	45,0	0,96
Viteză medie, (750 rpm)	9 ... 12	49,2	48,2	47,6	47,2	0,96

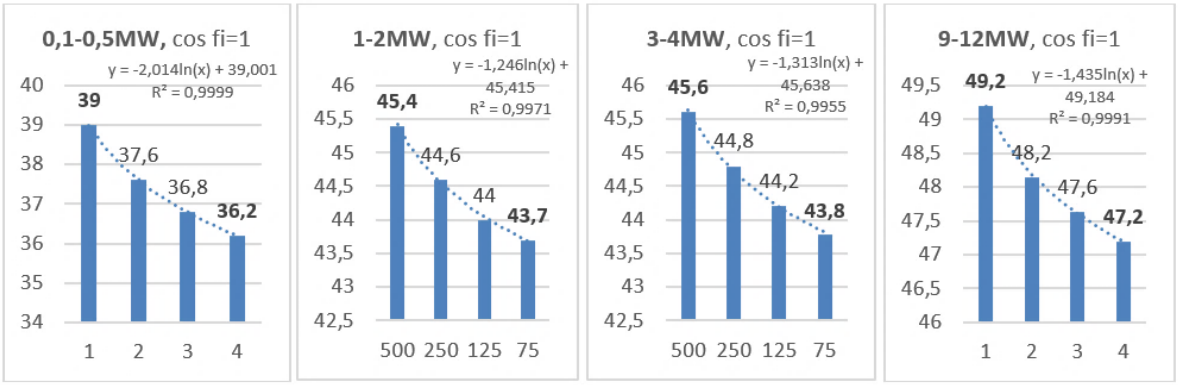


Figura 1. Reprezentarea grafică a dependenței randamentului MAI de valoarea NOx

Concluzii

1. Arderea oricărui tip de combustibil este soldată cu formarea oxizilor de azot, contribuția toxică a cărora în principalele forme de emisii constituie 95-98%.
2. La arderea gazelor naturale cca 95% NOx este formată din azotul atmosferic prin mecanismul termic în regiunile de temperatură înaltă din cilindru.
3. Concentrația NOx în produsele de ardere depinde de calitatea procesului de lucru
4. Cea mai răspândită metodă de micșorare a nivelului NOx este tratarea post-combustie a gazelor de eșapament – SCR, care la nivelul admisibil de 75 mg/m^3 reduce eficiența electrică a motorului cu cca 2,2%, sau cca 1% valoare absolută, necesită investiții majore, cheltuieli anuale suplimentare și formează deșeuri lichide.
5. Există posibilități tehnice de reducere a nivelului NOx prin ajustarea avansată a proceselor de combustie la MAI fără post-tratare (ajustare avansată pre-combustie), care nu necesită investiții inițiale în echipamente de post-tratare, cheltuieli suplimentare anuale, nu formează deșeuri lichide, sporește factorul de capacitate al instalației
6. Ajustarea avansată la nivelul admisibil de 75 mg/m^3 NOx reduce eficiența electrică a motorului cu cca 4%, sau cca 2% valoare absolută.
7. La executarea studiilor de fezabilitatea și a cerințelor tehnice, se recomandă solicitarea de la producător a datelor exacte cu privire la parametrii de funcționare și eficiența MAI la diferite nivele, inclusiv cel admis 75 mg/m^3 de NOx, fără tratare post-combustie.
8. În cazul în care astfel de informații sunt limitate, pentru o estimare practică și realistă se propune spre utilizare coeficientul de corecție a randamentului electric MAI la valoarea admisă de emisii NOx (Knox75).

Mulțumiri. Aduc sincere mulțumiri pentru suportul acordat Dnei Corina GUȚU-CHETRUȘCA, lect. univ., dr., UTM, cât și producătorilor de echipamente pentru informațiile prezentate.

Referințe

[1] Dr I. M. Rizwanul Fattah, State-of-the-Art of Strategies to Reduce Exhaust Emissions from Diesel Engine Vehicles, in Energies **2021**, 14(6), 1766; doi: 10.3390/en14061766
[2] Pulkrabek, W.W. Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine, 2nd ed.; Pearson Prentice Hall: Upper Saddle River, NJ, USA, 2004; Volume 2.
[3] Zeng, K.; Huang, Z.; Liu, B.; Liu, L.; Jiang, D.; Ren, Y.; Wang, J. Combustion characteristics of a direct-injection natural gas engine under various fuel injection timings. Appl.Therm. Eng. 2006, 26, 806–813; doi: 10.1016/j.applthermaleng.2005.10.011
[4] Srinivasan, K.; Krishnan, S.; Qi, Y.; MIDKIFF_, K.; Yang, H. Analysis of diesel pilot-ignited natural gas low-temperature combustion with hot exhaust gas recirculation. Combust. Sci. Technol. 2007, 179, 1737–1776 Doi:10.1080/00102200701259882

SISTEM AUTOMATIZAT DE ILUMINAT PUBLIC STRADAL CU CORPURI DE TIP LED CONECTATE LA UN SISTEM TRIFAZAT

Iulian ROTARI

Universitatea Națională de Știință și Tehnologie POLITEHNICA BUCUREȘTI, Facultatea Energetică

Iulian Rotari, iulian.rotari@ee.utm.md

Îndrumătorul **Victor GROPA**, *dr., lect. univ.*,
Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea Energetică și Inginerie Electrică,
Departamentul Energetică, Chișinău, Republica Moldova

Îndrumătorul **Nicolae MOGOREANU**, dr., conf. univ., Post-Mortem,
Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea Energetică și Inginerie Electrică,
Departamentul Energetică, Chișinău, Republica Moldova

Rezumat. *Dezvoltarea unui sistem de iluminat stradal modern poate aduce mai multe beneficii autorităților orașului, cum ar fi economii și gestionare mai eficientă a banilor publici. Iluminatul stradal inteligent pe baza de LED poate reduce facturile la utilități, poate crește siguranța publică, poate îmbunătăți condițiile de trafic și poate monitoriza parametrii de mediu. Iluminatul stradal reprezintă aproximativ 40% din consumul mediu de energie electrică al unui oraș iar becurile cu LED-uri pot reduce consumul de energie pentru iluminatul stradal cu până la 50%.*

Cuvinte cheie*: iluminat eficient, bandă LED, consolă.*

Introducere

Iluminatul public stradal se realizează pentru iluminatul căilor de circulaţie publică, străzi, trotuare, pieţe, intersecţii, treceri pietonale, poduri, pasaje, pasaje sub și supraterane, aleilor şi zonelor pietonale, grădinilor, parcurilor dar şi pentru punerea în valoare a monumentelor, ansamblurilor arhitecturale, clădirilor şi construcțiilor și/sau a spaţiilor publice cu valoare monumentală și de interes patrimonial amplasate în localități.

Sistemul de iluminat public stradal amplasat în campusul UTM din sectorul Râşcani

Sistemul de iluminat public stradal amplasat în campusul UTM (în fața blocurile UTM 3, 6 și 5) din sectorul Râșcani este montat pe 13 piloni (înălțimea de 10 m) a liniei electrice aeriene cu lungimea totală 600 m şi poate fi utilizat pentru a ilumina străzi înguste, cu două benzi de circulaţie pe sens (străzi cu sens unic) sau cu o bandă pe sens (străzi cu două sensuri) [1].

Dotarea sistemului de iluminat stradal cu cel mai primitiv sistem de reglare a nivelului de iluminare ar permite reducerea consumului de energie electrică cu 15 – 20 %. Sistemul de iluminat stradal din campusul Râșcani a UTM Fig. 1 a fost realizat în mod similar ca și unele sisteme de iluminat din țară, cu distanțe relative mari între piloni (distanța maximă între 2 piloni este de 50 m), existența acestei infrastructuri a servit ca premise pentru a implementa noua soluție tehnologică, elaborată în primul an de desfășurare a proiectului de cercetare „Comunicarea inteligenţei Orașului Modern prin implementarea sistemelor inovative a iluminatului public” 20.80009.0807.33 [1].

Experiența practică indică necesitatea de a solicita de la proiectanţi/executanţi prezentarea paşapoartelor corpurilor de iluminat utilizate sau de obligat proiectantul de a prezenta rezultatele testărilor corpurilor de iluminat de un Centru Metrologic autorizat în cazul în care nu vor prezenta paşapoartele corpurilor de iluminat și curbele fotometrice ale acestora [1].



Figura 1. Sistemul vechi de iluminat stradal din campusul Râșcani al UTM

Sistemul de iluminat stradal existent al UTM a fost alcătuit din 17 piloni cu 17 corpuri de iluminat de tip ЖКУ dotate cu lămpi de tip ДНАТ cu puterea 400 W montate la înălţimea de 10 m Fig. 2, astfel puterea electrică totală a sistemului vechi de iluminat constituind:

$$P_{inst} = Nr._{CorpIl} \cdot P_{nomCIL} = 17 \cdot 0,4 = 6,8\,kW \text{ ;} \quad (1)$$

unde: P_{inst} - puterea instalată a corpurilor sistemului de iluminat stradal vechi din campusul UTM Râșcani, kW.

$Nr._{CorpIL}$ – numărul corpurilor de iluminat,

P_{nomCIL} – puterea nominală a unui corp de iluminat, kW.

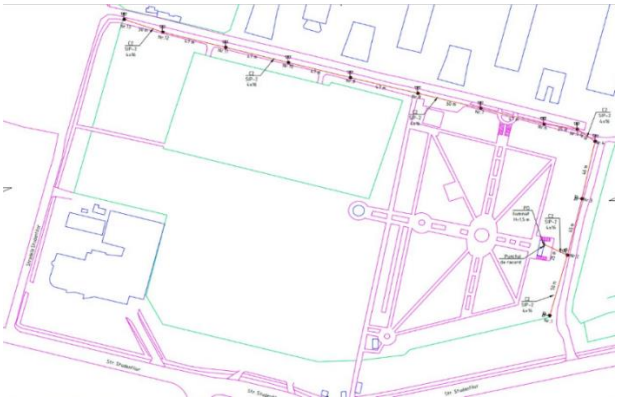


Figura 2. Planul de amplasare a sistemului de iluminat public stradal experimental

$$W_a = P_{inst} \cdot T_{func} = 6,8 \cdot 4000 = 28200\,kWh/an. \text{ ;} \quad (2)$$

unde: W_a - energia activă consumată anual de sistemul de iluminat, kWh.

T_{func} – timpul de funcționare a sistemul de iluminat pe parcursul anului h/an.

În anul 2019 aceste corpuri de iluminat au fost înlocuite cu corpuri de iluminat de tip LED cu puterea 180 W, iar puterea electrică totală a sistemului înoit s-a redus la:

$$P_{inst} = Nr._{CorpIl} \cdot P_{nomCIL} = 17 \cdot 0,18 = 3,06\,kW \text{ ;} \quad (3)$$

$$W_a = P_{inst} \cdot T_{func} = 3,06 \cdot 4000 = 12240 \ kWh/an.; \quad (4)$$

Echipa de proiect a conlucrat cu compania LED Market și a reușit să elaboreze un **corp de iluminat nou**, cu benzi electronice de tip LED cu circuite separate Fig. 3, ce permite controlul individual al acestora, cu scopul reducerii consumului de energie electrică în orele în care nu exista flux mare de transport și al pietonilor. De remarcat că deconectarea totală a acestora nu este recomandată pe motiv de asigurare a securității populației, iar conectarea la detectarea mișcării va conduce la creșterea numărului ciclurilor de conectare/deconectare pe durata de funcționare [2].



Figura 3. Corpul de iluminat stradal de tip LED elaborat și conectarea separată a benzilor LED

Un alt element inovativ al proiectului îl constituie elaborarea unei **console duble** Fig. 4, fabricat la Centrul Etalon al UTM, ce pot fi amplasate pe pilonii existenţi, utilizaţi pentru distribuţia energiei electrice, cu posibilitatea modificării unghiului dintre braţele consolei în sensul asigurării nivelului de iluminat necesar [1]. Pe fiecare pilon vor fi montate două corpuri de iluminat cu puterea 0,14 kW fiecare, iar puterea totală va constitui:

$$P_{inst} = Nr._{CorpII} \cdot P_{nomCIL} = 26 \cdot 0,14 = 3,64 kW; \quad (5)$$

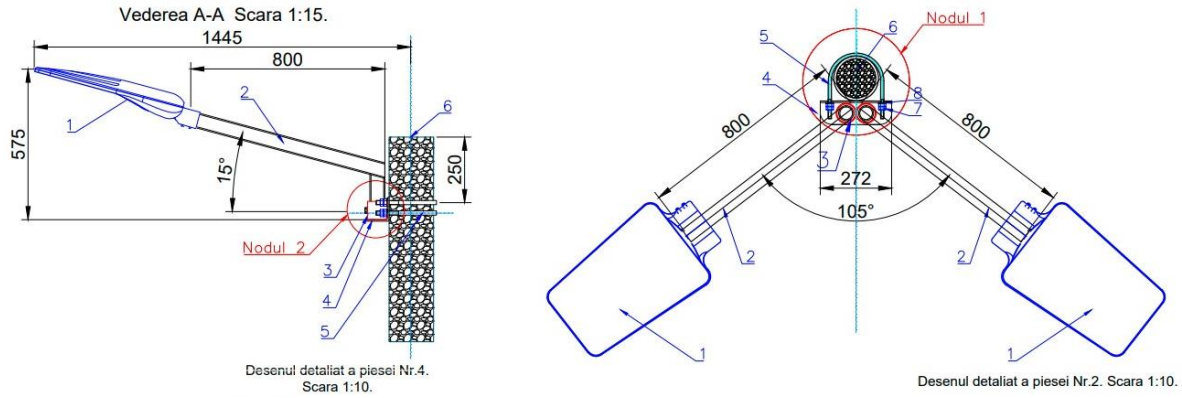


Figura 4. Noua consolă dublă cu unghi adaptabil între brațe

Pornind de la faptul că sistemul de iluminat proiectat va fi dotat cu sistemul de reglare a nivelului de iluminat în perioada nocturnă în raport:

$$W_a(40\%) = P_{inst\,40\%} \cdot T_{func\,40\%} = 3,64 \cdot 1600 = 5824 kWh/an.; \quad (6)$$

$$W_a(60\%) = P_{inst\,60\%} \cdot T_{func} = 1,82 \cdot 2400 = 4368 kWh/an.; \quad (7)$$

unde: $W_a(40\%)$ - energia consumată aferentă 40% din timpul total de funcționare a sistemului de iluminat;

$P_{inst40\%}$ – puterea instalată a sistemului de iluminat aferentă 40% din timpul total de funcționare a sistemului de iluminat;

$T_{inst40\%}$ – timpul de funcționare a sistemului de iluminat în regimul 1;

$W_a(60\%)$ - energia consumată aferentă 40% din timpul total de funcționare a sistemului de iluminat;

$P_{inst60\%}$ – puterea instalată a sistemului de iluminat aferentă 60% din timpul total de funcționare a sistemului de iluminat;

$T_{inst60\%}$ – timpul de funcționare a sistemului de iluminat în regimul 2;

Astfel, consumul total de energie electrică de către sistemul de iluminat proiectat:

$$W_{total} = W_{total}(40\%) + W_{total}(60\%) = 5824 + 4368 = 10192\,kWh/an.; \quad (8)$$

În rezultat s-a obținut o reducere a consumului de 2,5 ori [3].

În Fig. 5 este prezentată modelarea în softul DIALux a sistemului de iluminat stradal din fața blocurilor 3, 6 și 5 în regim maxim, atât ca imagine standard (imaginea din stânga) cât și ca diagrama culorilor false în care fiecare culoare reprezintă un anumit nivel de iluminare.

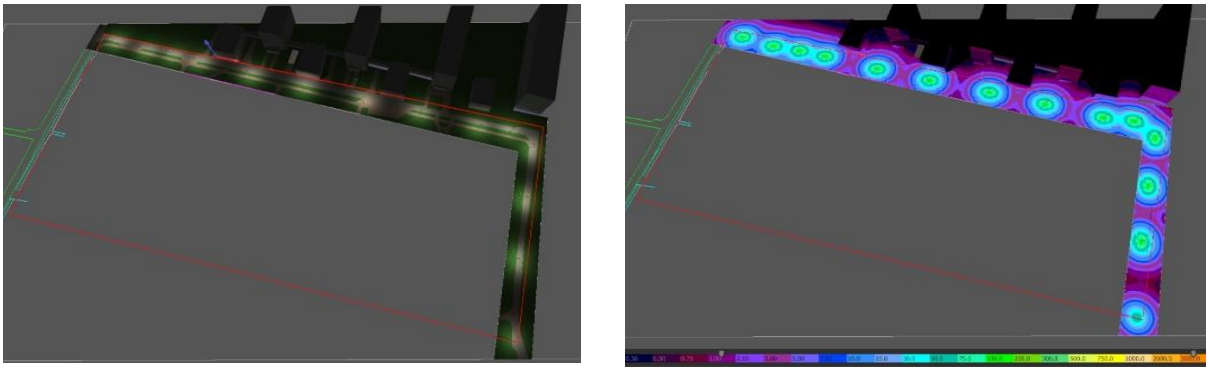


Figura 5. Rezultatul simulării în DIALux Evo

Schema de alimentare a sistemului de iluminat stradal cu posibilitatea modificării nivelului de iluminat prin deconectarea benzilor LED ale corpurilor de iluminat, ce permite reducerea consumului de energie electrice pentru anumite perioade de funcţionare Fig. 6.

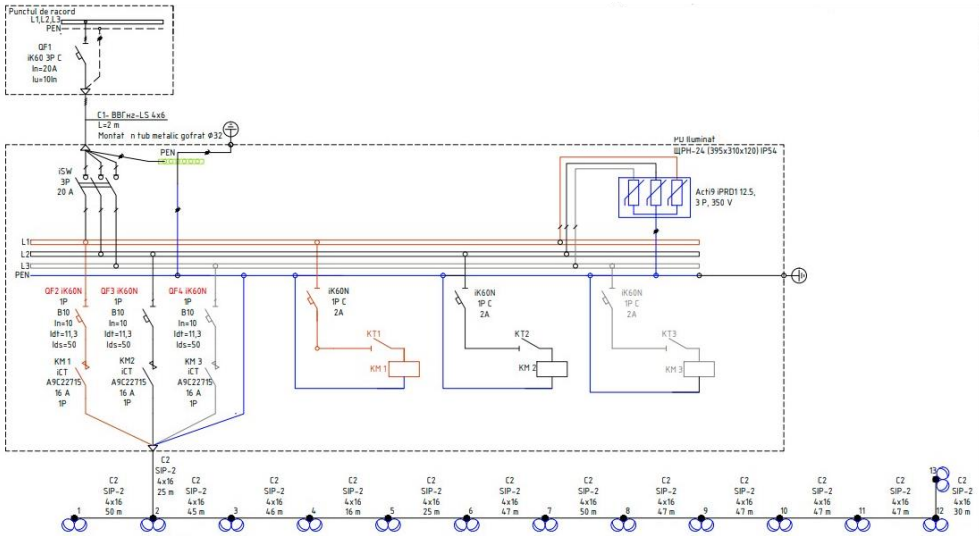


Figura 6. Schema de alimentare a sistemului de iluminat stradal

În imaginea de mai jos (Fig. 7) este prezentat procesul de montare a consolei proiectate și construite și a corpurilor de iluminat propuse pentru a micșora consumul total de energie electrică consumată.



Figura 7. Sistemul nou de iluminat stradal din campusul Râșcani al UTM

Concluzii:

Sistemele de iluminat electric artificial la fel ca și alte sisteme inginerești necesită soluții pentru a micșora consumului de energie electrică a acestora. În lucrarea dată au fost prezentate soluțiile aplicate în practică atât pentru a asigura nivelul de iluminat necesar chiar și când distanța dintre piloni este de circa 50 m prin utilizarea consolei elaborate și construite a cărei unghi dintre brațe poate fi reglat în dependență de necesitate. Totodată, a fost propusă utilizarea corpului de iluminat cu conectarea separată a benzilor LED (o soluție relativ simplă și eficientă) și, respectând regimurile de funcționare în dependență de orele admisibile pentru vizitare a campusului Râșcani poate fi obținută o reducere anuală a consumului de energie electrică de circa 2,5 ori. Ambele soluții sunt simple ca construcție și aplicare și, cel mai important, pot fi confecționate sau asamblate în Republica Moldova fapt ce ar avea și un anumit impact pozitiv asupra economiei naționale.

Referințe

[1] Program de stat 20.80009.0807.33. Comunicarea inteligenței Orașului Modern prin implementarea Sistemelor Inovative a iluminatului public.
[2] Nicolae Mogoreanu. *Iluminatul electric*. ISBN 978-9975-64-341-1. Chișinău, 2013.
[3] Victor Gropa, Mihai Sănduleac, Nicolae Mogoreanu, Radu Porumb, Iulian Rotari. *Practical aspects of implementing street and park lighting projects*. International Conference on Electromechanical and Energy Systems (SIELMEN 2023), October 11-13, 2023. Chișinău. DOI: 10.1109/SIELMEN59038.2023.10290733

SUBSECŢIA INGINERIE ELECTRICĂ
ELECTRICAL ENGINEERING SUBSECTION

MATERIAL COMPOZIT ELECTRO-TEHNIC ÎN CONTEXTUL PORTOFOLIULUI DE STANDARDE A ENERGIILOR REGENERABILE PENTRU REPUBLICA MOLDOVA

Ruslan BALACCI

Student Școala doctorală, Universitatea Tehnică a Moldovei

*Autorul corespondent: Ruslan Balacci, ruslan.balacci@doctorat.utm.md

Îndrumător științific **Iurie Friptuleac**, lector universitar, UTM

Rezumat. *Lucrarea propune să identifice și să dezvolte un material electro-tehnic avansat. Identificarea performanței acestui material în comparație cu materialele deja existente.*
Problema pe care materialul avansat electrotehnic își propune ipotetic să o rezolve constă în proprietățile sale. Aici, se propune o soluție pentru dezvoltarea unui material electro-tehnic compozit care să păstreze următoarele proprietăți ale oțelului electro-tehnic:
Proprietăți magnetice: Materialul posedă proprietăți magnetice pentru a facilita funcționarea componentelor electromagnetice în sistemele electrice.
Rezistență mecanică: Materialul are suficientă rezistență mecanică pentru a rezista stresurilor și solicitărilor operaționale în vehiculele electrice.
Stabilitate termică: Materialul menține proprietățile și performanța la temperaturi ridicate generate în timpul funcționării motoarelor sau generatorilor electrice.
Prin dezvoltarea unui material electro-tehnic prototip care combină aceste proprietăți esențiale, putem depăși limitele oțelului tradițional și se poate îmbunătăți potențialul de regenerare și conservare a energiei în vehiculele electrice, recuperarea energiei în sistemul de ventilare și încălzirii. Se impune depășirea limitelor de rezilienţă și densitate.

Cuvinte cheie*: material avansat, compozite, electro-technic, generator electric axial, electric cars, compozit, matrița de polimer.*

Introducere

În contextul identificării portofoliului standardelor de energie regenerabilă, este crucial să vină cu soluții prompte și inovative. Prin urmare, un pilon cheie pentru formularea unui standard pentru portofoliu de standarde este să atragă atenția asupra consumului excesiv de produse petroliere în mediul nostru.

Prin urmare, pentru a aborda această problemă, propun o ipoteză de obținere a unui prototip de material compozit magneto-conductiv. Este necesar să vin cu această idee inovatoare în primul rând deoarece vehiculele electrice necesită progrese în tehnologia materialelor, în special pentru bateriile electrice sau alte soluții pentru a-și mări autonomia. Din aceste considerații, materialul electro-tehnic existent, respectiv oțelul folosit pentru motoarele electrice și generatoare, este voluminos și are o densitate mare în comparație cu materialele compozite cu proprietăți similare. Astfel, propun o soluție pentru dezvoltarea unui prototip de material electro-tehnic care să păstreze următoarele proprietăți ale oțelului electro-tehnic:

Proprietăți magnetice: Materialul ar trebui să posede proprietăți magnetice pentru a facilita funcționarea componentelor electromagnetice în sistemele electrice.

Rezistență mecanică: Materialul prototip trebuie să aibă suficientă rezistență mecanică pentru a rezista stresurilor și torsiunilor operaționale în vehiculele electrice.

Stabilitate termică: Materialul trebuie să își mențină proprietățile și performanța sub temperaturi ridicate generate în timpul funcționării motoarelor electrice sau generatoarelor.

Prin dezvoltarea unui prototip de material electro-tehnic care combină aceste proprietăți esențiale, putem depăși limitările oțelului tradițional Tab. 1 proprietățile fizice tipice ale oțelului și putem îmbunătăți potențialul de regenerare și conservare a energiei în vehiculele electrice.

Tabelul 1

Proprietățile fizice tipice ale oțelului

Proprietate	Valoare Tipică
Densitate	7.8 g/cm³
Conductivitate Electrică	Aproximativ 1.0 × 10^6 S/m
Rezistivitate Electrică	Aproximativ 10^-6 Ω·m
Coeficient de Dilatare Termică	Aproximativ 12 × 10^-6 K^-1
Conductivitate Termică	Aproximativ 50 W/(m·K)
Punct de Topire	Aproximativ 1,370 °C
Magnetism	Feromagnetic
Duritate	Aproximativ 200 HV
Rezistența la Tracțiune	Aproximativ 370 MPa
Modulul lui Young	Aproximativ 200 GPa

1.Descriterea materialului compozit electrotehnic

Un material compozit avansat este un material compus din două sau mai multe componente diferite cu proprietăți fizice și chimice distincte, care sunt combinate pentru a crea un material cu proprietăți superioare în comparație cu componentele individuale. Aceste proprietăți pot include creșterea rezistenței, reducerea greutății, îmbunătățirea rigidității, rezistența la temperaturi ridicate sau îmbunătățirea durabilității. Materialele compozite avansate sunt folosite într-o gamă largă de aplicații. Este important ca materialul compozit sa câștige proprietatea de susceptibilitatea magnetică.

1.1 Parametri fizici și tehnologici pentru materialul compozit

Iată Tab.2, cu exemple de susceptibilitate magnetică (μr) pentru diferite materiale, inclusiv materiale feromagnetice, oțel și alte materiale:

Tabelul 2

Susceptibilitate magnetică (μr) pentru diferite materiale

Material	Susceptibilitate Magnetică (μr)
Ferrosiliciu	5000-10000
Fier	2000-4000
Nichel	100-600
Cobalt	100-400
Oțel (variază în funcție de compoziție și prelucrare)	1-2000+
Cupru	Aproape de 1
Aluminiu	Aproape de 1
Aer	Aproape de 1
Sticlă	Aproape de 1
Rășină epoxidică	Aproape de 1

Este important de menționat că aceste valori sunt doar estimări, iar susceptibilitatea magnetică poate varia în funcție de compoziția exactă, prelucrare și factorii specifici ai materialului. În plus, unele materiale pot avea o susceptibilitate magnetică negativă (diamagnetică), cum ar fi bismutul. Rășina epoxidică, în general, are o susceptibilitate magnetică (μr) apropiată de 1. Deoarece rășina epoxidică este un material izolator electric, ea nu prezintă

comportament feromagnetic și nu are o susceptibilitate semnificativă la magnetizare. Prin urmare, valoarea susceptibilității magnetice a rășinii epoxidice este apropiată de 1, considerată neglijabilă în comparație cu materialele feromagnetice sau chiar alte materiale observăm în Tab.3, precum metalele sau aliajele conductive.

Tabelul 3

Proprietățile fizico-chimice a rășinei epoxidice

Proprietate	Valoare
Densitate	1.1 - 1.3 g/cm³
Punct de Topire	50 - 100 °C
Punct de Fierbere	N/A
Vâscozitate	5 - 1500 mPa·s
Conductivitate Termică	0.15 - 0.25 W/(m·K)
Dilatare Termică	50 - 100 µm/(m·K)
Indice de Refracție	1.55 - 1.59
Duritate	85 - 95 Shore D
Stabilitate Chimică	Bună
Proprietate	Valoare

1.2 Proprietățile de producere a materialului compozit

Materialele epoxidice au proprietăți mecanice excelente, făcându-le potrivite pentru o varietate de aplicații. În general, epoxiile au o rezistență mare la tracțiune, o rezistență la încovoiere bună și o rezistență excelentă la impact. Aceste proprietăți mecanice pot fi îmbunătățite în continuare prin adăugarea de umpluturi (cum ar fi fibre de sticlă, fibre de carbon sau fulgi metalici) sau prin modificarea compoziției.

În plus, epoxiile sunt cunoscute pentru proprietățile lor adezive, adică capacitatea lor de a se lipi de alte materiale. Aceasta face ca epoxiile să fie folosite frecvent în aplicații care necesită o lipire puternică, cum ar fi lipirea plăcilor de circuit tipărite.

În plus, epoxidele au o rezistență excelentă la temperaturi ridicate, o rezistență bună la coroziune și rezistență chimică. Aceste proprietăți fac ca epoxidele să fie un material ideal pentru utilizare în aplicații industriale și construcția componentelor electrotehnice, cum ar fi izolatoarele și închizătoarele. Epoxidele sunt folosite frecvent pentru turnare în matrice deoarece sunt ușor de lucrat și au proprietăți excelente precum aderența, rezistența la coroziune și rezistența la uzură.

Epoxiile pot fi turnate în matrițe de diferite dimensiuni și forme, începând de la obiecte simple precum plăci sau profile până la piese mai complexe cu forme tridimensionale.

Prelucrarea epoxidelor pentru turnare este simplă. Procesul de turnare poate fi realizat folosind diverse tehnici, cum ar fi turnarea prin gravitate, turnarea sub presiune sau turnarea sub vid. Aceste tehnici pot varia în funcție de complexitatea formei obiectului, de cantitatea și tipul de material utilizat și de nivelul de precizie necesar pentru obiectul final.

În general, epoxidicele pot fi utilizate cu succes pentru turnarea în matrițe, dar este important să se urmeze instrucțiunile de utilizare și să se ia în considerare condițiile specifice de mediu și de prelucrare pentru fiecare aplicație. Pentru produsul final, este necesar să se obțină un material compozit cu următoarele caracteristici: densitate redusă, susceptibilitate mare, rezistență la șocuri și rezistență la temperaturi ridicate. Ingredientele sunt rășina epoxidică și fulgii de metal. Calculul cantității de oțel feromagnetic poate fi efectuat folosind următoarea formulă:

Densitatea unui material compozit depinde de proporțiile componentelor sale și de densitățile acestora. În general, polimerii au densități mai mici în comparație cu metalele, astfel încât adăugarea unei structuri de fibre metalice poate crește ușor densitatea materialului compozit, dar depinde de proporția dintre cele două componente. De exemplu, dacă polimerul are o densitate de 1 g/cm³ și structura de fibre metalice are o densitate de 7 g/cm³, un compozit cu o proporție de 90% polimer și 10% metal ar avea o densitate medie de aproximativ 1,6 g/cm³.

Cu densitatea epoxidului fiind de 1,2 g/cm³ și densitatea metalului de 7,8 g/cm³, și presupunând o proporție de 90% epoxid în compozit, putem calcula densitatea compozitului în felul următor:

$$\rho=(0,9x1,2g/cm^3)+(0,1x7,8g/cm^3) \quad (1)$$

Densitatea rezultată a compozitului este aproximativ 1,38 g/cm³. Dacă avem o compoziție de 75% epoxid și 25% oțel de siliciu, iar epoxidul are o susceptibilitate de 1 și oțelul de siliciu are o susceptibilitate de 10000(μr), putem calcula susceptibilitatea magnetică a compozitului folosind formula:

Susceptibilitate magnetică = (Susceptibilitate epoxid x Procentaj epoxid) + (Susceptibilitate oțel de siliciu x Procentaj oțel de siliciu)

$$\chi = (1 \text{ x } 0.75) + (10000 \text{ x } 0.25) \quad (2)$$
$$\chi = 2501(\mu r)$$

Rezultatul susceptibilității magnetice pentru compozitul cu 75% epoxid și 25% oțel de siliciu este aproximativ 2501(μr).

Pentru a calcula densitatea compozitului la o proporție de 75% epoxid și 25% oțel de siliciu, avem nevoie de densitățile individuale ale fiecărei componente. Presupunând că densitatea epoxidului este de 1.2 g/cm³ și densitatea oțelului de siliciu este de 7.8 g/cm³, putem folosi formula:

Densitate = (Densitate epoxid x Procentaj epoxid) + (Densitate oțel de siliciu x Procentaj oțel de siliciu)

$$d = (1.2 \text{ g/cm}^3 \text{ x } 0.75) + (7.8 \text{ g/cm}^3 \text{ x } 0.25) \quad (3)$$
$$d=3,3 \text{ g/cm}^3$$

2.Metodele de cercetare

Metodele de cercetare utilizate au fost metoda bibliografică și metoda matematică, care au permis sintetizarea materialului din multiple surse bibliografice și posibilitatea obținerii unui model matematic pentru acest material compozit specific. Bazându-ne pe variabilele furnizate, putem construi un model matematic simplificat pentru a estima susceptibilitatea magnetică (μr) a materialului compozit pe baza densității sale și a raportului dintre epoxy și fibrele metalice.

Model Matematic Simplificat: Densitatea compozitului rezultat la o proporție de 75% epoxid și 25% oțel de siliciu este aproximativ 3.3 g/cm³. Variabile independente: Densitate (ρ), Raportul de epoxy față de fibrele metalice (R) Variabilă dependentă: Susceptibilitatea magnetică (μr). Modelul matematic poate fi exprimat printr-o relație liniară între densitate, raportul R și susceptibilitatea magnetică folosind următoarea ecuație:

$$\mu r = a\rho + bR \quad (4)$$

Unde: μr este susceptibilitatea magnetică a materialului compozit. ρ este densitatea materialului compozit. R este raportul între cantitatea de epoxy și cantitatea de fibre metalice în compozit. a și b sunt coeficienți care trebuie determinați prin calcule matematice aproximative, pe baza mai multor valori propuse. În modelul matematic, efectuăm o analiză statistică pentru valori aleatorii, așa cum este prezentat în tabelul 4 de mai jos.

Tabelul 4

Raportul dintre susceptibilitate, densitate, coeficientul de masă

Susceptibilitate	Densitate	Coeficient de masă
2000	1,2	0,3
2310	1,4	0,4
3000	1,5	0,5

Mai jos este diagrama care reprezintă corelația și descrierea regresiei modelului matematic pentru materialul compozit. Aceasta confirmă ipoteza teoretică a acestui material compozit. După cum putem observa, coeficientul de determinare (R-pătrat) este foarte aproape de 1, ceea ce confirmă ipoteza printr-o analiză matematică. În această ecuație, x și y reprezintă coeficienții pentru a și b, respectiv. Aceștia au fost substituiți cu expresii mai simple.

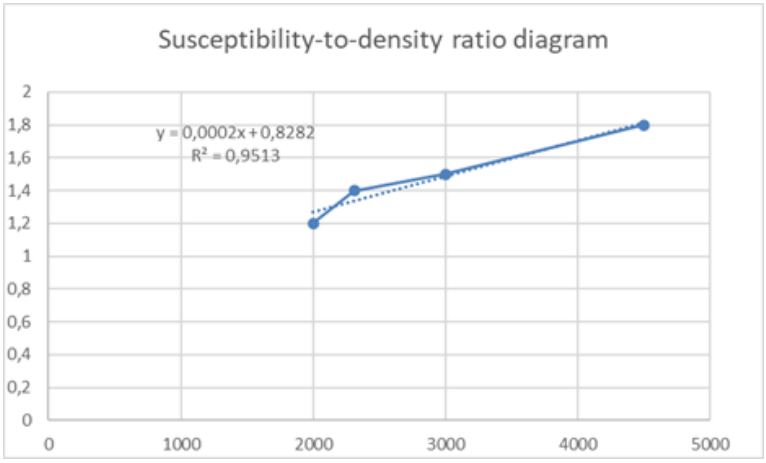


Figura 1. Descrierea regresiei modelului matematic

3.Aplacații ale materialului compozit

Ecranarea electromagnetică: Susceptibilitatea magnetică ridicată a materialului îl face potrivit pentru aplicații de ecranare electromagnetică, unde poate redirecționa și absorbi eficient câmpurile electromagnetice.

Transformatoare de putere: Proprietățile de izolație electrică ale materialului compozit și rezistența sa la temperaturi ridicate îl fac potrivit pentru utilizare în transformatoarele de putere, unde poate contribui la îmbunătățirea eficienței și reducerea pierderilor.

Senzori magnetici: Datorită susceptibilității sale magnetice ridicate, materialul compozit poate fi folosit în senzori magnetici și dispozitive care necesită detectarea precisă a câmpului magnetic.

Motoare și generatoare electrice: Densitatea redusă și susceptibilitatea magnetică ridicată a materialului compozit îl fac ideal pentru construirea motoarelor și generatoarelor electrice ușoare și eficiente.

Acestea sunt doar câteva exemple, iar aplicațiile potențiale ale materialului compozit pot varia în funcție de cerințele specifice și nevoile industriale.

Concluzii

În concluzie, materialul compozit descris mai sus, cu proprietăți precum densitate redusă, susceptibilitate magnetică ridicată, izolație electrică și rezistență la temperaturi ridicate, prezintă un potențial semnificativ într-o gamă largă de aplicații. Capacitatea sa de a combina proprietățile

dorite ale componentelor individuale îl face versatil și adaptabil în domenii precum electromagnetismul, energia electrică, senzorii magnetici și aplicațiile la temperaturi ridicate.

Acest material compozit oferă avantaje importante și a fost proiectat pentru utilizare în generatoare electrice auto, cum ar fi reducerea curenților turbionari, îmbunătățirea eficienței energetice și protecția împotriva interferențelor electromagnetice. De asemenea, este potrivit pentru aplicații care necesită construcții ușoare, rezistență la temperaturi ridicate și izolație electrică. Acest material poate contribui la reducerea greutății generale a generatorului, reducând astfel capacitatea bateriei necesare, ceea ce duce în final la o autonomie mai mare în vehiculele electrice. În plus, poate contribui la o reducere semnificativă a utilizării substanțelor poluante chimice, cum ar fi Li și Pb, în sistemele de baterii.

Cu toate acestea, aplicabilitatea acestui material depinde de cerințele specifice ale fiecărei aplicații și de caracteristicile tehnice necesare. Prin înțelegerea proprietăților și comportamentului materialului compozit, acesta poate fi optimizat pentru a satisface nevoile specifice ale fiecărei aplicații.

Referințe

[1] Site Web https://romeorim.com/what-are-composites/
[2] Lecomte-Nana G L and Hammas, A., 2021 Mullite: Structure and Properties Encyclopedia of Materials: *Technical Ceramics and Glasses* 2021 (Elsevier: Oxford) p 59-75
[3] Schneider H and Komarneni S 2005 Mullite (Wiley)
[4] Schneider H Okada K and Pask J A 1994 Mullite and Mullite Ceramics (Wiley)
[5] Hou Z *Fabrication and properties of mullite fibre matrix porous ceramics by a TBA-based gel-casting process* Journal of the European Ceramic Society, 2013 33(4) p 717-725
[6] Zhu W 2019 *Mechanical evaluations of mullite fibrous ceramics processed by filtrationand in situ pyrolysis of organic precursor* 2019.Journal of the European Ceramic Society. 39(4) p 1329-1335

ANALIZA EVOLUȚIEI COSTURILOR PENTRU TEHNOLOGIILE DE VALORIFICARE A SURSELOR REGENERABILE ÎN REPUBLICA MOLDOVA

Ana-Maria TVERDOHLEB

Inginerie Electrică, gr.ISER-231, FEIE, UTM, Chișinău, Republica Moldova

Autorul corespondent: Ana-Maria Tvedohleb, ana-maria.tverdohleb@ie.utm.md

Coordonator științific Dumitru BRAGA, Dr., lect.univ, FEIE, UTM

Rezumat. *Republica Moldova se confruntă cu o dependență semnificativă de importurile de energie, ceea ce face vulnerabilă securitatea energetică a țării. Costurile tehnologiilor SRE au cunoscut o scădere semnificativă în ultimii ani, făcându-le mai competitive cu sursele tradiționale de energie. Această scădere se datorează mai multor factori, printre care: avantajele la scară, creșterea producției și a concurenței pe piață, dezvoltarea tehnologică, îmbunătățirea eficienței și reducerea costurilor de producție. Valorificarea surselor regenerabile de energie (SRE) poate contribui la diversificarea surselor de energie, reducerea dependenței de importuri și are un potențial semnificativ de a contribui la securitatea energetică și la combaterea schimbărilor climatice în Republica Moldova. Scăderea costurilor tehnologiilor SRE le face o opțiune tot mai competitivă, iar tendințele actuale indică o continuare a acestei scăderi în viitor. In acest articol voi analiza evoluția costurilor pentru tehnologiile de valorificare a surselor regenerabile în Republica Moldova. Implementarea politicilor de susținere și stimularea investițiilor în SRE pot contribui la accelerarea tranziției către o economie verde și independentă energetic.*

Cuvinte cheie*: energie solară, energie eoliană, eficiență energetică, schimbări climatice, dezvoltare durabilă.*

Introducere

Trecerea către o economie verde și sustenabilă a ajuns o precădere globală, iar Republica Moldova nu face excepție. Valorificarea surselor regenerabile de energie are un rol decisiv în această trecere, oferind o alternativă de încredere la combustibilii fosili și aspirând la reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră.

Această analiză își propune să estimeze evoluția costurilor pentru tehnologiile de valorificare a SRE în Republica Moldova. Se va pune accent pe tendințe globale și regionale în costurile SRE, unde studiul va aprofunda înclinațiile globale și regionale în costurile de instalare și operare a principalelor tehnologii SRE, cum ar fi energia solară, energia eoliană, energia hidroelectrică și biomasa. De asemenea, se va cerceta progresia costurilor SRE în Moldova în ultimii ani, luând în considerare factori precum prețurile echipamentelor, costurile de construcție și costurile de operare și mentenanță. Vor fi coincideați și studiați pretextele care modelează costurile SRE în Moldova, cum ar fi politicile guvernamentale, cadrul regulatoriu, infrastructura existentă și nivelul de dezvoltare a pieței. Impactul costurilor asupra dezvoltării sectorului energetic din Moldova este unul semnificativ, luând în considerare competitivitatea SRE cu alte surse de energie și influența asupra prețurilor la energie pentru consumatori.

Rezultatele analizei vor fi utile pentru factorii de decizie politică, companiile din domeniul energetic și alte părți interesate implicate în tranziția către o economie verde în Moldova.

La 28 februarie 2024, în cadrul ședinței publice, Consiliul de Administrație al Agenției Naționale pentru Reglementare în Energetică (ANRE) a ajustat tarifele pentru energia electrică

produsă de producătorii de energie electrică care beneficiază de schemă de sprijin stabilită până la data intrării în vigoare a Legii nr. 10/2016 din 26.02.2016 privind promovarea utilizării energiei din surse regenerabile, în conformitate cu metodologia aprobată și în funcție de evoluția ratei de schimb a monedei naționale față de dolarul SUA Fig. 1 [1].

Indicatori	Unitate de măsură	Tehnologiile eligibile de producere											
		Instalații solare PV				Instalații eoliene		Biogaz			Singaz (pe biocombustibil solid, deșeuri agricole, inclusiv culturi/plante energetice, cu excepția produselor din silvicultură)	Biomasă, ardere directă (cu excepția produselor din silvicultură)	Hidro
		Montate pe clădiri			Altele			Biogaz (dejecții animaliere, deșeuri zootehnice, deșeuri agricole, culturi agricole, plante energetice, deșeuri din industria alimentară)	Biogaz (deșeuri municipale solide)	Biogaz (deșeuri municipale lichide)			
	Categorie de capacitate, kW	10-50	51-200	201-1000	< 1000	10-500	501-4000						
Prețul la energie, T	lei/kWh	1,79	1,74	1,63	1,67	1,79	1,50	2,30	1,91	2,41	1,95	2,33	1,85
Garanția de participare	lei/kW	33,3	32,1	29,7	30,6	64,4	51,8	154,4	144,5	176,5	118,9	157,0	109,1
Garanția de bună execuție	lei/kW	332,7	320,8	297,1	306,1	643,6	517,5	1543,9	1444,7	1765,0	1189,0	1570,1	1090,7

Figura 1. Tarifele pentru energia electrică produsă de producătorii de energie electrică

Evoluția Costurilor Energiei Solare Fotovoltaice (FV)

Energia solară fotovoltaică (FV) a cunoscut o creștere elocventă și în Republica Moldova în ultimii ani, devenind o alternativă tot mai captivantă la sursele idilice de energie. Această creștere a fost determinată de o serie de factori, printre care:

- Reducerea costurilor: Costurile sistemelor FV au scăzut demonstrativ în ultimul deceniu, făcând această tehnologie mai lizibilă pentru o varietate largă de utilizatori.
- Creșterea eficienței: Eficiența celulelor solare a crescut asiduu, ceea ce duce la o producție mai mare de energie electrică pentru o suprafață instalată identică.

Guvernul Republicii Moldova a implementat o serie de politici favorabile dezvoltării energiei solare FV, cum ar fi programe de subvenții. Programul "PARE 1+1" oferă ajutoare de până la 60% din costul total al unui sistem FV pentru gospodării și 40% pentru agenți economici. Adăugător, producătorii de energie FV pot beneficia de tarife de alimentare preferențiale pentru energia electrică congestionată în rețeaua electrică națională. Au fost implementate și permisii de TVA și impozite pe profit pentru importul și instalarea sistemelor FV.

Tendințe actuale:

- Costul mediu al unui sistem FV de 1 kWp în Moldova a scăzut de la aproximativ 1.500 EUR în 2018 la aproximativ 1.000 EUR în 2023 Fig. 2.
- Se estimează că taxa energiei FV în Moldova va continua să scadă cu 5-7% anual în următorii ani Fig. 2.
- Capacitatea totală instalată de energie solară FV în Moldova a atins 52 MW în 2023, cu o creștere semnificativă de la 1 MW în 2018.

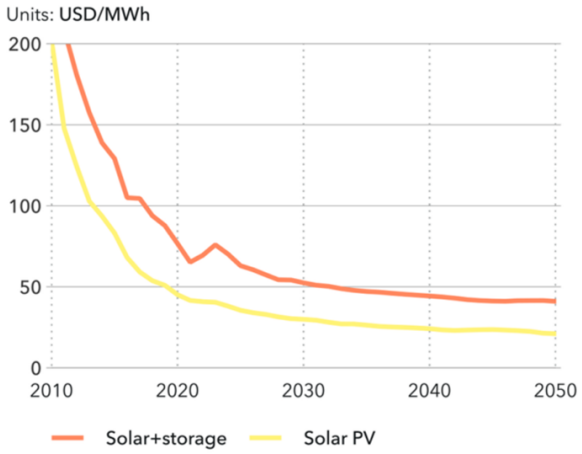


Figura 2. Costurile și capacitatea totală instalată de energie solară în perioada 2010-2024, și estimarea sa în perioada 2024-2050 [3]

Indispensabili sunt și factorii care influențează costurile FV, acestea fiind

- Tipul de sistem: Sistemele FV conectate la rețea sunt mai scumpe decât sistemele FV off-grid.
- Dimensiunea sistemului: Sistemele FV mai mari au o manieră de a fi mai ieftine pe kWp instalat.
- Predispoziția componentelor: Întrebuințarea componentelor de suplă calitate poate crește costul inițial al sistemului, dar poate duce la o diminuare a tarifelor pe termen lung.
- Costul forței de muncă: Prețul montării sistemelor FV poate fluctua demonstrativ în funcție de costul forței de muncă din regiune.
- Impactul costurilor FV:
- Reducerea costurilor FV a contribuit la creșterea semnificativă a pieței energiei solare în Moldova.
- Se evaluează că energia solară FV va deveni una dintre cele mai competitive surse de energie electrică în Moldova în următorii ani.

Diminuarea costurilor FV va avea un impact indiscutabil asupra mediului și va candida la combaterea alternanțelor climatice.

Evoluția costurilor energiei solare fotovoltaice este o aptitudine remarcabilă care va avea un impact convingător asupra ramului energetic din Republica Moldova. Reducerea costurilor FV va activa ca această tehnologie să fie mai lizibilă pentru o diversitate de utilizatori și va repezi tranziții către o economie proaspătă și durabilă.

Evoluția Costurilor Energiei Eoliene

Energia eoliană a cunoscut o dezvoltare convingătoare la nivel global în ultimii ani, ajungând o sursă de energie valoroasă și competitivă. În Republica Moldova, energia eoliană are un potențial considerabil, datorită resurselor sale eoliene convenabile.

Acest tip de energie regenerabilă are la bază o serie de tendințe globale, ce o face pur superioară a celor de tip fosil. Printre acestea se numără costul energiei eoliene, ce a scăzut semnificativ în ultimul deceniu. În 2023, costul mediu global al energiei eoliene terestre a fost de aproximativ 0,04 USD/kWh. Se estimează că acesta va continua să scadă cu 3-5% anual în următorii ani.

În Republica Moldova, energia eoliană este o tehnologie relativ nouă. Precum este și cazul energiei fotovoltaice, evoluția costurilor în Republica Moldova a suferit o continuă

creștere. Primul parc eolian a fost instalat în 2014, iar capacitatea totală instalată a atins 144 MW în 2023.

Costul energiei eoliene în Moldova este încă mai mare decât costul altor surse de energie, dar se estimează că va scădea semnificativ în următorii ani.

Factorii ce afectează costurile energiei eoliene sunt:

- Întinderea parcului eolian: Parcurile eoliene mai mari sunt de obicei mai ieftine pe MW instalat.
- Modelul de turbină eoliană: Turbinele eoliene mai moderne și mai eficiente sunt mai scumpe, dar pot produce mai multă energie electrică.
- Viteza vântului: Locațiile cu viteze mai mari ale vântului sunt mai satisfăcătoare pentru energia eoliană și pot duce la costuri mai scăzute.
- Infrastructura: Costul infrastructurii de conectare a parcurilor eoliene la rețeaua electrică poate fi important.

Costurile energiei eoliene au un impact grandios asupra creșterii competitivității acesteia în Republica Moldova, influențând pozitiv asupra mediului înconjurător și va ajuta la diminuarea schimbărilor climatice. În adiție, vor apărea locuri de muncă, ce stimulează semnificativ economia locală.

Evoluția costurilor energiei eoliene este o tendință importantă care va avea un impact semnificativ asupra sectorului energetic din Republica Moldova. Reducerea costurilor va face ca această tehnologie să fie mai accesibilă și va contribui la o mai mare utilizare a resurselor eoliene ale țării.

Concluzii

Sursele regenerabile de energie (SRE) au cunoscut o creștere semnificativă în ultimii ani, devenind o alternativă importantă la sursele tradiționale de energie. Această creștere a fost determinată de o serie de factori, printre care scăderea costurilor, creșterea eficienței și implementarea politicilor favorabile.

Costurile sistemelor fotovoltaice (FV) și eoliene au scăzut semnificativ în ultimul deceniu. La nivel global, costul sistemelor FV a scăzut cu aproximativ 80% din 2010, iar costul energiei eoliene terestre a scăzut cu aproximativ 60%. În Republica Moldova, costul sistemelor FV a scăzut cu aproximativ 50% din 2010.

Reducerea costurilor a făcut ca SRE să fie tot mai competitive cu sursele tradiționale de energie. În anumite regiuni, energia solară FV și energia eoliană sunt deja cele mai ieftine surse de energie electrică.

Pentru a facilita dezvoltarea SRE în Republica Moldova, este important să se continue implementarea politicilor favorabile, precum: subvenții, tarife de alimentare preferențiale Fig. 2, stimulente fiscale, investiții în infrastructura de rețea, sprijinirea cercetării și dezvoltării, creșterea gradului de conștientizare a publicului.

Mulțumiri. Sunt acordate sincere mulțumiri lectorului universitar, doctor în științe tehnice domnului Braga Dumitru pentru tot suportul teoretic și practic, pentru stabilirea direcțiilor corecte și stabilirea autenticității temei și actualității temei alese.

Referințe

[1] Agenția Națională pentru Reglementare în Energetică (ANRE)
[2] Agenția pentru Eficiență Energetică: https://aee.md/
[3] GlobalData (2023), IRENA (2023), DNV analysis. Forecast data: DNV (dnv.com/eto-data)

ELABORAREA ȘI PUBLICAREA ARTICOLELOR ȘTIINȚIFICE DIN DOMENIUL TEHNIC ÎNTR-O PUBLICAȚIE

Eugen IAVORSCHI

Inginerie electrică, Școala Doctorală de Științe Aplicate și Inginerești, Facultatea de Inginerie Electrică și Știința Calculatoarelor, Universitatea „Ștefan cel Mare", Suceava, România

*Autorul corespondent: Eugen Iavorschi, e-mail eugen_iavorschi@yahoo.com

Coordonator științific Dan Laurențiu MILICI, prof. univ. dr. ing.,
Universitatea „Ștefan cel Mare" din Suceava

Rezumat. *Publicarea articolelor științifice din domeniul tehnic într-o revistă de prestigiu depășește cu mult simpla documentare a cercetării sau a cunoștințelor într-un anumit domeniu. Este o modalitate de diseminare a rezultatelor cercetării, de a valida sau invalida ipotezele de lucru și de a comunica cu alți cercetători, ceea ce contribuie la dezvoltarea dezbaterii academice și consolidarea prestigiul personal al autorului în domeniul ales. Pentru majoritatea oamenilor, abilitatea de a scrie este dobândită, cu toate acestea, procesul este riguros, necesită o pregătire și abordare meticuloasă, se impune respectarea regulilor de bază și dezvoltarea unor obiceiuri sănătoase împreună cu o practică continuă, timp alocat acestei activități și adoptarea unui concept original al temei de studiu. În plus, pentru a publica într-o revistă științifică din domeniul tehnic este necesară o bună înțelegere a domeniului de cercetare și o abordare strategică, care începe de la generarea ideilor și se încheie cu corectarea finală a manuscrisului. În acest articol, îmi împărtășesc punctul de vedere despre scrierea și obținerea succesului în vederea publicării lucrărilor realizate de tinerii cercetători și doctoranzi, la început de carieră. În cele ce urmează, vom explora pașii cheie necesari pentru a scrie și publica o lucrare științifică de calitate într-o revistă academică. Vom detalia fiecare etapă a procesului, de la alegerea temei și colectarea datelor, la structurarea și redactarea lucrării, trecând prin procesul de evaluare de către editor și recenzori, ajungând până la publicare.*

Cuvinte cheie: *publicare, abstract, referințe bibliografice, metode de cercetare, rezultate, ipoteze.*

Introducere

O lucrare științifică este un material scris care conține rezultatele observațiilor și descoperirile unei cercetări academice și care este destinat să fie citit, evaluat și înțeles de către alți cercetători, academicieni și profesioniști din domeniul respectiv. Obiectivul principal al unei lucrări științifice este de a comunica noile descoperiri, metode de analiză, concluzii și cunoștințe într-un mod organizat și detaliat.

În cele ce urmează, vom explora pașii cheie necesari pentru a scrie și publica o lucrare științifică de calitate într-o revistă academică. Vom detalia fiecare etapă a procesului, de la alegerea temei și colectarea datelor, la structurarea și redactarea lucrării, trecând prin procesul de evaluare de către editor și recenzori, ajungând până la publicare.

Selectarea subiectului și stabilirea obiectivelor

Selectarea subiectului cercetării începe prin a identifica domeniul său aria de interes în care se dorește a se realiza cercetarea. Acesta poate fi un domeniu general sau specific, în funcție de interesele cercetătorului.

Documentarea inițială

După identificarea domeniului de interes și subiectul lucrării științifice propuse, se impune realizarea unei cercetări bibliografice riguroase privind alte articole publicate de alți cercetători legate de același subiect sau domeniu, cărți scrise, eseuri în jurnale științifice, reviste academice, lucrări ale unor institute academice specializate în domeniu subiectului ales, identificarea și studierea lucrărilor unor cercetători renumiți a căror domeniu de interes este similar cu subiectul lucrării propuse sunt o resursă inimaginabilă de date și informații în legătură cu subiectul lucrării științifice care urmează a fi realizată.

Structura lucrării

Planificarea structurii lucrării este un aspect important în vederea publicării într-un jurnal științific sau într-o revistă. De cele mai multe ori siturile publicațiilor oferă informații pentru autori, există secțiuni speciale pentru aceștia, unde se găsește un draft al structurii lucrării.

Colectarea datelor și realizarea cercetării

Se amintește paradigma de cercetare utilizată. Cele patru paradigme de cercetare cel mai larg aplicate sunt: pragmatism, interpretivism, pozitivism și post-pozitivism. Concluziile indică faptul că aplicarea paradigmelor de cercetare în cercetarea științifică este benefică. Cu toate acestea, cercetătorii sunt sfătuiți să fie atenți la slăbiciunile paradigmei pe care ar adopta-o pentru un studiu [1].

Se realizează descrierea mediului de cercetare în care a avut loc studiul: cum a fost selectat, cum a fost accesat, ce a fost luat în considerare în alegerea sa, perioada de timp a cercetării, precum și orice limitări sau restricții [2].

Redactarea lucrării

Titlul lucrării este elementul principal care atrage cititorii. Asher B. El-Serag explică un cititor care nu poate extrage semnificația unui articol din titlul acestuia este puțin probabil să continue lectura lucrării. Titlul ar trebui să fie informativ și specific lucrării realizate și să conțină elemente cheie care să promoveze conținutul și principalele concluzii ale articolului [3].

După titlul lucrării, abstractul este în cele mai multe cazuri, singura parte a articolului parcursă de cei mai mulți cititori. Abstractul ar trebui să atragă cititorii către subiect, să fie inovativ și să stârnească curiozitatea (cu includerea unei ipoteze, dacă este posibil).

În secțiunea de introducere a unui articol științific ar trebui realizată, foarte atent, tranziția cititorul către domeniul de cercetare al subiectului, oferiți o perspectivă generală asupra temei abordate în lucrare.

Prezentarea studiilor anterioare relevante și a teoriilor referitoare la subiectul lucrării trebuie să se găsească în lucrarea de cercetare. Această trecere de la introduce la referințele bibliografice se poate realiza succesiv

Secțiunea privind metodele de cercetare alese în majoritatea lucrărilor trebuie să conțină detalii privind designul studiului, datele inițiale ale cercetării realizate, colectarea acestora, metodele de laborator (sau altele) utilizate și analiza statistică. Secțiunea de rezultate este elementul central al unui articol.

Capitolul de discuții ar trebui să ofere o argumentare critică pentru obiectivele și constatările studiului acoperind majoritatea următoarelor întrebări: De ce ați început? Ce ați făcut? Ce răspuns ați obținut? Care este descoperirea, contradicția și ce înseamnă, în orice caz? [4].

Secțiunea de concluzii este locul în care autorii pot rezuma și evidenția punctele cheie ale cercetării realizate, oferind o înțelegere limpede a rezultatelor și a semnificației acestora. Rezultatele obținute trebuie să fie prezentate concis și coerent.

Scrierea referințelor într-un articol științific este o parte a procesului de redactare a lucrării la care autorul trebuie să ofere suficientă atenție.

Revizuire și corectare

Este importantă menținerea coerenței în structură și forma lucrării de cercetare propusă spre publicare jurnalelor științifice sau revistelor. Respectarea tuturor regulilor de organizare și încadrare a conținutului lucrării, sporesc șansele de acceptare a acesteia spre publicare.

Referințe bibliografice

Este necesar să se acorde o atenție sporită secțiunii în care se trec referințele bibliografice. Este de dorit ca alegerea lor să fie clară, funcție de relevanța acestora și legătura cu studiul realizat. De asemenea este de dorit ca o parte din ele să fie din aceeași revistă la care se trimite articolul sau la altele bine cotate.

Alegerea jurnalului de publicare

Selectarea revistei pentru publicare este decisă și de cunoașterea obiectivului studiului și punctelor forte ale acestuia, de factorul de impact și de cititorii căreia se adresează revista. Aplicarea întrebărilor "pe cine interesează", precum și "cine ar trebui să citească lucrarea mea?" pot ajuta. De asemenea, se impune o consultare cu cercetătorii mai experimentați sau care au publicat mai multe lucrări [3].

Trimiterea lucrării

Alegerea momentului în care se transmite lucrarea către o revistă sau jurnal este influențată de obiectivele trasate ale autorului.

Verificare de către recenzor

Fii realist în ceea ce privește șansele ca articolul tău să fie acceptat de o revistă renumită. Cere opinia sinceră a colegilor tăi (mai experimentați), întreabă-i despre experiențele lor cu procesul de verificare a recenzorilor și publicarea efectivă a articolului, în special motivele pentru care articolele au fost respinse sau acceptate [4].

Scrisoarea de însoțire este un instrument esențial în procesul de trimitere a unui articol științific către o publicație. Aceasta poate fi prima foaie pe care o citește un editor. Prin urmare, ar trebui să sublinieze importanța articolului pentru domeniul de cercetare și relevanța cercetării pentru revistă [5].

Editarea finală

Este de dorit să petreceți timp suficient pentru a face schimbări reale în lucrarea transmisă inițial (inclusiv efectuarea de analize sau experimente suplimentare, dacă este cazul) și să acordați cea mai mare atenție în descrierea și evidențierea acestor schimbări. Mulțumiți editorilor și recenzorilor sincer, aceștia au petrecut timp revizuind lucrarea transmisă, pe care nu au respins-o definitiv. Contestarea deciziilor recenzorilor consumă multă energie negativă și este de evitat [6].

Publicarea efectivă

Dacă lucrarea este acceptată, în cele din urmă, după mai multe revizuiri și corectări realizate de autor ca urmare a observațiilor recenzorilor, cu siguranță, editorul publicației va transmite mesajul, de felicitare, către autor că aceasta va fi publicată în revista științifică.

Concluzii

Cea mai mare parte a cercetării inginerești reprezintă o combinație de cercetare empirică, cercetare experimentală, modelare și simulare, dezvoltare de noi instrumente, studii de implementare și cercetare dedicată teoriei și educației. Amestecul de abordări de cercetare calitativă și cantitativă face dificilă validarea, deoarece necesită stăpânirea și implementarea unei combinații de tehnici de validare [7].

Importanța corectitudinii datelor prezentate în studiile științifice este esențială deoarece acestea pot influența dezvoltarea practicilor, politicilor și reglementărilor în diferite domenii. Rezultatele studiilor pot furniza dovezi pentru adoptarea unor abordări specifice sau pentru schimbări în abordarea unor probleme majore. De asemenea, cercetările publicate sunt resurse importante pentru educația și formarea tinerilor. Ele oferă studenților și cercetătorilor la început de carieră acces la cunoștințe avansate și actuale în domeniile lor de interes [8].

Referințe

[1] H. Snyder, "Literature review as a research methodology: An overview and guidelines," J. Bus. Res., vol. 104, pp. 333–339, Nov. 2019, doi: 10.1016/j.jbusres.2019.07.039.

[2] P. K. Kankam, "The use of paradigms in information research," Libr. Inf. Sci. Res., vol. 41, no. 2, pp. 85–92, Apr. 2019, doi: 10.1016/j.lisr.2019.04.003.

[3] H. B. Elserag, "Writing and publishing scientific papers," Gastroenterology, vol. 142, no. 2. pp. 197–200, 2012. doi: 10.1053/j.gastro.2011.12.021.

[4] J. W. L. Cals and D. Kotz, "Effective writing and publishing scientific papers, part X: Choice of journal," Journal of Clinical Epidemiology, vol. 67, no. 1. p. 3, 2014. doi: 10.1016/j.jclinepi.2013.09.014.

[5] D. Kotz and J. W. L. Cals, "Effective writing and publishing scientific papers, part XI: submitting a paper," J. Clin. Epidemiol., vol. 67, no. 2, p. 123, Feb. 2014, doi: 10.1016/j.jclinepi.2013.10.004.

[6] M. Portuguez-Castro, "Exploring the Potential of Open Innovation for Co-Creation in Entrepreneurship: A Systematic Literature Review," Administrative Sciences, vol. 13, no. 9. 2023. doi: 10.3390/admsci13090198.

[7] R. Pinquié, J. Le Duigou, L. Grimal, and L. Roucoules, "An open science platform for benchmarking engineering design researches," Procedia CIRP, vol. 109, pp. 472–477, 2022, doi: 10.1016/j.procir.2022.05.280. [5] M. Heimstädt and S. Friesike, "The odd couple: contrasting openness in innovation and science," *Innovation*, vol. 23, no. 3, pp. 425–438, Jul. 2021, doi: 10.1080/14479338.2020.1837631.

[8] C. Busse and E. August, "How to Write and Publish a Research Paper for a Peer-Reviewed Journal," Journal of Cancer Education, vol. 36, no. 5. pp. 909–913, 2021. doi: 10.1007/s13187-020-01751-z.

SISTEM DE MĂSURARE PENTRU MAȘINA ASINCRONĂ HEXAFAZATĂ

Corneliu RĂILEANU*, Florin TESLARI, Ciprian SAVCIUC

Inginerie Electrică, ISEM-201, Energetică și Inginerie Electrică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

*Autorul corespondent: Corneliu RĂILRANU, corneliu.raileanu@ie.utm.md

Coordonatorul științific **Vadim CAZAC,** dr., conf. univ., Universitatea Tehnică a Moldovei

Rezumat: *Această cercetare se concentrează pe îmbunătățirea standului de testare pentru motoare asincrone hexafazate, utilizând un sistem de achiziție a datelor. Acțiunile planificate includ proiectarea arhitecturii informaționale, instalarea traductoarelor de curent și dezvoltarea software-ului pentru plăcile de achiziții de date. Etapele cheie în dezvoltarea sistemelor de alimentare multifazate pentru vehiculele electrice sunt identificate, subliniind metodele de testare comprehensive și importanța acestora în definirea parametrilor motorului. Evaluarea caracteristicilor mecanice și electrice este facilitată de senzori specializați și instrumente software, asigurând măsurători precise și analiză. Cuplajele între traductor și mașina testată, împreună cu măsurile de siguranță împotriva evenimentelor critice, sunt discutate pentru a reduce riscurile și a asigura siguranța operațională. Configurația oferă capacități pentru monitorizarea în timp real, diagnosticare și înregistrare a datelor, permițând evaluarea precisă a proprietăților mecanice și electrice. În plus, se evidențiază adaptabilitatea sistemului, subliniind potențialul utilizării instrumentelor de măsurare virtuale prin intermediul software-ului LabVIEW pentru măsurători concomitente multi-semnal. În ansamblu, cercetarea își propune să avanseze metodologiile de testare pentru motoarele multifazate, îmbunătățind acuratețea și eficiența în evaluarea caracteristicilor de performanță.*

Cuvinte cheie*: sistem hexafazat, cuplu, viteză, plc, labview, testare, mașină electrică.*

Introducere

În urma progresului constant al tehnologiei și a necesității de a dezvolta mașini electrice mai eficiente și mai fiabile, testarea acestora este esențială în etapele de dezvoltare, modernizare și întreținere. Această lucrare se concentrează pe procesul de dezvoltare și testare a sistemelor de alimentare hexafazate pentru mașini electrice, cu accent pe evaluarea precisă a performanțelor mecanice și electrice. Sunt analizate condițiile operaționale variate, cum ar fi încărcările la vid, scurtcircuitele și suprasarcinile, precum și evaluarea rezistenței dielectrice. Metodele și echipamentele specializate folosite pentru măsurarea și analiza parametrilor esențiali, cum ar fi cuplul, viteza, rezistența și inductanța, sunt detaliate în cadrul acestei lucrări. De asemenea, sunt prezentate tehnologiile avansate, software-ul LabVIEW, utilizate pentru controlul și analiza datelor în timpul testelor. Integrarea acestor instrumente avansate de testare are scopul de a furniza o înțelegere detaliată a procesului de dezvoltare și evaluare a mașinilor electrice hexafazate, facilitând optimizarea performanței acestora într-un mediu industrial în continuă schimbare.

1. Etapa cheie în dezvoltarea sistemelor de alimentare hexafazate pentru mașini electrice

Prima parte a programului de testare stabilește parametrii fundamentali ai mașinii, cum ar fi rezistența înfășurărilor și inductanța, prin efectuarea a două seturi de teste. Un al treilea grup de încercări evaluează performanța funcțională, inclusiv eficiența energetică, variațiile de cuplu și viteză în funcție de sarcina aplicată [1].

Pentru testarea unei mașini multifazice, este esențial un convertor de frecvență adecvat parametrilor săi și o sursă de alimentare sinusoidală de aceeași putere și cu numărul corespunzător de faze. Soluțiile pot include un transformator special multifazic sau o combinație între un autotransformator pentru reglarea tensiunii și un transformator adăugător pentru ajustarea defazajului între faze Fig. 1. La puteri mari, aceste instalații devin complexe și costisitoare [2].

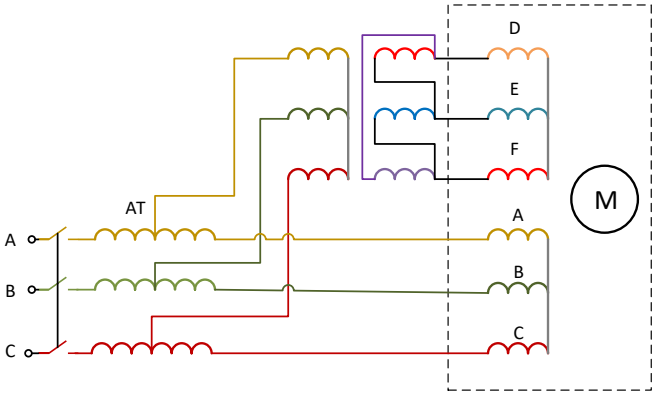
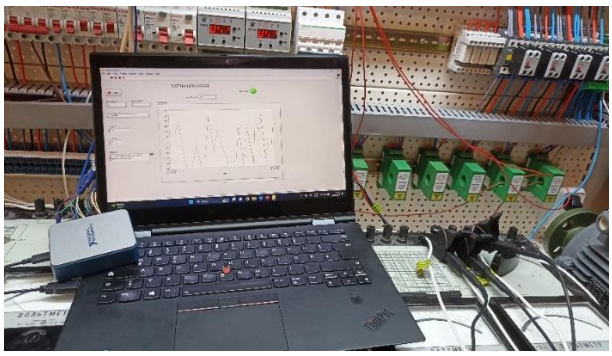


Figura 1. Schema de montaj a sursei de alimentare cu șase faze a motorului hexafazat cu înfășurare asimetrică

Pe lângă echipamentele de măsurare, standul este echipat și cu sisteme de precauție pentru a gestiona situații critice precum suprasarcina, scurtcircuitul și lipsa de împământare Fig. 2. Aceste sisteme de protecție sunt concepute pentru a detecta și a interveni în mod automat în cazul unor astfel de evenimente, reducând riscul de deteriorare a echipamentelor și protejând operatorii împotriva posibilelor pericole. De exemplu, sunt implementate sisteme de supraveghere a curentului și a tensiunii pentru a detecta rapid orice anomalii și pentru a opri operațiunile în condiții nesigure. De asemenea, sistemele de protecție sunt proiectate pentru a asigura o împământare corespunzătoare și pentru a preveni riscul de electrocutare sau alte accidente legate de electricitate [2].



(a)



(b)

Figura 2. Vedere generală a standului de încercări

2. Evaluarea precisă a caracteristicilor mecanice și electrice ale mașinilor electrice

Sistemul de măsurare a caracteristicilor mecanice este bazat pe un traductor care are principiul de funcționare a transformatorului diferențial, bazat pe proporționalitatea cuplului și inductanța rezultată din deformare. Este format din doi cilindri concentrici situați pe arbore pe ambele laturi ale zonei concentrațiile de deformare a arborelui și două bobine de stator concentrice atașate la carcasă.

Blocul de adaptare încorporat în senzor transformă cuplul nominal într-o tensiune de la 0 la ±10 V. Filtrul de trecere sus este reglabil de la 5 kHz la 1 Hz, ceea ce vă permite să reglați intervalul de frecvență pentru semnalul dorit și să opriți semnalele de înaltă frecvență nedorite [3].

Senzorul optic citește viteza din partea angrenată a mecanismului direct la sistemul de măsurare. Blocul electronic generează un semnal de frecvență proporțional cu viteza arborelui. Bucla activă compensează decalajul zero și deviația de temperatură cu o precizie de 0,1% la 10K (Fig. 3).

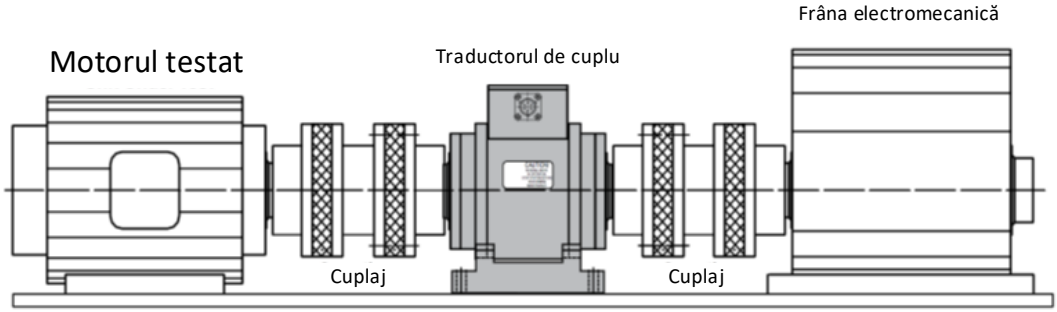


Figura 3. Vedere generală a standului de încercări a mașinilor electrice [3]

Cuplajele traductorului cu mașina testată și cu frâna

Unii producători oferă un set diferit de cuplaje pentru cele două tipuri de montare a traductorului de cuplu (fixat și suspendat) Fig. 4. Criterii de selecție pentru cuplaje adecvate pentru măsurarea cuplului sunt:

- Rigiditate ridicată la torsiune și precizie unghiulară (rigiditatea este de trei ori mai mare decât a arborelui)
- Calitatea prindere (autocentrare și proprietăți de rezistență adecvate)
- Operabilitate în intervalul de viteză de rotație a arborelui
- Calitatea echilibrului (în funcție de viteza de rotație)
- Posibilități de compensare a nealinierii.

Cu cât viteza de rotație a arborelui este mai mare, cu atât este necesară alegerea cuplajului și instalarea acestuia cu mai multă atenție (aliniere și echilibrare) pe mecanismul de antrenare.

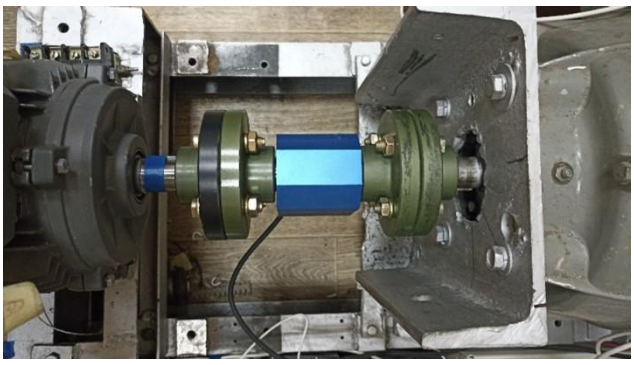


Figura 4. Vedere generală a standului dotat cu traductor de cuplul si viteză

Senzorii de cuplu sunt dispozitive esențiale utilizate într-o varietate de aplicații industriale și tehnologice. Aceștia sunt concepuți pentru a măsura și monitoriza cuplul, adică momentul de torsiune, în diverse medii și condiții de lucru. Există două tipuri principale de senzori de cuplu: statici și dinamici. Senzorii statici sunt utilizați pentru măsurarea cuplului în

aplicații statice, în timp ce senzorii dinamici sunt folosiți pentru aplicații în mișcare, cum ar fi sistemele rotative.

Principiul de funcționare al senzorilor de cuplu se bazează pe efectul piezoelectric sau pe efectul de rezistență Fig. 5. Acești senzori detectează deformarea materialului, care este proporțională cu cuplul aplicat Fig. 6. Această măsurare precisă a cuplului este esențială în numeroase industrii, inclusiv industria auto, aeriană, energie eoliană și manufacturieră.



Figura 5. Vedere generală a modulului de adaptare și afișare

Specificații generale:

- Diapazon de măsurare viteza 0-8000 rpm
- Diapazon de măsurare cuplu ±200 Nm
- Indicator de suprasarcină
- Tensiunea de alimentare 24VCC
- Interfață de comunicare RS-232
- Semnalele de ieșire ale canalelor de cuplu și viteza arborelui
- Software



Figura 6. Senzorul de cuplu [4]

3. Arhitectura sistemului informațional a standului de încercări

Arhitectura sistemului informațional a standului de încercări reprezintă interconexiunea echipamentelor de măsurare și forță a standului.

Măsurarea cuplului si vitezei motorului testat se realizează cu un traductor specializat SENSORCON, care este conectat la placa de achiziții pentru unificarea sistemului. Măsurarea curenților realizat cu senzor CR magnetic și a tensiunilor este realizată cu ajutorul senzorilor Verivolt [5], placa de achiziții universală USB-6000 ne permite să măsurăm și să generăm diferite semnale în sistem Fig. 7. Placa de achiziții conectată la calculator și monitorizat direct.

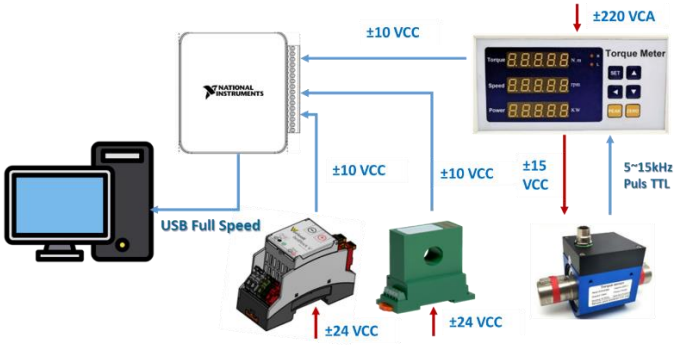


Figura 7. Arhitectura sistemului de control a cuplului de sarcină

Programul de afișare viteză în LabView

Programarea LabView Fig. 8 este realizată cu ajutorul blocurilor inteligente și scheme integrate. Programul permite detectarea erorilor și afișarea lor până la conectarea programului, un punct importat este exportarea datelor în format ușor de prelucrat, în cazul dat se utilizează Excel, extragerea datelor este urmărită de timpul real de măsurare [6].

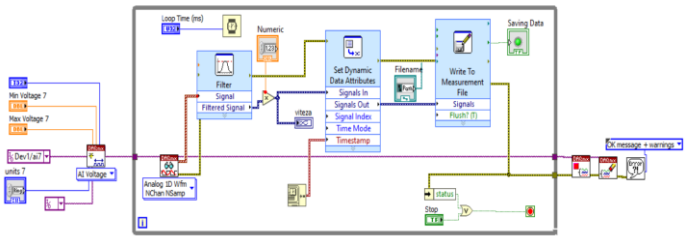


Figura 8. Interfața softului LabVIEW pentru vizualizarea cuplului și vitezei motorului testat

Placa de achiziție USB - 6000

USB-6000 este un dispozitiv DAQ multifuncțional [7]. Oferă intrări și ieșiri analogice și digitale și un contor de 32 de biți. USB-6000 oferă funcționalități de bază pentru aplicații precum înregistrarea simplă a datelor, măsurători portabile și experimente de laborator. Dispozitivul are o carcasă mecanică ușoară și este alimentat prin USB pentru o portabilitate ușoară. Driverul NI-DAQmx inclus și utilitarul de configurare simplifică configurarea și măsurările Fig. 9.

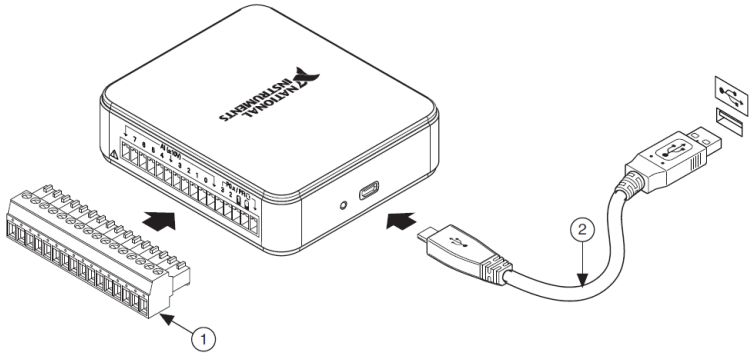


Figura 9. Vedere generală a plăcii USB 6000

Pentru măsurarea semnalelor poate fi utilizat DAQ Assistant sau prin alte programe software de aplicație NI pentru a configura canale virtuale și de măsurare cum ar fi LabVIEW (Fig. 10), LabWindows™/CVI™, Measurement Studio, SignalExpress.

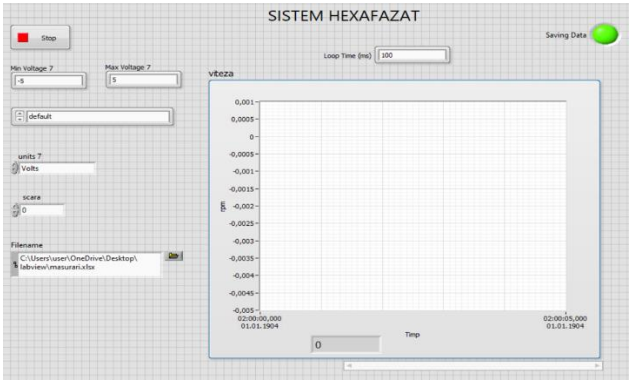


Figura 10. Interfața afișare programului LabView

Concluzii:

- Utilizarea traductorului de cuplu permite înregistrarea caracteristicii mecanice a mașinii testate în timp real, facilitând astfel o evaluare precisă a comportamentului său.
- Măsurătorile directe ale cuplului ne ajută să determinăm cu mai mare exactitate pierderile mecanice și electrice în mașina analizată.
- Deoarece mașinile testate sunt hexafazate, ar fi ideal un analizator pe șase faze; însă, în absența unui astfel de echipament pe piață, recurgem la utilizarea plăcii USB-6000 cu traductoare de curent pentru a face față acestei provocări.
- Pentru analiza simultană a mai multor semnale, dezvoltarea unui instrument virtual cu ajutorul software-ului LabView este esențială, permițând o monitorizare detaliată și eficientă a mașinii testate.
- Extragerea datelor în format ușor de prelucrat contribuie la realizarea testelor.

Referințe:

[1] P.Todos, Gh. Tertea, I. Nucă, V.Cazac, M. Burdunic. Acceptance Testing of the Six-Phase Asynchronous Machines. Published in: 2021 International Conference on Electromechanical and Energy Systems (SIELMEN). Date of Conference: 06-08 October 2021. Date Added to IEEE Xplore: 17 November 2021: INSPEC Accession Number: 21438273. Conference Location: Iasi, Romania. ID 125 . DOI: 10.1109/SIELMEN53755.2021.9600412.

[2] P.Todos,, I. Nucă, Gh. Tertea, V.Cazac, "Identification of Parameters and Power Losses of Six-Phase Asynchronous Machines by Induction Regenerative Method," 2023 10th International Conference on Modern Power Systems (MPS), Cluj-Napoca, Romania, 2023, pp. 1-6, DOI: 10.1109/MPS58874.2023.10187447

[3] P. Todos, Gh. Tertea, I. Nuca and V. Cazac. "Test-Based Analysis of Fault Tolerance Capability of Six-Phase Asynchronous Motors", Published in: 14th International Conference and Exhibition on Electromechanical and Energy Systems, October 2023, DOI: 10.1109/SIELMEN59038.2023.10290801

[4] Sensorcon datashet https://sensor-con.com/products/ZHKY2050B-datasheet-R1.pdf acesat (23.03.2024)

[5] Verivolta https://www.verivolt.com/shop/isoblock-v-1c-310#attr=385,261,9,227 acesat (12.03.2024)

[6] National Instruments Corpo https://www.ni.com/docs/en-US/bundle/usb-6000-specs/page/specs.html acesat (12.03.2024)

[7] DAQexpres https://www.ni.com/en/shop/data-acquisition-and-control/application-software-for-data-acquisition-and-control-category/what-is-daqexpress.html acesat (27.03.2024)

[8] A Division of Khorprate Holdings, https://www.crmagnetics.com/ac/dc-hall-effect-current-transducers/cr5410 (19.03.2024)

UTILIZAREA HIDROGENULUI PENTRU STOCAREA ENERGIEI

Florin TESLARI[1*], Corneliu RĂILEANU[1], Ciprian SAVCIUC[2]

[1]*Inginerie electrică, ISEM-201, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova,*
[3]*Inginerie electrică, ISEM-231, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova*

*Autorul corespondent: Florin Teslari, florin.teslari@ie.utm.md

Coordonatorul științific **Octavian MANGOS**, lect. univ., FEIE, UTM

Rezumat. *Stocarea energiei sub formă de hidrogen este o parte integrantă a sustenabilității viitoare a surselor de energie regenerabilă. Acest studiu analizează progresele tehnologice în domeniul stocării hidrogenului, începând cu primele studii și aplicații continuând cu inovațiile moderne. Prezenta analiză globală se concentrează atât pe progresele, cât și pe provocările asociate cu utilizarea hidrogenului în stocarea energiei electrice, acoperind aspecte de infrastructură și constrângeri tehnice. Sunt prezentate, de asemenea, metodele actuale de producere a hidrogenului, inclusiv hidrogenul verde și albastru, și tehnologiile de conversie a energiei, cum ar fi pilele de combustie și turbinele cu gaz. Articolul oferă o perspectivă detaliată asupra potențialului hidrogenului de a schimba aspectul energetic global și identifică oportunitățile de cooperare și de investiții în această direcție.*

Cuvinte cheie*: Surse regenerabile, inovare tehnologică, emisii reduse, infrastructură durabilă, integrare sistemică, stocarea energiei, utilizarea hidrogenului.*

Introducere

Această lucrare analizează utilizarea hidrogenului în stocarea energiei, subliniind rolul său esențial în promovarea sustenabilității surselor de energie regenerabilă. Prin analizarea evoluției tehnologice, de la metodele inițiale până la inovațiile moderne și prin evaluarea provocărilor și oportunităților asociate cu producerea, stocarea și conversia hidrogenului Fig.1, studiul evidențiază potențialul acestui vector energetic de dezvoltare pentru a contribui la îmbunătățirea sistemului energetic global. Accentuând importanța cooperării internaționale și a investițiilor în cercetare, lucrarea prezintă o viziune globală asupra viitorului energetic durabil facilitat de integrarea hidrogenului.

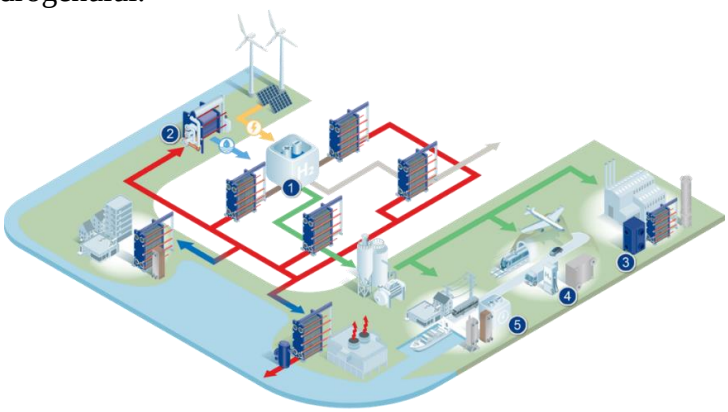


Figura 1. Diagrama sistemului energetic integrat pe bază de hidrogen [4]

1. Context și importanța stocării energiei

În contextul actual, marcat de creșterea cererii de energie și de importanța reducerii emisiilor de gaze cu efect de seră, stocarea energiei reprezintă o bază pentru tranziția către un viitor energetic sustenabil. Schimbările climatice și epuizarea resurselor fosile impun o

reorientare rapidă către surse de energie regenerabilă, cum ar fi energia solară, eoliană sau energia hidroelectrică. Cu toate acestea, natura intermitentă a acestor surse generează provocări semnificative în ceea ce privește stabilitatea și fiabilitatea rețelelor electrice. În acest context, hidrogenul este ca un vector energetic promițător, capabil să stocheze energia în exces produsă în perioadele de vârf ale producției regenerabile și să o elibereze atunci când cererea depășește oferta.

2. Avantajele și dezavantajele stocării hidrogenului

Avantajele stocării hidrogenului includ versatilitatea și capacitatea de a integra surse regenerabile de energie în sistemele energetice, contribuind semnificativ la reducerea emisiilor de CO_2. Hidrogenul poate servi ca legătură între diferite sectoare energetice, facilitând tranziția către o economie cu emisii scăzute de carbon. Alte avantaje majore includ densitatea înaltă de energie pe unitatea de masă a hidrogenului, posibilitățile diverse de stocare (sub formă gazoasă, lichidă sau în hidruri metalice) și potențialul de utilizare într-o gamă largă de aplicații, de la vehicule electrice cu pile de combustie până la generarea de energie electrică și termică.

Dezavantajele includ provocările tehnice și costurile asociate cu stocarea și manipularea hidrogenului. Stocarea hidrogenului la presiuni înalte sau sub formă lichidă necesită recipiente speciale, rezistente la presiune și temperaturi scăzute, ceea ce poate crește costurile de infrastructură și operaționale. De asemenea, hidrogenul are o densitate energetică scăzută per volum, ceea ce impune provocări în ceea ce privește eficiența spațială a soluțiilor de stocare. Pierderile energetice în procesul de conversie (din electricitate în hidrogen și invers) sunt de asemenea un aspect care necesită optimizare continuă. În plus, există provocări legate de siguranța manipulării hidrogenului, dat fiind caracterul său extrem de inflamabil.

3. Metode tradiționale și metode moderne de producere

Producția de hidrogen a evoluat semnificativ de la metodele tradiționale, bazate pe combustibili fosili, până la metode inovatoare care exploatează surse regenerabile de energie. Metodele tradiționale includ reformarea cu vapori a metanului, Fig. 2, 3 și 4, un proces în care metanul reacționează cu vapori de apă la temperaturi înalte pentru a produce hidrogen și dioxid de carbon. Deși fiind eficient din punct de vedere al costurilor, această metodă generează emisii semnificative de CO_2, subminând obiectivele de sustenabilitate. Pe de altă parte, metodele moderne se concentrează pe reducerea amprentei de carbon a procesului de producție. Electroliza apei, care descompune apa în oxigen și hidrogen folosind electricitate provenită din surse regenerabile, este tot mai recunoscută ca o alternativă verde. Acest proces este curat, lăsând ca subprodus doar oxigenul, dar eficiența sa energetică și costurile asociate reprezintă încă provocări mari.

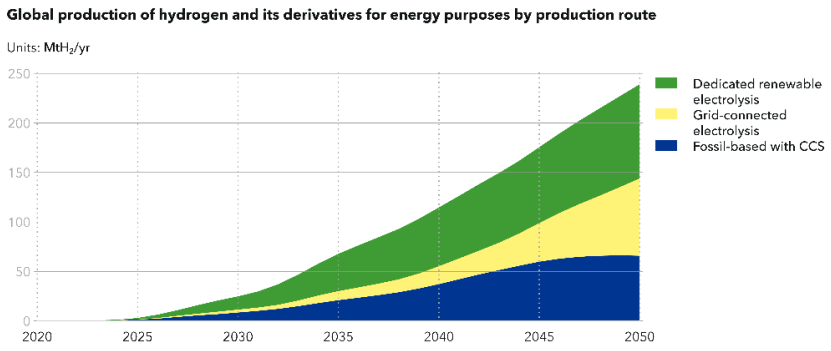


Figura 2. Producția globală de hidrogen și derivații săi în scopuri energetice, pe calea de producție [6]

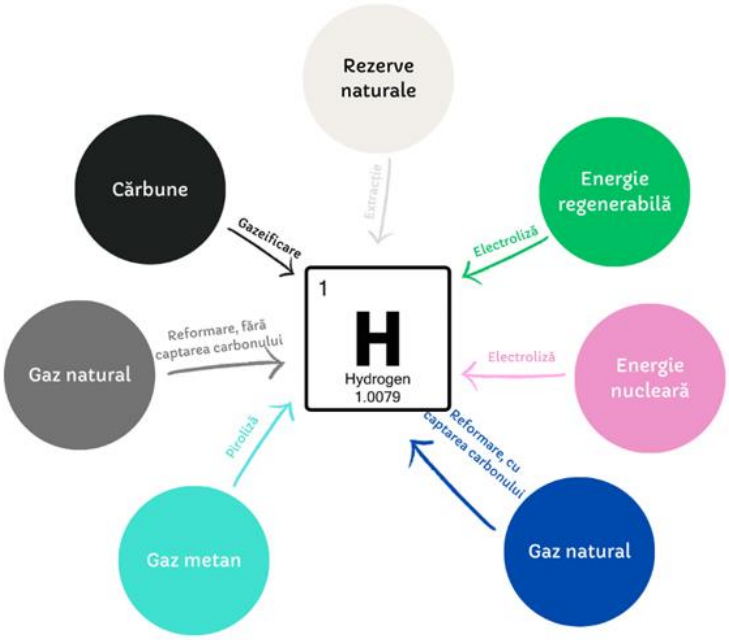


Figura 3. Metode de producere a hidrogenului după culori [2]

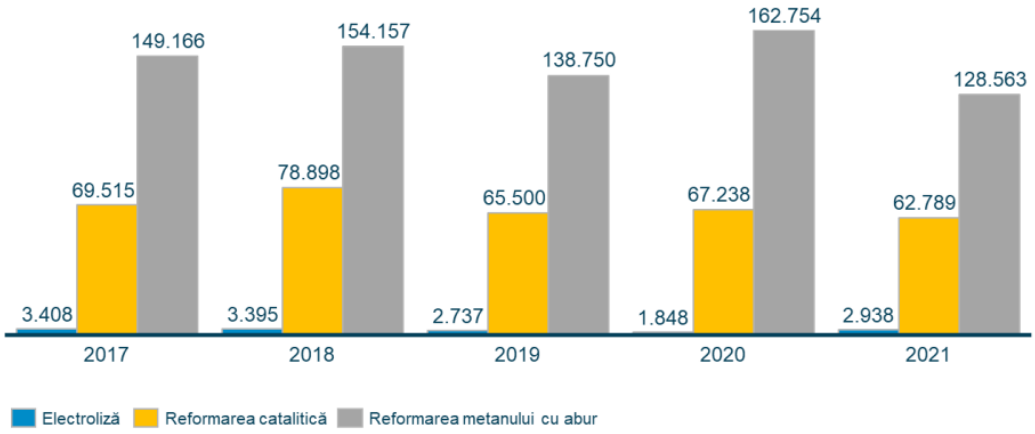


Figura 4. Analiza stării actuale cu privire la producerea hidrogenului [2]

4. Stocarea fizică: comprimare, lichefiere și hidruri metalice

Stocarea fizică a hidrogenului implică transformarea acestuia într-o formă care permite stocarea eficientă din punct de vedere al spațiului și accesul facil la eliberarea energiei atunci când este necesar. Există trei metode principale în această categorie: comprimarea, lichefierea și utilizarea hidrurilor metalice.

Comprimarea hidrogenului la presiuni înalte este una dintre cele mai comune metode de stocare, care permite depozitarea unei cantități mari de hidrogen în recipiente cilindrice de înaltă rezistență. Deși tehnologia este bine dezvoltată și relativ simplă, necesită pompe de compresie cu un consum mare de energie și prezintă provocări legate de siguranța depozitării la presiuni înalte.

Lichefierea hidrogenului implică răcirea acestuia la temperaturi extrem de scăzute, sub -252.87 °C, pentru a-l transforma în lichid. Aceasta crește densitatea hidrogenului, permițând o stocare mai compactă. Cu toate acestea, lichefierea necesită un consum semnificativ de energie pentru răcire și menținerea temperaturii, precum și recipiente de stocare izolate termic, ceea ce poate crește costurile.

Hidrurile metalice reprezintă o abordare inovatoare care permite stocarea hidrogenului sub formă solidă prin absorbția acestuia în metale sau aliaje specifice. Această metodă poate stoca hidrogenul la presiuni mai scăzute și în condiții mai sigure decât stocarea comprimată sau lichefiată. Cu toate acestea, dezavantajele includ greutatea mare a sistemelor de hidruri metalice și necesitatea unui aport de căldură pentru eliberarea hidrogenului absorbit.

5. Pilele de combustie: funcționare și tipuri

Pilele de combustie reprezintă o tehnologie cheie pentru conversia eficientă a hidrogenului în energie electrică, având potențialul de a juca un rol crucial în sistemele energetice sustenabile. Funcționând pe principiul invers al electrolizei apei, pilele de combustie combină hidrogenul cu oxigenul din aer pentru a produce electricitate, apă și căldură, fără emisii nocive. Principalele avantaje includ eficiența ridicată și flexibilitatea operațională, fiind utilizate într-o gamă variată de aplicații, de la vehicule electrice până la centrale electrice staționare.

Există mai multe tipuri de pile de combustie, clasificate în funcție de electrolitul utilizat, fiecare cu caracteristici specifice care influențează performanța, costul și domeniul de aplicabilitate. Cele mai comune tipuri includ pilele cu membrană schimbătoare de protoni (PEMFC), pilele alcaline (AFC), pilele cu carbonat topit (MCFC) și pilele cu oxid solid (SOFC). Pilele cu membrană schimbătoare de protoni sunt cele mai populare pentru aplicațiile mobile datorită pornirii rapide și dimensiunilor compacte, în timp ce pilele cu oxid solid sunt apreciate pentru aplicațiile staționare, având avantajul eficienței ridicate și flexibilității în combustibil.

6. Turbinele cu gaz și alte tehnologii de conversie

Pe lângă pilele de combustie, hidrogenul poate fi utilizat și în turbinele cu gaz pentru producerea energiei electrice. Deși această abordare nu este la fel de eficientă ca pilele de combustie în termeni de conversie directă a hidrogenului în electricitate, oferă flexibilitate în gestionarea cererii de energie la scară largă și poate servi ca soluție de backup fiabilă și rapidă pentru rețelele electrice.

Alte tehnologii de conversie, figura 4, includ motoarele cu combustie internă adaptate pentru hidrogen și sistemele hibride care combină pilele de combustie cu alte forme de stocare a energiei, cum ar fi bateriile, pentru a optimiza performanța și eficiența. Aceste tehnologii sunt în diverse etape de dezvoltare și testare, având potențialul de a diversifica și mai mult opțiunile disponibile pentru utilizarea hidrogenului ca sursă de energie.

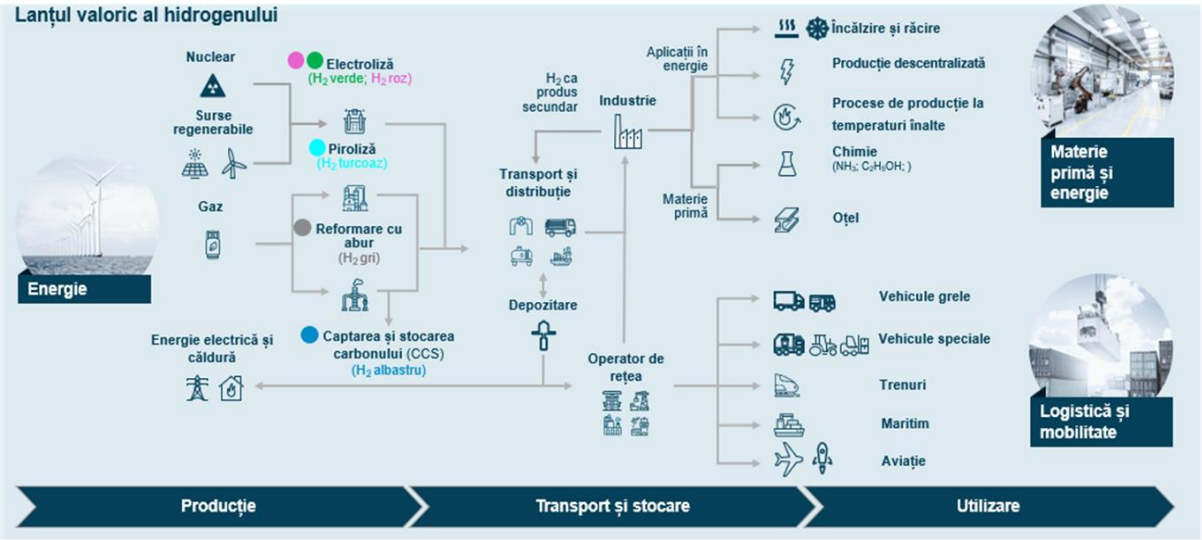


Figura 5. Metode de conversie a hidrogenului [2]

7. Eficiența și sustenabilitatea tehnologiilor de conversie

Eficiența conversiei energetice reprezintă un factor critic în evaluarea viabilității tehnologiilor bazate pe hidrogen. Pilele de combustie oferă unele dintre cele mai ridicate eficiențe teoretice și practice pentru conversia hidrogenului în electricitate, ajungând până la 60% eficiență electrică și chiar mai mult atunci când căldura generată este utilizată într-un proces de cogenerare.

Pe lângă eficiență, sustenabilitatea acestor tehnologii este esențială pentru a asigura o tranziție energetică reușită. Acest lucru implică nu doar reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră, ~~ci~~ dar și adresarea provocărilor legate de durabilitatea sistemelor, costurile de producție și exploatare, precum și disponibilitatea și reciclarea materialelor utilizate.

Concluzii

Utilizarea hidrogenului ca vector energetic de dezvoltare evidențiază un aspect energetic pentru tranziție, unde inovațiile modelează viitorul sustenabilității. Progresele în producția și stocarea hidrogenului, alături de tehnologiile de conversie, subliniază potențialul său în procesul de integrare a energiilor regenerabile în sistemele electroenergetice naționale. Cu toate acestea, succesul pe scară largă necesită o infrastructură adecvată, reglementări clare și o cooperare internațională solidă. Astfel, hidrogenul se evidențiază ca un element cheie în atingerea unui viitor energetic curat, în condiția unei abordări coordonate, care să unească cercetarea, investițiile și politicile abordate. Astfel, este esențială accelerarea eforturilor pentru a transforma hidrogenul într-un pilon fundamental al tranziției energetice globale.

Bibliografie

[1] International Energy Agency (IEA). (2023). The Future of Hydrogen. [Online] Disponibil la: [https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen]

[2] Hydrogen Council. (2023). Path to Hydrogen Competitiveness: A Cost Perspective. [Online] Disponibil la: [https://hydrogencouncil.com/en/study/path-to-hydrogen-competitiveness-a-cost-perspective/]

[3] European Commission. (2022). A Hydrogen Strategy for a Climate-Neutral Europe. [Online] Disponibil la: [https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-system-integration/hydrogen_en]

[4] National Renewable Energy Laboratory (NREL). (2023). Hydrogen Storage. [Online] Disponibil la: [https://www.nrel.gov/hydrogen/production-storage.html]

[5] Smith, A., Jones, B., și Roberts, C. (2023). "Advancements in Hydrogen Production Technologies: An Analytical Review." Journal of Cleaner Production, vol. 291, pp. 125763.

[6] Hydrogen: Statistics and Insights." DNV, DNV, 2023, www.dnv.com/about/statistics-and-insights/hydrogen/.

AUTOMATIZAREA SISTEMULUI DE ADĂPARE A ALBINELOR ÎN APICULTURĂ

Ciprian SAVCIUC[1*], Corneliu RĂILEANU[2], Florin TESLARI[2]

[1]*Inginerie Electrică, ISEM-231, Facultatea Energetică și Inginerie Electrică,*
Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova
[2] *Inginerie Electrică, ISEM-121, Facultatea Energetică și Inginerie Electrică,*
Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

*Autorul corespondent: Ciprian SAVCIUC, ciprian.savciuc@ie.utm.md

Coordonatorul științific **Vadim CAZAC,** dr., conf. univ., Universitatea Tehnică a Moldovei

Rezumat: *Această lucrare investighează metodele tradiționale de adăpare a albinelor și propune o soluție inovativă bazată pe tehnologie pentru îmbunătățirea eficienței acestui proces în apicultură. Prin utilizarea platformei Arduino și a senzorilor de nivel, s-a dezvoltat un sistem automatizat care controlează distribuția apei către albine. În plus, s-a creat un soft dedicat pentru monitorizarea și gestionarea adăpării, inclusiv funcționalități de alertă în cazul unor situații precum lipsa de apă sau modificarea poziției recipientului. Rezultatele obținute evidențiază o adăpare mai eficientă și un sistem mai controlat, deschizând noi perspective pentru gestionarea stupilor și conservarea albinelor. Integrarea tehnologiei moderne în apicultură poate contribui semnificativ la protejarea și promovarea sănătății albinelor, având un impact pozitiv asupra ecosistemelor și a producției de miere. Sistemul propus oferă posibilitatea de a monitoriza și ajusta adăparea albinelor în timp real, adaptându-se nevoilor specifice ale coloniilor în funcție de condițiile ambientale și de consumul de apă. Această abordare inovatoare ar putea reprezenta un pas important în direcția unei apiculturi sustenabile și a unei conservări mai eficiente a albinelor, având beneficii semnificative atât pentru comunitățile agricole, cât și pentru mediul înconjurător.*

Cuvinte cheie: *apicultură, tehnologie, arduino, adăpare, albine, conservare*

Introducere

Într-o lume amenințată de schimbările climatice și de declinul populațiilor de albine, apicultura se confruntă cu provocări semnificative. Albinele, esențiale pentru polenizarea plantelor și producția agricolă, necesită îngrijiri speciale pentru a supraviețui și a prospera. Inovația tehnologică oferă oportunități noi pentru a spori condițiile de trai ale albinelor și a îmbunătăți sustenabilitatea apiculturii. Acest articol explorează o soluție avansată, bazată pe platforma Arduino și senzorii de nivel, pentru a automatiza procesul de adăpare a albinelor. Această abordare promite o gestionare mai eficientă a resurselor de apă și un control mai precis al adăpării, cu ajutorul unui soft dedicat pentru monitorizare și alertare în situații critice. Analizăm impactul acestei inovații asupra eficienței adăpării albinelor și discutăm despre beneficiile integrării tehnologiei în conservarea albinelor și practicile de apicultură. Această inițiativă deschide noi perspective pentru o apicultură sustenabilă, subliniind importanța tehnologiei în protejarea sănătății albinelor și a mediului înconjurător.

1. Scopul si sarcinile Studiului

Scopul principal al studiului, este de a explora și a evalua eficacitatea unei soluții tehnologice inovative în îmbunătățirea procesului de adăpare a albinelor în contextul apiculturii moderne. Prin utilizarea platformei Arduino, senzorilor de nivel și sistemului de recirculare a apei, studiul își propune să dezvolte un sistem automatizat care optimizează distribuția apei către albine, asigurând o gestionare mai eficientă și controlată a acestui proces esențial pentru sănătatea și supraviețuirea coloniilor de albine.

2 Sarcinile specifice ale studiului includ:

Dezvoltarea Sistemului: Proiectarea și implementarea unui sistem automatizat de adăpare folosind tehnologia Arduino și senzori de nivel pentru a controla fluxul de apă către albine. Acest sistem ar trebui să fie capabil să ajusteze distribuția de apă în funcție de nevoile reale ale albinelor, luând în considerare factori precum condițiile climatice și disponibilitatea apei.

Evaluarea Impactului: Analizarea impactului sistemului automatizat asupra eficienței adăpării albinelor și a stării generale de sănătate a coloniilor. Acest lucru presupune colectarea și analiza datelor privind consumul de apă și filtrarea apei printr-un sistem de recirculare, comportamentul albinelor în preajma punctelor de adăpare și eventualele îmbunătățiri ale productivității coloniilor.

2. Starea actuală și tenditnțe de prespective

Lipsa de apă reprezintă o problemă gravă și tot mai răspândită care afectează nu doar umanitatea și fauna sălbatică, ci și albinele, aceste creaturi esențiale pentru polenizare și biodiversitate. În ultimii ani, schimbările climatice și extinderea urbanizării au dus la scăderea disponibilității surselor naturale de apă, punând presiune suplimentară pe ecosisteme și, implicit, pe albine. Aceste insecte nu se bazează pe apă doar pentru consum propriu, ci și pentru reglarea temperaturii în stup și pentru menținerea umidității necesare dezvoltării larvelor. Prin urmare, accesul redus la apă poate avea consecințe dramatice asupra sănătății și supraviețuirii lor.

Impactul Lipsii de Apă asupra Albinelor

În zilele calde, apa este vitală pentru albine, ajutându-le să răcească stupul și să producă hrană. Lipsa apei poate duce la stres termic, afectând dezvoltarea larvelor și imunitatea albinelor. Căutarea apei poate expune albinele la riscuri suplimentare și poate afecta biodiversitatea.

3. Adoptarea unui sistem automatizat pentru adăparea albinelor

Automatizarea sistemului de adăpare este o soluție esențială pentru combaterea ratei alarmant de mari a mortalității albinelor, o problemă gravă cu care se confruntă industria apicolă în ultimii ani. Utilizarea unei abordări tehnologice moderne, precum un sistem bazat pe platforma Arduino, reprezintă o direcție promițătoare în această privință.

Platforma Arduino este aleasă pentru această aplicație datorită versatilității sale și a capacității de a integra o varietate de senzori, traductori și contactori. Acest lucru facilitează crearea unui sistem complet automatizat și eficient pentru distribuirea apei către albine, eliminând astfel necesitatea intervenției umane constante și reducând riscul de erori umane.

Prin utilizarea tehnologiei moderne, sistemul poate fi programat pentru a monitoriza și gestiona adăparea albinelor în timp real, luând în considerare factori precum temperatură, umiditate și cerințele specifice ale coloniilor de albine. În plus, capacitatea de a detecta și de a raporta automat problemele, cum ar fi lipsa de apă sau modificările în poziția recipientului, contribuie la eficiența și fiabilitatea sistemului.

4. Descrierea prototipului

Prototipul descris oferă o soluție tehnologică avansată pentru îmbunătățirea condițiilor de viață ale albinelor în apicultura modernă. Acesta se axează pe crearea unui mediu optim pentru coloniile de albine prin menținerea unei temperaturi adecvate a apei și asigurarea unei surse constante de apă proaspătă și curată. Caracteristicile esențiale ale sistemului includ un vas termic cu sistem de răcire pentru controlul temperaturii apei, o pompă pentru recircularea și filtrarea apei, și un senzor de nivel pentru monitorizarea cantității de apă disponibilă. Mai mult, integrarea unei camere video permite apicultorilor să observe comportamentul albinelor, facilitând detectarea promptă a oricăror probleme.

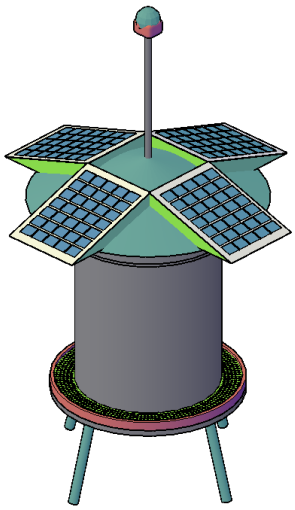


Figura 1. Imaginea generala a sistemului de adăpare

Sistemul se bazează pe energie solară, folosind panouri fotovoltaice pentru alimentarea componentelor, ceea ce contribuie la sustenabilitatea și eficiența energetică a soluției. Comunicarea wireless este realizată prin utilizarea unui modul Arduino SIM, asigurând accesibilitatea și controlul de la distanță al sistemului de către apicultor

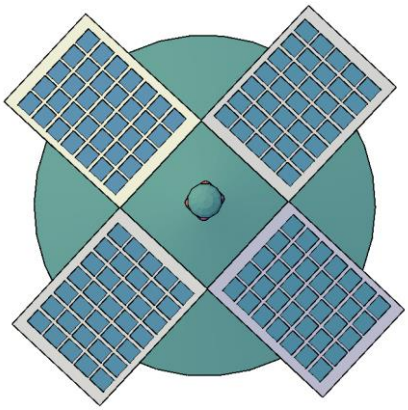
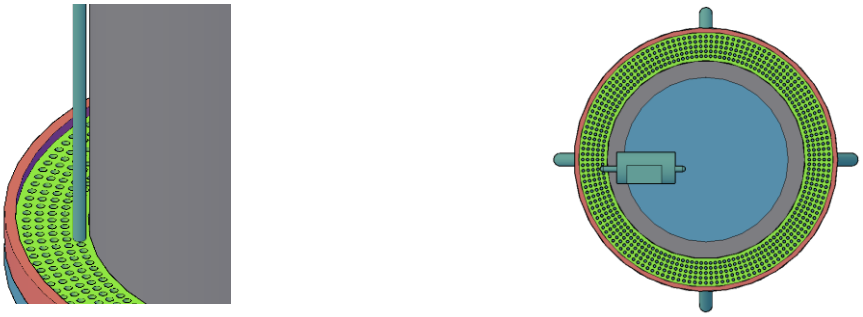


Figura 2. Poziționarea panourilor fotovoltaice pe instalație



a) b)

Figura 3. Canal de adăpare pentru albine

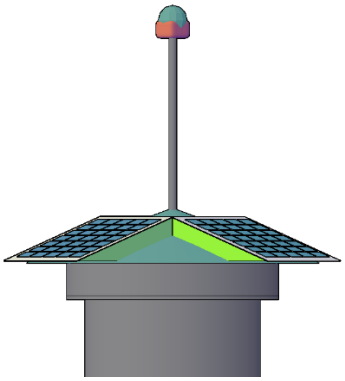


Figura 4. Cameră de vederi și antena

5. Echipamente

Arduino Mega 2560 este o placă de dezvoltare cu ATmega2560. Are 54 de pini digitali (15 PWM), 16 intrări analogice, 4 UART-uri, un cristal de 16 MHz, USB, alimentare, ICSP și reset. Conține tot ce este necesar pentru microcontroler; conectați-l la PC sau alimentați-l. Este compatibilă cu shield-urile pentru Uno și alte plăci. Este o actualizare a Arduino Mega [1].



Figura 5. Arduino Mega 2560 [1]

Modulul OV7670 este compact și ușor de integrat cu plăcile Arduino. Echipat cu un senzor CMOS, poate captura imagini și videoclipuri la 640 x 480 pixeli. Cu bibliotecile Arduino și puțin cod, puteți controla modulele pentru diverse aplicații, cum ar fi captura de imagini și detectarea mișcării. Potrivit pentru roboți, supraveghere și alte aplicații de vizualizare a imaginilor [2].



Figura 6. Modulul camerei OV7670 [2]

Modulul senzorului de nivel al apei pentru Arduino detectează nivelul apei într-un recipient sau rezervor. Se conectează la o placă Arduino și este utilizat în aplicații precum controlul nivelului apei în rezervoare sau sisteme de irigații automatizate. Programarea microcontrolerului este necesară pentru citirea datelor de la senzor și controlul dispozitivelor asociate [3].



Figura 7. Modulul senzorului de nivel al apei pentru Arduino [3]

Celula fotovoltaică Mini 6V 1W Panoul solar Sistem solar DIY pentru lumină 8U9I [4]



Figura 8. Celula fotovoltaică [4]

Controler solar cu afișaj Pwm Lcd ieșire USB dublă Echipament de gestionare a încărcării solare PUTERE MAXIMA 720 W [5]



Figura 9. Controler solar [5]

Pompa de apa submersibila, centrifuga pe 12V, Solid Volt [6]



Figura 10. Pompa de apa [6]

Modulul GSM/GPRS mini SIM800L este ideal pentru transmiterea GPRS, SMS-uri și efectuarea apelurilor vocale. Este compact, cu costuri reduse și suport pentru frecvențe de bandă quad. După pornire, se conectează automat la rețeaua celulară și afișează starea conexiunii printr-un LED încorporat [7].



Figura 11. Modulul GSM/GPRS mini SIM800L [7]

DS18B20 Modul senzor de temperatură Tensiune: 3,3 V, 5 V Temperatura: -50~125°C, furnizează citiri de temperatură de la 9 la 12 biți (configurabile) pe o interfață cu 1 fir [8].



Figura 12. DS18B20 Modul senzor de temperatură [8]

Concluzii

- S-a dezvoltat și implementat cu succes un sistem automatizat de adăpare a albinelor folosind tehnologia Arduino, care ajustează automat distribuția apei în funcție de nevoile albinelor și condițiile ambientale.
- Sistemul propus permite o gestionare mai eficientă a adăpării, îmbunătățind sănătatea și productivitatea coloniilor de albine.
- Implementarea tehnologiei în apicultură sprijină conservarea albinelor și sustenabilitatea practicilor apicole, esențiale pentru biodiversitate și ecosisteme sănătoase.
- Studiul evidențiază potențialul tehnologiei de a inova și optimiza gestionarea stupilor, sugerând posibilități de extindere a sistemului.
- Se recomandă explorarea continuă a soluțiilor tehnologice pentru a aborda provocările în apicultură, punând bazele pentru o industrie mai sustenabilă și eficientă.

Referințe

[1] https://store.arduino.cc/products/arduino-mega-2560-rev3 accesat (19.03.2024)
[2] https://www.jsumo.com/ov7670-arduino-camera-module accesat (19.03.2024)
[3] https://roboromania.ro/produs/senzor-nivel-apa-compatibil-arduino/ accesat (21.03.2024)
[4] https://ro.wikipedia.org/wiki/Celul%C4%83_solar%C4%83.2024 accesat (21.03.2024)
[5] https://www.domo.ro/controler-solar-de-incarcare-powmr-mppt-pwm-12v-24v-30a-dublu-usb-ecran-lcd-auto-pNyo0NjMrNA-l/ accesat (21.03.2024)
[6] https://solidvolt.ro/produs/pompa-de-apa-submersibila-centrifuga-pe-12v/ accesat (24.03.2024)
[7] https://nettigo.eu/products/sim800l-gsm-grps-module accesat (26.03.2024)
[8] https://cleste.ro/senzor-temperatura-rezistent-la-apa-ds18b20.html accesat (26.03.2024)

ELABORAREA MOTOARELOR ASINCRONE HEXAFAZATE DE TRACȚIUNE PENTRU VEHICULE ELECTRICE AUTONOME URBANE DE PASAGERI

Dorel CORNOVAN[1*], Florin TESLARI[2]

[1]*Inginerie Electrică, Școala Doctorală „Dispozitive și echipamente electrotehnice” 222.01, Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea Energetică și Inginerie Electrică, Chișinău, Republica Moldova*
[2]*Inginerie electrică, ISEM-201, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova,*

*Autorul corespondent: Dorel Cornovan, electrointelsistem@gmail.com

Coordonatorul științific **Ilie NUCA**, dr., conf., FEIE, UTM

Rezumat. *Articolul explorează progresul și relevanța motoarelor asincrone hexafazate (MAH) pentru tracțiunea vehiculelor electrice urbane. Analiza cuprinde designul sistemului de tracțiune, subliniind componentele cheie și proiectarea optimă. Se accentuează rolul MAH în eficientizarea și diversificarea configurării vehiculelor urbane, alături de beneficiile acestora. Studiul detaliază inovațiile în convertoarele de putere și structurile de control, evidențiind impactul controlului scalar și vectorial asupra performanței tracțiunii. Prin teste experimentale, lucrarea validează îmbunătățirile aduse de MAH, concluzionând asupra potențialului lor de a transforma mobilitatea urbană într-una mai sustenabilă și eficientă.*

Cuvinte cheie*: Eficiență Energetică, sustenabilitate, optimizare, inovație, performanță.*

Introducere

Pe măsură ce lumea se îndreaptă spre o mobilitate sustenabilă, vehiculele electrice (VE) joacă un rol crucial în strategiile de reducere a emisiilor de carbon. Eficiența și inovarea în sistemele de tracțiune sunt esențiale pentru avansarea performanței VE. În acest context, motorul asincron hexafazat (MAH) se distinge prin eficiență energetică îmbunătățită și adaptabilitate, oferind o soluție promițătoare pentru îmbunătățirea vehiculelor electrice urbane. Avantajele MAH includ versatilitatea în aplicare și capacitatea de a satisface o gamă largă de cerințe operative, făcându-l ideal pentru integrarea în VE destinate utilizării urbane. Scopul acestui capitol este de a sublinia importanța tehnologiilor avansate de tracțiune, cum ar fi MAH, în evoluția vehiculelor electrice, punând bazele pentru o discuție detaliată despre progresul, provocările și perspectivele sistemelor de tracțiune moderne pentru VE. Această introducere conturează direcția analizei ulterioare a aplicabilității și impactului MAH în contextul mobilității electrice sustenabile.

1. Fundamentul sistemului de tracțiune electrică

Structura și componentele sistemului de tracțiune

Sistemul de tracțiune electrică pentru vehicule este compus din mai multe elemente esențiale, cu roluri distincte în funcționarea optimă a vehiculului electric. Printre acestea se numără:

- **Motorul electric:** Elementul central al sistemului, responsabil pentru transformarea energiei electrice în mișcare mecanică.
- **Invertorul:** Dispozitivul care convertește energia electrică de la bateria vehiculului într-o formă compatibilă cu motorul electric.
- **Sistemul de control:** Ansamblul de algoritmi și procesoare digitale care reglează și monitorizează performanțele motorului electric în timp real.

- **Sistemul de răcire și protecție:** Componentă crucială pentru menținerea temperaturii optime de funcționare a motorului și a altor elemente esențiale.

Aceste componente lucrează într-un mod integrat, fiecare contribuind la performanța generală a sistemului de tracțiune electrică.

Factorii cheie în proiectarea sistemelor de tracțiune electrică

Proiectarea unui sistem de tracțiune electrică eficient implică evaluarea și luarea în considerare a mai multor factori, printre care:

- **Numărul și dimensiunea motoarelor:** Determinarea câtor motoare sunt necesare și a dimensiunii optime pentru a satisface cerințele de performanță.
- **Puterea și capacitatea invertorului:** Calculul puterii nominale necesare pentru invertor pentru a asigura funcționarea corespunzătoare a motorului electric.
- **Strategiile de control și modulare:** Definirea algoritmilor de control care să optimizeze comportamentul și eficiența sistemului de tracțiune electrică în diverse condiții de funcționare.

2. Caracteristicile și importanța motorului asincron hexafazat (MAH) în vehiculele electrice urbane de pasageri

Motorul Asincron Hexafazat (MAH) reprezintă un pilon important în domeniul tracțiunii pentru vehiculele electrice destinate transportului urban de pasageri. Prin caracteristicile și funcționalitățile sale inovatoare, MAH aduce o serie de avantaje semnificative în acest context.

Una dintre cele mai remarcabile caracteristici ale MAH este capacitatea sa de a oferi o eficiență energetică ridicată și performanțe remarcabile. Această combinație esențială este vitală pentru îmbunătățirea autonomiei și fiabilității vehiculelor electrice destinate transportului urban intens.

MAH este cunoscut pentru flexibilitatea sa și capacitatea de adaptare la diverse configurații și cerințe specifice ale vehiculelor urbane de transport de pasageri. Variantele de configurare permit integrarea sa într-o gamă largă de vehicule, de la autobuze și troleibuze până la alte mijloace de transport electric urban.

Pe lângă performanțele sale impresionante, MAH se remarcă și prin durabilitatea și fiabilitatea sa pe termen lung. Această caracteristică este esențială în contextul utilizării intensive în mediul urban, unde vehiculele electrice sunt supuse unui regim de funcționare intens.

3. Dezvoltarea și cercetarea în jurul MAH în domeniul tracțiunii electrice

Cercetările și experimentele ample în domeniul tracțiunii electrice au confirmat și validat aplicabilitatea MAH în contextul vehiculelor electrice urbane de pasageri. Aceste studii au subliniat avantajele semnificative ale utilizării MAH, evidențiind potențialul său de a îmbunătăți semnificativ tehnologia de transport electric urban.

Motorul Asincron Hexafazat reprezintă un punct central în evoluția tehnologiei de tracțiune electrică pentru vehiculele destinate transportului urban de pasageri, aducând cu sine o serie de beneficii și inovații esențiale pentru progresul în domeniu.

4. Diferențele în structurile de control pentru MAH și aplicabilitatea lor în vehiculele electrice urbane

Controlul adecvat al motorului asincron hexafazat este esențial pentru optimizarea performanțelor vehiculelor electrice destinate transportului urban de pasageri. Diferențele semnificative în structurile de control pentru MAH joacă un rol esențial în adaptabilitatea și eficiența acestor sisteme în medii urbane.

Structurile de control pentru MAH sunt elaborate pentru a maximiza performanțele motorului în diverse scenarii de utilizare. Aceste structuri sunt proiectate pentru a ajusta parametrii motorului în timp real, asigurându-se că acesta funcționează la parametri optimi în diverse condiții de trafic și utilizare urbană intensivă.

Controlul motorului asincron hexafazat este adaptat pentru a răspunde cerințelor unice ale mediului urban. Variabilitatea în structurile de control permite ajustări fine pentru a se adapta la solicitările specifice ale traficului urban, inclusiv accelerații și decelerări frecvente, precum și condiții variate de încărcare și descărcare a motorului.

Dezvoltarea convertoarelor și a structurilor de control reprezintă un element esențial în evoluția și performanța sistemelor hexafazate în contextul vehiculelor electrice destinate transportului urban de pasageri Fig. 1. Aceste componente și structuri sunt adaptate pentru a maximiza eficiența, fiabilitatea și performanțele motorului asincron hexafazat, contribuind la progresul în domeniu.

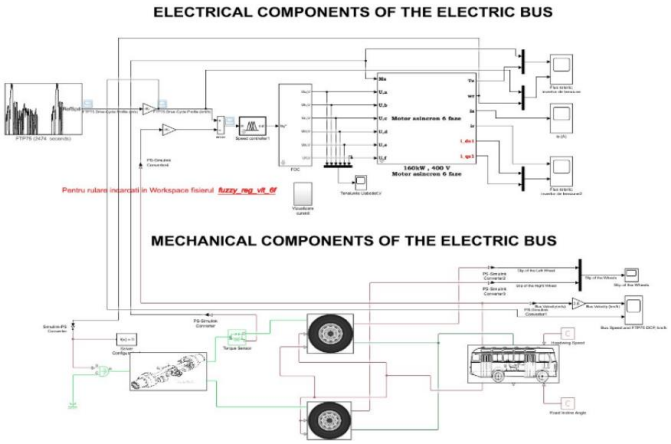


Figura 1. Modelul Simscape de tracțiune VEUP

5. Controlul scalar și optimizarea sa

Controlul scalar reprezintă o modalitate simplă, dar robustă, de a gestiona viteza și cuplul motorului. Prin variații în raportul tensiune-frecvență, acest control reglează performanțele motorului. În ciuda simplității sale, controlul scalar necesită optimizare constantă pentru a îmbunătăți precizia și reactivitatea în condiții de funcționare variate. Optimizarea acestui tip de control implică ajustări ale parametrilor de control și integrarea unor tehnici avansate pentru a compensa alunecarea inherentă și pentru a îmbunătăți răspunsul la solicitările de viteză și cuplu.

6. Controlul vectorial și avantajele sale în sistemele cu MAH

Controlul vectorial (field-oriented control - FOC) reprezintă un pas major în evoluția sistemelor de tracțiune. Acesta manipulează direct câmpurile motorului, permițând o gestionare precisă a fluxului și cuplului Fig. 2. FOC poate compensa alunecarea, permițând controlul independent al acestora, astfel încât viteza să fie gestionată fără compromisuri. Avantajele controlului vectorial sunt remarcabile, oferind performanțe superioare în ceea ce privește precizia, reactivitatea și eficiența Fig. 3.

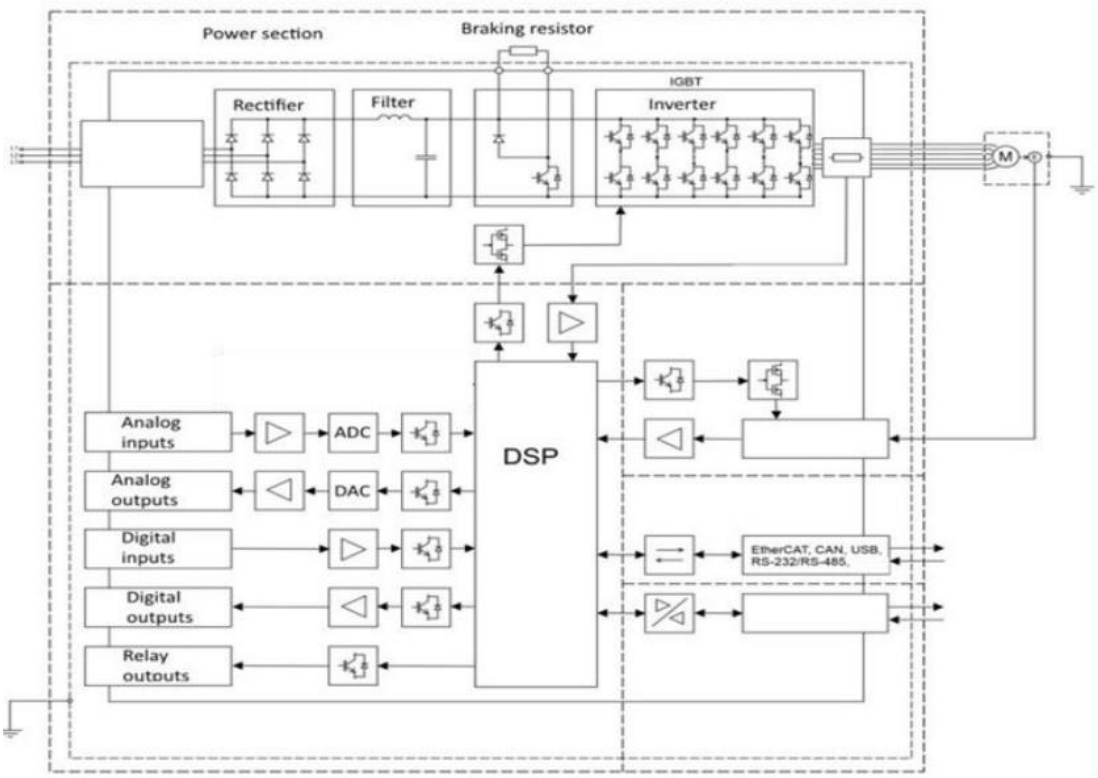


Figura 2. Schema bloc al invertorului hexafazat

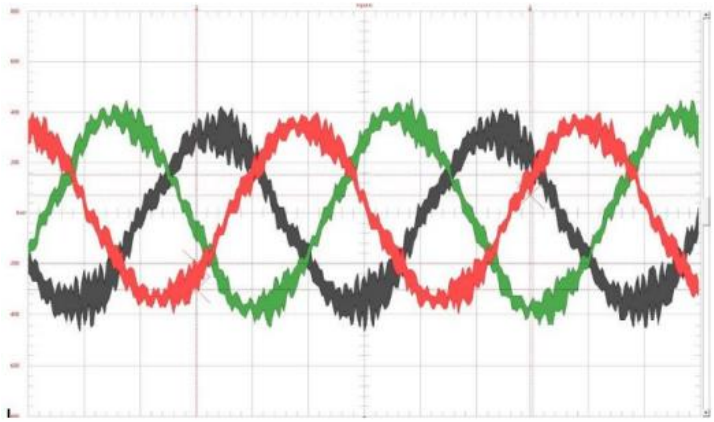


Figura 3 Forma curenților de ieșire pe 3 din 6 faze al sistemului hexafazat

7. Machetele și testele realizate pentru a valida și evalua performanțele sistemelor propuse.

- **Performanțe Energetice:** Evaluarea consumului de energie și a eficienței sistemului de tracțiune în raport cu diverse sarcini și condiții de funcționare Fig. 4.
- **Răspunsul la Sarcină:** Comportamentul sistemului de tracțiune în situații de încărcare variabilă și impactul asupra cuplului și vitezei motorului Fig. 5.
- **Rezistența la Sarcină:** Testele au evaluat durabilitatea și comportamentul sistemului în situații de funcționare la capacitate maximă, sub sarcini ridicate și cu 1-2 rupturi ale fazelor Fig.6. Curenții cresc la 1 ruptură cu 5% și cu 14% la 2 rupturi.
- **Stabilitatea Sistemului:** Testarea reacției sistemului la schimbări bruște de mediu, cum ar fi variațiile de temperatură sau de încărcare.

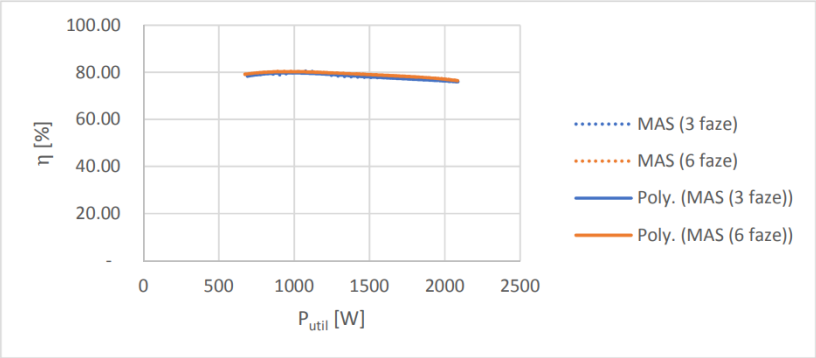


Figura 4. Caracteristica randamentului

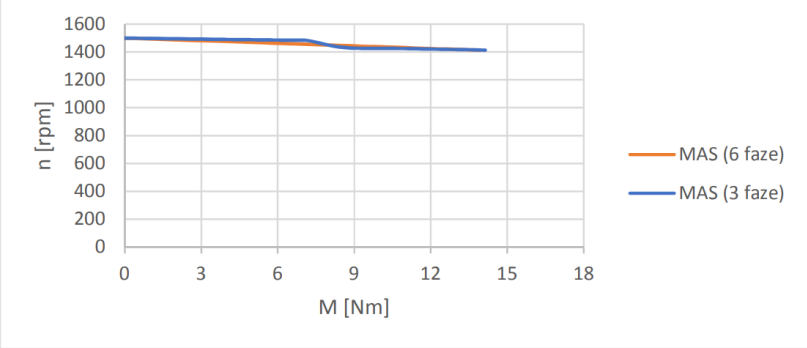


Figura 5. Caracteristica mecanică

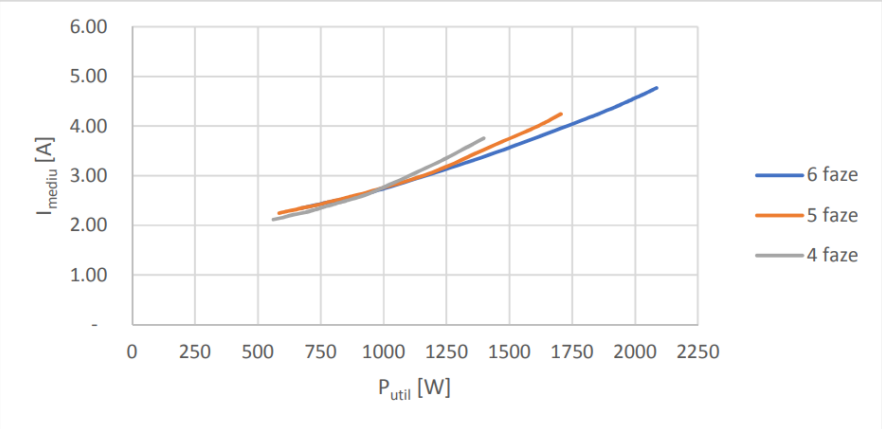


Figura 6. Caracteristica curentului la rupturi

Concluzii

În lumina evoluției semnificative a vehiculelor electrice, articolul evidențiază rolul esențial al motorului asincron hexafazat (MAH) în dezvoltarea tracțiunii electrice urbane. Demonstrându-și eficiența, adaptabilitatea și fiabilitatea în mediile urbane aglomerate, MAH devine un pilon esențial pentru mobilitatea durabilă. De la avantajele sale tehnologice la aplicabilitatea sa practică în sistemele de tracțiune, acest motor reprezintă un pas crucial către o mobilitate urbană mai ecologică și mai eficientă. Cu progresele continue în cercetare și implementare, MAH ar putea juca un rol semnificativ în transformarea pe termen lung a peisajului transportului urban, oferind soluții sustenabile și promițătoare pentru nevoile de mobilitate din orașe.

Referințe

[1] „Design and modeling of a reversible 3 phase to 6 phase induction motor for improved survivability under faulty conditions” Anushree Anantharaman Kadaba, Milwaukee, Wisconsin, 2008.

[2] „Proiectarea mașinilor electrice”, I. Cioc, C. Nica, Editura Didactică și Pedagogică, R.A. – București, 1994

[3] Raport științific anual, privind implementarea Proiectului de Stat (2020-2023), „Sisteme integrate autohtone de tracțiune electrică, pentru vehicule electrice urbane de pasageri”, Nuca I, Nuca I, Cazac V, Todos P, Gherțescu C.

[4] Moldovan A. Dezvoltarea Sistemului de Control al Sistemului de Tracțiune Asincronă Hexafazată. Conferința tehnico-științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor. Chișinău, 23-25 martie, 2021

[5] Todos, P., Sobor, I., Nuca, I., & Rata, Iu. (2005). "Asynchronous submersible motors with 12 Phases." 5th International Conference on Electromechanical and Power Systems, Chisinau, R. Moldova, 787-790.

[6] Todos P., Tertea Gh., Nuca I., Cazac V. et al. Acceptance Testing of the Six-Phase Asynchronous Machines. Proceedings of the 2021 International Conference on Electromechanical and Energy Systems (SIELMEN). October 6-8, 2021. Iași-Chișinău, pp.511-516. IEEE Catalog Number: CFP21L58-ART. ISBN: 978-1-6654-0078-7

[7] Rimbu, I., Nuca, I., Nuca, I. Modelarea sistemului de tracțiune al troleibuzului cu motor asincron și control vectorial.

IMPLEMENTAREA MODULELOR PELTIER PENTRU CONTROLUL PRECIS AL TEMPERATURII ÎNTR-O SERĂ AUTOMATIZATĂ DE DIMENSIUNI REDUSE

Valentin BÂNZARU*, Florin TESLARI

Inginerie electrică, ISEM-201, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova,

*Autorul corespondent: Valentin Bânzaru, valentin.banzaru@ie.utm.md

Coordonatorul științific **Vasile RACHIER**, dr. Conf., FEIE, UTM

Rezumat. *Această lucrare explorează eficacitatea modulelor Peltier ca soluție pentru managementul temperaturii în serele de dimensiuni reduse, concentrându-se pe implementarea și optimizarea acestor dispozitive termoelectrice. Experimentele realizate demonstrează capacitatea modulelor Peltier de a răci rapid și eficient, reducând temperatura unei căni cu apă de la 23°C la 7.2°C în doar 9 minute, și a unei camere izolate termic de la 25°C la 16°C în 10 minute. Detaliile tehnice, inclusiv principiul de funcționare al efectului Peltier și metodele de control al temperaturii, sunt discutate pentru a ilustra adaptabilitatea și precizia acestui sistem în contextul agriculturii sustenabile.*

Cuvinte cheie*: module Peltier, controlul temperaturii, sere de mici dimensiuni, eficiență energetică, agricultură sustenabilă.*

Introducere

Serele de mici dimensiuni prezintă provocări specifice în ceea ce privește controlul climatic, principalele dificultăți fiind legate de costurile ridicate și complexitatea sistemelor tradiționale de management al temperaturii, cum ar fi încălzirea cu combustibili fosili sau utilizarea pompelor de căldură. Aceste metode, deși eficiente în anumite contexte, se dovedesc adesea inadecvate pentru spațiile reduse, fie din cauza costurilor inițiale prohibitive, fie din cauza ineficienței în reglarea temperaturilor mici specific necesare în sere. În acest context, modulele Peltier reprezintă o alternativă modernă care oferă avantaje semnificative pentru serele de dimensiuni reduse. Aceste dispozitive termoelectrice, care exploatează efectul Peltier, permit nu doar răcirea, dar și încălzirea spațiilor prin simpla inversare a polarității curentului aplicat, oferind astfel un control precis și rapid al temperaturii. Utilizarea lor în sere poate contribui la crearea unui microclimat ideal pentru creșterea plantelor, cu un consum energetic mult redus comparativ cu soluțiile tradiționale. Prin dimensiunile compacte și flexibilitatea în operare, modulele Peltier se adaptează ușor la variațiile de temperatură necesare pentru diferitele faze de creștere ale plantelor. Acest aspect este vital pentru optimizarea proceselor biologice care se desfășoară la nivelul plantelor, cum ar fi fotosinteza, care poate fi maximizată prin ajustarea precisă a temperaturii în seră. În plus, simplificarea sistemului de control termic prin utilizarea acestor module minimizează riscul de eroare umană și reduce costurile de mentenanță și operare.

1. Principiul de Funcționare al Modulelor Peltier

Efectul Peltier, numit astfel după descoperitorul său Jean Charles Athanase Peltier care l-a identificat în 1834, descrie transferul de căldură la nivelul unei joncțiuni dintre două metale sau semiconductori diferiți atunci când este aplicat un curent electric. Acest efect este unul dintre cele trei fenomene termoelectrice interrelate, alături de efectul Seebeck și efectul Thomson, care formează baza funcționalității modulelor Peltier.

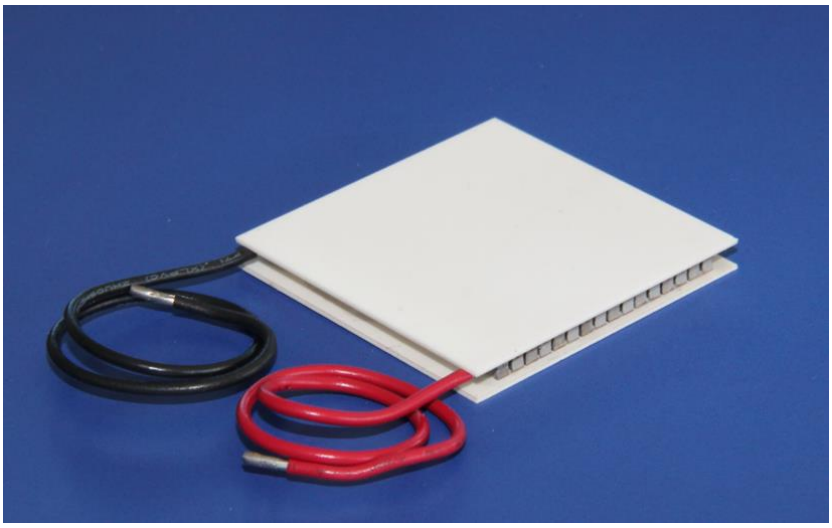


Figura 1. Element Peltier

Un modul Peltier este construit din mai multe perechi de semiconductori, organizate alternativ între două plăci ceramice care servesc la izolarea termică și mecanică. Semiconductoarele folosite sunt de două tipuri, tip p (pozitiv, cu exces de găuri) și tip n (negativ, cu exces de electroni), iar aranjamentul lor în perechi este crucial pentru crearea unui flux termic eficient când modulul este alimentat electric.

Când un curent electric trece prin modulul Peltier, electronii și găurile din semiconductori migrează de la un material la altul. Acest transfer de purtători de sarcină implică absorbția sau eliberarea de căldură la joncțiunile semiconductoarelor reprezentate în Fig. 2, fenomen cunoscut sub numele de efectul Peltier:

- Răcire: Când curentul trece într-o direcție specifică printr-o joncțiune p-n, căldura este absorbită de la joncțiune, rezultând în răcirea acelei zone.
- Încălzire: Inversarea direcției curentului provoacă eliberarea căldurii în joncțiune, ceea ce duce la încălzirea zonei respective.

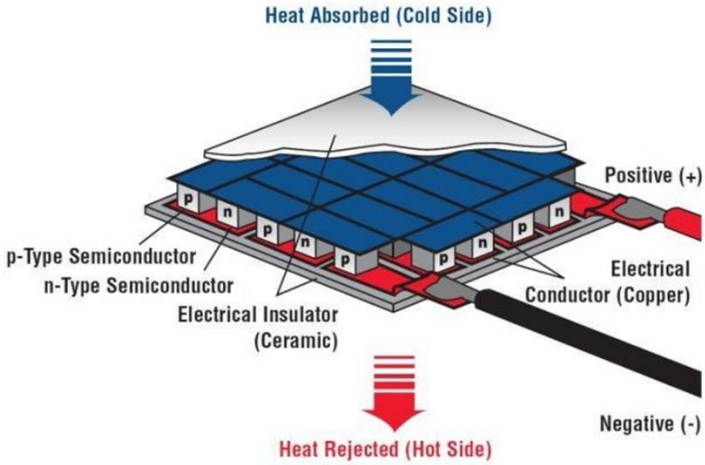


Figura 2. Structura elementului Peltier

Performanța unui modul Peltier este evaluată prin coeficientul său de performanță (COP), care variază în funcție de diferența de temperatură între cele două plăci ceramice, natura și calitatea semiconductoarelor utilizate, precum și de intensitatea curentului electric aplicat. Un COP mai mare indică o eficiență termică mai bună și este decisiv pentru aplicații în care controlul precis al temperaturii este esențial.

Deși modulele Peltier sunt extrem de utile pentru aplicații care necesită răcire sau încălzire compactă și silențioasă, ele sunt limitate de câteva dezavantaje:

- Dependența de Temperatură: Eficiența lor scade semnificativ cu creșterea diferenței de temperatură între cele două fețe.
- Consumul de Energie: Modulele sunt adesea criticate pentru consumul mare de energie electrică, mai ales la sarcini termice mari.

2. Integrarea Modulelor Peltier în Sistemele de Control Climatic ale Serelor de Mici Dimensiuni

Modulele Peltier pot fi eficient integrate în infrastructura serelor de mici dimensiuni prin conectarea la un sistem de control electronic avansat. Această configurație permite monitorizarea și reglarea automată a parametrilor de mediu critici, cum ar fi temperatura și umiditatea. Controlerul electronic, operând pe baza algoritmilor de feedback și a datelor de intrare de la senzori, ajustează dinamic tensiunea aplicată modulelor Peltier pentru a atinge și menține condițiile optime stipulate pentru cultivarea plantelor.

Sistemul de control este bazat pe un microcontroler sau un PLC (Programmable Logic Controller) care procesează semnalele de la senzorii de temperatură și umiditate plasați strategic în seră. Aceste dispozitive de captare sunt esențiale pentru colectarea datelor în timp real necesare ajustării parametrilor de funcționare ai modulelor Peltier. În funcție de deviațiile detectate între temperatura actuală și cea dorită, controlerul modulează intensitatea curentului electric furnizat către modulele Peltier.

Prin modularea polarității curentului, se poate schimba direcția fluxului termic, permițând astfel atât răcirea, cât și încălzirea ambientală în funcție de necesități. Această caracteristică bidirecțională a modulelor Peltier este exploatată pentru a compensa rapid fluctuațiile de temperatură, asigurând un climat stabil, care este vital pentru creșterea sănătoasă a plantelor.

Interfața de control demonstrată în Fig. 3, include un panou de comandă accesibil utilizatorului, unde se pot seta parametrii de climă dorită.



Figura 3. Interfața de control a serei

Pentru a maximiza eficiența energetică și performanța climatică, modulele Peltier pot fi integrate cu alte sisteme de control existente în seră, inclusiv sisteme automatizate de irigații și iluminat. Coordonarea între aceste sisteme se realizează prin același controler central, care poate ajusta parametrii de funcționare în concordanță cu schimbările ambientale detectate de senzori.

3. Experimente

Experimentul 1: Răcirea unei căni cu apă

- **Obiectiv**: Scăderea temperaturii apei de la 23°C la 7.2°C.
- **Metodă**: Utilizarea unui modul Peltier cu activare intermitentă și controlul tensiunii aplicate.
- **Rezultate**: Temperatura apei a fost redusă în 9 minute in figura 4

Experimentul 2: Răcirea unei camere izolate termic

- **Obiectiv**: Scăderea temperaturii camerei de la 25°C la 16°C.
- **Metodă**: Aplicarea consecventă a efectului Peltier folosind schimbarea polarității pentru a optimiza transferul termic.
- **Rezultate**: Temperatura camerei a fost redusă în 10 minute.

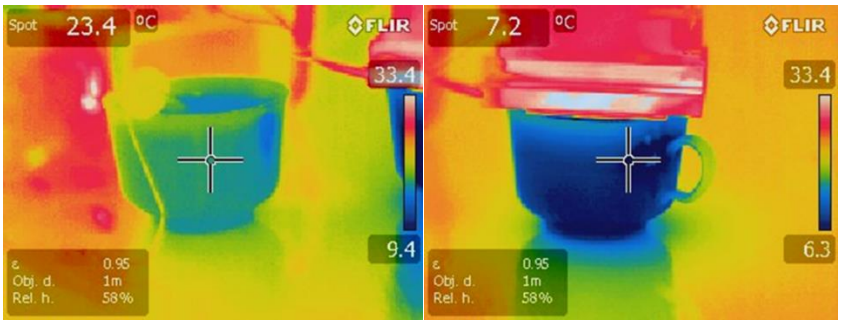


Figura 4. Temperatura inițială și finală a canei cu apă

4. Avantaje

Avantaje Tehnice

- Compactitate și Modularitate:

Modulele Peltier au dimensiuni reduse, fiind compuse din elemente semiconductoare între plăci ceramice, ceea ce le conferă o formă compactă și ușor integrabilă în diverse aplicații. Această compactitate este ideală pentru serele de mici dimensiuni unde spațiul este o resursă valoroasă și unde modularitatea permite adaptarea sistemului la specificațiile exacte ale fiecărui habitat plantar.

- Costuri Reduse de Operare:

Comparativ cu sistemele tradiționale de răcire și încălzire, modulele Peltier operează la un cost energetic inferior datorită eficienței lor în conversia directă a energiei electrice în transfer termic. Aceasta reduce nu doar consumul de energie, dar și costurile asociate cu mentenanța echipamentelor complexe, având în vedere absența componentelor mecanice în mișcare, care adesea necesită reparații și înlocuiri periodice.

- Switch Rapid între Modurile de Încălzire și Răcire:

Unul dintre cele mai semnificative avantaje ale modulelor Peltier este capacitatea de a inversa fluxul termic prin simpla inversare a polarității curentului electric. Această proprietate permite utilizatorilor să treacă rapid și eficient de la încălzire la răcire, adaptându-se rapid la schimbările de condiții ambientale, ceea ce este crucial în controlul climatic din sere

- Control Precis al Temperaturii:

Modulele Peltier oferă un control extrem de precis al temperaturii, esențial pentru procese critice cum ar fi germinarea, creșterea plantelor, și stocarea produselor perisabile.

Concluzii

Implementarea modulelor Peltier în serele de mici dimensiuni reprezintă o soluție eficientă și inovativă, ce oferă control precis al temperaturii și eficiență energetică superioară comparativ cu sistemele tradiționale de climatizare. Utilizarea acestor module permite ajustarea rapidă și precisă a temperaturii interne, esențială pentru menținerea unui microclimat ideal pentru

creșterea plantelor. Prin capacitatea lor de a comuta între modurile de răcire și încălzire, modulele Peltier asigură adaptabilitate față de fluctuațiile climatice externe și necesitățile specifice ale plantelor, totul cu un consum redus de energie. Managementul temperaturii realizat prin aceste module este susținut de controlere electronice moderne care optimizează performanța, reducând la minimum pierderile de energie și costurile operaționale. Cu toate acestea, eficiența modulelor Peltier poate fi influențată de diferențele mari de temperatură și necesită soluții eficiente pentru disiparea căldurii reziduale. Prin integrare tehnică adecvată și calibrare precisă, aceste provocări pot fi gestionate eficient. În sumar, modulele Peltier sunt o alegere promițătoare pentru serele mici, oferind un sistem de control climatic avansat, cost-eficient și responsiv, care promovează sustenabilitatea și productivitatea în agricultura modernă. Această tehnologie nu doar că îmbunătățește condițiile de creștere, dar și contribuie la eficientizarea resurselor energetice.

Referințe

[1] R. Thomson, "Efficiency of Peltier Heat Pumps and Their Impact on Small Scale Environments," in *Thermal Science Journal*, vol. 23, no. 2, pp. 567-590, 2020. doi: 10.1007/thermsci.2020.59.

[2] H. Jacobs and E. Smith, "Application of Semiconductor Devices in Horticultural Environments," in *Journal of Applied Physics*, vol. 128, no. 3, pp. 345-367, 2021. doi: 10.1038/jap.2021.08.

[3] S. Lee and J. K. Kim, "Modern Approaches to Agricultural Climate Control: A Review," in *Reviews in Agricultural Science*, vol. 6, pp. 155-176, 2022. doi: 10.1002/ras2.1

[4] M. O. Wills and P. R. Tavner, "Design and Optimization of Peltier Cooling Systems," in *International Journal of Refrigeration*, vol. 34, no. 8, pp. 1923-1931, 2018. doi: 10.1016/j.ijrefrig.2018.10.024.

[5] N. Patel, L. Frazer, and Y. Zha**o**, "Thermoelectric Cooling: Peltier Modules for Efficient Temperature Regulation," in *Energy Conversion and Management*, vol. 189, pp. 74-83, 2019. doi: 10.1016/j.enconman.2019.04.

REGLEMENTĂRI ȘI STANDARDE NAȚIONALE, REFERITOARE LA EFICIENȚA ENERGETICĂ

Vladislav ENACHI

Inginerie Electrică, IMC-201, FEIE, UTM, Chișinău, Republica Moldova

Autorul corespondent: Vladislav Enachi, vladislav.enachi@ie.utm.md

Îndrumătorul/coordonatorul științific **Alexandru TARLAJANU**, dr. conf., FEIE, UTM

Rezumat. *Eficiența energetică este o preocupare constantă în societatea modernă, iar reglementările și standardele în această privință joacă un rol crucial în promovarea unui consum responsabil de resurse. În Republica Moldova, există numeroase reglementări și standarde care vizează eficiența energetică, îndemnând companiile și cetățenii să adopte practici sustenabile. Reglementările actuale din Republica Moldova sunt Legea privind eficiența energetică, Standardele tehnice referitoare la eficiența energetică și Programul de certificare a clădirilor eficiente energetic care prevăd obligația respectării normelor de eficiență energetică, monitorizarea consumului de energie și implementarea de soluții eficiente. De asemenea oferă acces la finanțare pentru renovarea clădirilor, stimulează utilizarea surselor regenerabile și ajută la reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră. Conformarea la reglementările și standardele privind eficiența energetică aduce următoarele beneficii: reducerea costurilor operaționale, protecția mediului înconjurător, creșterea competitivității pe piață și o mai bună calitate a vieții pentru locuitorii Republicii Moldova. În concluzie, respectarea reglementărilor și standardelor privind eficiența energetică este esențială pentru un viitor sustenabil și pentru prosperitatea țării. Este responsabilitatea noastră să acționăm în conformitate cu aceste norme pentru a asigura un mediu sănătos și durabil pentru generațiile viitoare.*

Cuvinte cheie*: standard, sustenabilitate, eficiență, impact, energie, calitate.*

Introducere

Eficiența energetică se referă la utilizarea optimă a energiei pentru a realiza același nivel de performanță, confort sau utilitate, reducând în același timp consumul total de energie. Acest concept este crucial în eforturile de protejare a mediului, reducere a emisiilor de gaze cu efect de seră și promovare a dezvoltării durabile. În esență, eficiența energetică nu înseamnă a consuma mai puțin ci a consuma mai inteligent.

În contextul global, eficiența energetică a devenit o prioritate atât pentru guverne, cât și pentru sectorul privat. Prin adoptarea practicilor de eficiență energetică, societățile pot reduce dependența de combustibilii fosili, pot atenua schimbările climatice și pot crea sisteme economice mai reziliente. ONU și alte organizații internaționale susțin inițiative de eficiență energetică ca parte esențială a agendei de dezvoltare durabilă.

Republica Moldova, recunoscând importanța și beneficiile eficienței energetice, și-a asumat angajamente la nivel național și internațional pentru îmbunătățirea performanței energetice în toate sectoarele economiei. Scopul acestei orientări spre eficiența energetică este multifold, vizând atât asigurarea securității energetice, cât și promovarea sustenabilității ambientale. Strategiile naționale și legislația adoptată reflectă angajamentul țării de a transforma eficiența energetică într-un pilon central al dezvoltării sale economice și sociale.

1. Cadrul legislativ și reglementările în vigoare

Legea privind eficiența energetică în Republica Moldova stabilește cadrul legal pentru promovarea și implementarea măsurilor de îmbunătățire a eficienței energetice în toate sectoarele

economice și sociale. Această lege definește principiile fundamentale, obiectivele naționale, responsabilitățile instituționale și mecanismele de sprijin necesare pentru atingerea obiectivelor de eficiență energetică [2]. Prin adoptarea acestei legi, țara își exprimă angajamentul ferm față de îmbunătățirea performanței energetice și față de reducerea dependenței de resursele energetice externe.

Alături de cadrul legislativ, standardele tehnice joacă un rol esențial în asigurarea calității și eficacității măsurilor de eficiență energetică [1]. Aceste standarde specifică cerințele tehnice pentru echipamentele și materialele utilizate în construcții, industrii și alte domenii, promovând tehnologiile eficiente din punct de vedere energetic. Prin conformitatea cu aceste standarde, companiile și cetățenii pot contribui semnificativ la reducerea consumului de energie și la protecția mediului.

Un alt pilon important al strategiei de eficiență energetică este programul de certificare a clădirilor eficiente energetic. Acest program vizează evaluarea și certificarea performanței energetice a clădirilor, încurajând proprietarii să adopte soluții de îmbunătățire a eficienței. Certificarea oferă o imagine clară asupra consumului de energie și asupra potențialului de economisire, fiind un instrument valoros pentru îmbunătățirea performanței energetice a fondului locativ și non-locativ.

Continuarea dezvoltării și îmbunătățirii cadrului legislativ și reglementar poate facilita și mai mult adoptarea măsurilor de eficiență energetică. Crearea unui mediu favorabil, care încurajează investițiile în tehnologiile verzi și care oferă stimulente pentru modernizarea infrastructurii energetice, este esențială pentru progresul în acest domeniu.

2. Beneficiile Conformării la Reglementări

Unul dintre cele mai semnificative avantaje ale conformării la reglementările privind eficiența energetică este reducerea costurilor operaționale. Prin implementarea măsurilor de eficiență energetică, companiile și gospodăriile pot diminua semnificativ consumul de energie. Aceasta nu numai că se traduce prin economii directe pe facturile de utilități, dar reduce și dependența de fluctuațiile prețurilor la energie, oferind o mai mare predictibilitate și stabilitate financiară.

Conformarea la reglementările privind eficiența energetică contribuie substanțial la protecția mediului înconjurător. Prin reducerea consumului de energie, se diminuează și emisiile de gaze cu efect de seră, principalii vinovați pentru încălzirea globală și schimbările climatice. Adoptarea unor practici de eficiență energetică susține eforturile globale de atenuare a impactului activităților umane asupra mediului, contribuind la conservarea resurselor naturale pentru generațiile viitoare.

Organizațiile care investesc în eficiența energetică pot beneficia de o imagine publică îmbunătățită, implementând un sistem de management al energiei, conform standardului prezentat în Fig. 1, devenind mai atractive pentru consumatori, investitori și parteneri de afaceri. În plus, economiile realizate prin reducerea costurilor energetice pot fi realocate în alte domenii strategice, cum ar fi cercetarea și dezvoltarea sau marketingul, sporind competitivitatea pe piață. Companiile care demonstrează un angajament față de sustenabilitate sunt adesea privite ca lideri în domeniile lor, atrăgând talente și resurse valoroase.

Pentru cetățenii Republicii Moldova, conformarea la standardele de eficiență energetică înseamnă locuințe și spații de lucru mai confortabile, facturi la energie mai mici și un impact mai redus asupra mediului. Clădirile eficiente energetic sunt proiectate să ofere un confort termic superior, îmbunătățind calitatea aerului interior și reducând riscul de probleme de sănătate asociate cu condițiile de locuit sau de lucru inadecvate. În plus, investițiile în eficiența energetică pot stimula crearea de locuri de muncă în sectoarele de construcții și servicii, contribuind la bunăstarea economică generală.



Figura 1. Standard de management energetic ISO 50001

Concluzii

De-a lungul acestei lucrări, s-au explorat diverse aspecte ale eficienței energetice în Republica Moldova, începând de la cadrul legislativ și reglementările în vigoare, până la beneficiile adoptării practicilor de eficiență energetică.

Este clar că eficiența energetică joacă un rol crucial în tranziția Republicii Moldova către un viitor sustenabil. Avantajele depășesc simpla economisire a costurilor, ajungând la îmbunătățirea securității energetice, protecția mediului, creșterea competitivității economice și îmbunătățirea calității vieții cetățenilor.

Este esențial ca toți actorii societății: guvernul, sectorul privat, organizațiile neguvernamentale și cetățenii; să colaboreze și să contribuie la eforturile de îmbunătățire a eficienței energetice. Prin angajamentul colectiv și acțiunile coordonate, Republica Moldova poate avansa spre un viitor mai verde, mai prosper și mai sustenabil.

Mulțumiri. Se aduc sincere mulțumiri coordonatorului Alexandru TARLAJANU, dr. conf., UTM, pentru aportul adus asupra realizării acestui articol.

Referințe:

[1] Standardele naționale [Online]. Available: https://shop.standard.md;
[2] Cadrul legal [Online]. Available: https://energie.gov.md/ro/content/cadrul-legal;
[3] “Ghid pentru implementarea măsurilor de eficiență energetică și valorificarea surselor de energie regenerabilă pentru clădirile din sectorul public” [Online]. Available: https://energie.gov.md/sites/default/files/guide_ee_re_moldova_rom_cover_0.pdf

TENDINȚELE UTILIZĂRII MOTOARELOR HEXAFAZATE

Ghenadie TERTEA

Departamentul Inginerie Electrică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, RM

Autorul corespondent: Ghenadie Tertea, ghenadie.tertea@bte.utm.md

Îndrumătorul/coordonatorul științific **Petru TODOS**, prof. univ., dr.ing. UTM

Rezumat. *În ultimii ani unitățile de acționare electrică multifazată (UMF), multiphase drives (MPDs) au devenit obiectul cercetării și au atras o atenție sporită în industrie și mediul academic ca fiind una dintre opțiunile preferate ale sistemelor de conversie a puterii. Datorită creșterii cererii de vehicule electrice la nivel global, crește interesul față de acționările multifazice MF. Necitând la faptul că este un domeniu relativ nou și în permanentă dezvoltare, există un număr semnificativ de studii de cercetare și articole publicate la acest subiect. În această lucrare sunt scoase în evidență avantajele și dezavantajele a unităților multifazate printre care cea mai importantă fiind toleranța la erori. Datorită gradului înalt de toleranță la erori unitățile multifazate au căpătat interes pentru acționările în care toleranța la erori este primordială, cum ar fi: industria aerospațială, transport maritim, subacvatic, vehicule electrice, transport de pasageri, generarea de energie eoliană. În articol este efectuată o revizuire a contribuțiilor recente și un studiu comparativ în domeniul unităților multifazice. Revizuirea contribuțiilor recente va oferi o viziune cuprinzătoare privind elaborările pe această temă și tendințele tehnologice pe viitor.*

Cuvinte cheie*: acționări multifazice, înfășurare simetrică, toleranță la erori.*

Introducere

Mașinile electrice cu mai mult de trei faze statorice, adică mașinile multifazate (MMF), oferă câteva avantaje substanțiale în comparație cu cele trifazate convenționale [1, 2]. Datorită faptului că puterea totală este împărțită pe un număr mai mare de faze are loc micșorarea curentului nominal pe faze fără majorarea tensiunii nominale de alimentare [2]. O altă caracteristică evaluată pozitiv este cantitatea mai mică de ondulații a cuplului [2]. Totodată un alt criteriu pozitiv este că utilizarea a mai multor faze face posibilă reducerea capacității condensatorului dc-link [3]. Cele mai apreciate avantaje a MMF în prezent provin din gradele lor de libertate suplimentare, degrees of freedom (DOFs), față de cele tradiționale trifazate[2], [4]. Diversitatea gradelor de libertate poate fi explorată pentru a obține alte scopuri cum ar fi: creșterea densității cuplului [5,6,7], estimarea parametrilor mașinii [8, 9], acționări multimotor [2,10], încărcătoare integrate de baterii [11, 12], sau pentru sporirea toleranței la erori [13-18]. Excitația statorului într-o mașină multifazată produce o forță magnetomotivă (FMM) îmbunătățită, rezultând armonici spațiale mai mici, ondulații mai mici ale cuplului și eficiență mai mare decât în cazul transmisiilor trifazate tradiționale.

Cel mai important și cel mai discutat avantaj a MMF îl constituie toleranța la erori a acestora, demonstrat prin volumul mare de literatură care abordează detectarea defecțiunilor și toleranța la erori în acționările multifazice [13-16]. Toleranța la erori a mașinilor multifazate creste odată cu creșterea numărului de faze independente și permite funcționarea mașinii în regim de defect a unei sau câtorva faze, ceea ce este imposibil în cazul unei mașini trifazate. Este știut faptul că mașina trifazată comparativ cu mașinile multifazate nu poate porni cu o fază defect fără dispozitive suplimentare și poate funcționa cu două faze sănătoase doar la un cuplu de sarcină redus și un interval de timp limitat. În cazul mașinii cu cinci și mai multe faze mașina va dezvolta un cuplu de pornire suficient de mare și va funcționa o perioadă îndelungată cu mici deprecieri ai parametrilor.

Totodată exemple industriale cu acționări multifazate sunt relativ puține, iar unitățile trifazate clasice continuă să domine datorită simplității și rentabilității lor.

Până în prezent un număr mare de lucrări științifice discută despre funcționarea mașinilor de curent alternativ multifazate, dar totodată există o lipsă de informație cuprinzătoare în ceea ce privește compararea parametrilor energetici și funcționarea în regim de defect a mașinilor multifazate și a mașinilor trifazate precum și testările acestor mașini în diverse regimuri de funcționare.

1 Clasificarea mașinilor multifazate

Mașinile multifazate se consideră mașinile cu un număr de faze mai mare decât 3. Până în prezent sunt articole în care sunt analizate mașini cu 5, 6, 7, 9, 11, 12, 15, 21 faze și mai mult. Dar un număr semnificativ de lucrări sunt dedicate motoarelor cu 5 faze 6 faze.

Există diferite tipuri de mașini electrice de curent alternativ mutifazate disponibile, dar principalele tipuri de mașini care sunt utilizate în mod frecvent pentru aplicațiile de tracțiune ale vehiculelor electrice sunt mașinile cu inducție *induction machines* (IM) și mașinile sincrone cu magnet permanent *Permanent Magnet Synchronous Machines* (PMSM). Motorul cu inducție este utilizat mai frecvent în unitățile industriale, deoarece este un motor bine cunoscut, ieftin și nu necesită implementarea unui senzor de poziție care va mări prețul dispozitivelor de comandă și control. PMSM apare ca un candidat potrivit pentru a fi utilizat în aplicații auto datorită densității sale de mare putere. Spre deosebire de motoarele cu inducție, nu este nevoie să se inducă curenți rotori pentru a crea câmpul magnetic al rotorului; Astfel, se pot atinge niveluri mai ridicate de eficiență. În plus, PMSM-urile oferă strategii ușoare de control.

Sunt bine cunoscute avantaje motoarelor multifazate față de cele trifazate tradiționale cum ar fi: mai puțin curent sau tensiune pe fază, excitația statorului într-o mașină multifazată produce o forță magnetomotivă îmbunătățită (MMF), rezultând armonici spațiale mai mici, ondulații mai mici ale cuplului și eficiență mai mare decât în cazul transmisiilor trifazate, astfel de excitație produce cupluri pulsatorii la multipli pari ai frecvenței fundamentale de excitație, utilizarea MPD-urilor reduce armonicile dc-link, scade capacitatea necesară dc-link, îmbunătățește funcționarea tolerantă la erori, deoarece gradele de libertate cresc odată cu creșterea numărului de faze independente.

Cu alte cuvinte, dacă o fază a unei mașini trifazate devine cu circuit deschis, mașina devine bifazică. Acesta poate continua să funcționeze, dar necesită anumite mijloace externe pentru pornire și trebuie să fie operat într-un mod foarte reglementat. Pentru a ilustra, dacă o fază a unei mașini cu 15 faze devine cu circuit deschis, aceasta va porni în continuare și va funcționa doar cu o declasificare minimă. Aceste caracteristici ale MMF-urilor sunt deosebit de importante pentru aplicațiile vehicule electrice EV.

Dezavantaj: În ciuda atenției crescânde acordate avantajelor MMF-urilor în lucrările academice publicate, exemplele industriale sunt încă relativ limitate, iar unitățile clasice trifazate continuă să domine industria de acționare a motoarelor datorită simplității și rentabilității lor.

Foarte puține lucrări din mulțimea de lucrări existente pe domeniul mașinilor multifazate sunt cu confirmări experimentale care ar aduce dovezi și rezultate concrete referitor la aceste unități.

Pentru cercetare și confirmarea avantajelor nenumărate mai sus a fost rebobinate câteva mostre experimentale și creat un stand de cercetare.

2 Descrierea instalației de testare

Instalația experimentală de testare este un stand clasic Fig. 1. cu un dispozitiv de fixare a motorului testat, dispozitive de cuplare cu generatorul de curent continuu cu sarcină reglabilă, dispozitiv pentru măsurarea cuplului și a vitezei de rotație a arborelui, instrumente pentru măsurarea și înregistrarea tensiunilor, curenților și puterii pe fază. Termocuplurile sunt implementate pentru a măsura temperatura în cele mai fierbinți zone ale motorului.

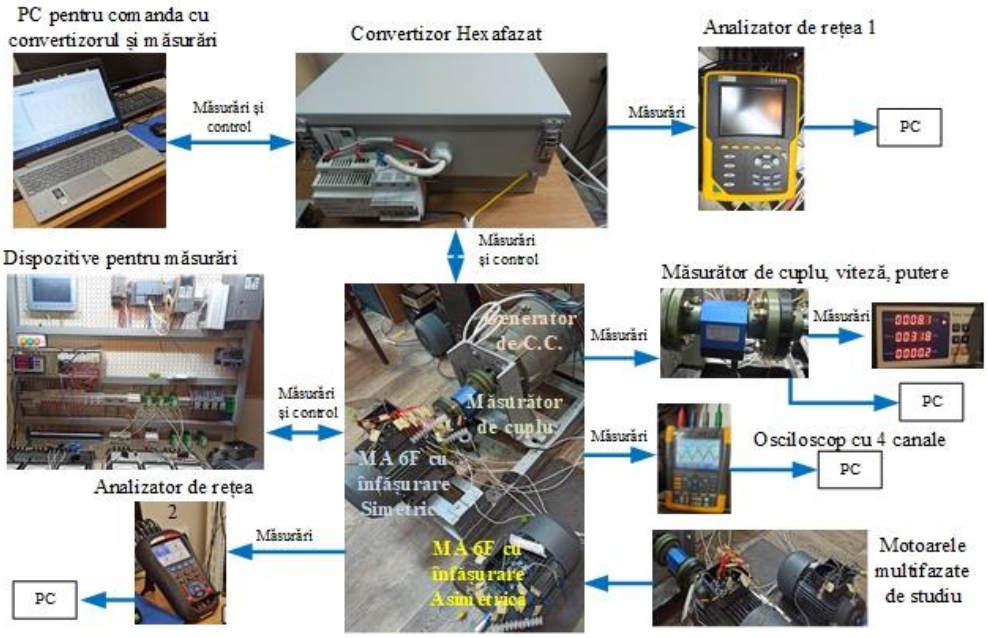


Figura 1. Instalația de testare

Pentru studiul experimental au fost realizate două motoare asincrone identice cu aceiași parametri și date nominale Pn=0,75 [kW], 2p=6, nN=930 [rpm], MN=8 [Nm], dar cu o configurație diferită de înfășurare a statorului: primul MA 6F- SIM- un motor asincron cu șase faze cu înfășurare simetrică, al doilea MA 6F-ASIM- un motor asincron cu șase faze cu înfășurare asimetrică. Înfășurarea simetrică este aranjată în două straturi cu q = 2, iar cel asimetric - într-un strat cu q = 1. Decalajul dintre sisteme în primul caz este de 60 de grade electrice, iar în al doilea - 30 de grade electrice Fig. 2a și 2b. Ambele înfășurări au pasul polar y = τ.

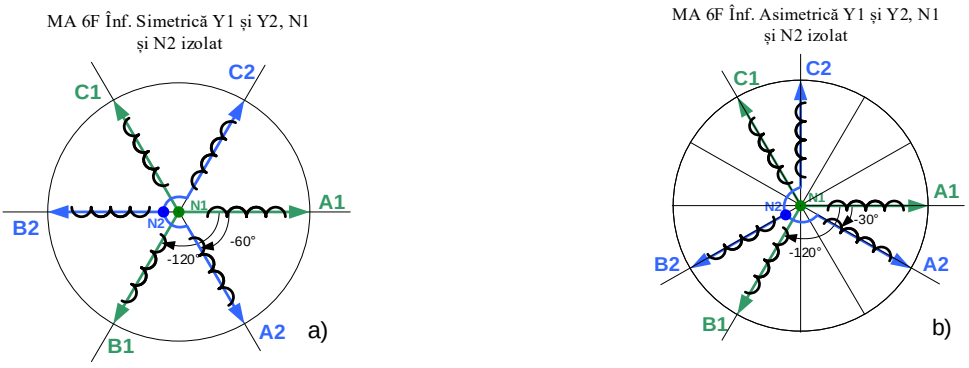


Figura 2. Prezentarea schematică a înfășurării statorului mașinii asincrone cu șase faze simetrice (a), asimetrice (b). Liniile săgeată indică axele magnetice ale înfășurărilor de fază

Ca sursă de alimentare au fost utilizate: - sisteme de auto-transformatoare cu diferite grupe de timp de conectare pentru a obține schimbarea de fază de 60 și, respectiv, 30 de grade, prescrise pentru motoare cu înfășurări simetrice (MA6F-SIM) sau asimetrice (MA6F-ASIM); - convertizor de frecvență trifazat standard (tip PI9000) și un convertizor de frecvență hexafazat fabricat în cadrul unui proiect de cercetare menționat în lucrare. În cazul alimentării motorului hexafazat de la o sursă trifazată sinusoidală sau de la un convertor de frecvență trifazat steaua Y2 a motorului cu înfășurarea simetrică a fost inversată (refăcută la grupul de conectare 6) - cu noduri de alimentare: A1-Y2; B1–Z2, C1-X2 și nodul comun X1-Y1-Z1-A2-B2-C2.

3 Metodologia cercetărilor

Înfășurările motorului cu șase faze formează două seturi trifazate identice (stele) cu înfășurările de fază deplasate la 120º în interiorul fiecărei stele și la 60º între stele (figura 2. a.). A treia mașină este un motor asincron trifazat standard cu aceiași parametri, denumit în continuare MA3F.

FMM sau (magnetomotive force MMF) a mașinii hexafazate cu înfășurarea simetrică

În aceste condiții, (în baza relațiilor) solenațiile, create de infăsurările de fază A1, B1, C1 (consecutivitate directă a fazelor) vor fi:

$$F_{A1} = F_{mA1}\, sin(\omega t + 0)\cos(\frac{\pi}{\tau}\, x + 0) =$$

$$0{,}5\, F_{mA1}\, [\sin\left(\omega t - \frac{\pi}{\tau}\, x\right) + \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{\tau}\, x\right)] = F'_{A1} + F''_{A1} \quad (1)$$

$$F_{B1} = F_{mB1}\, sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right)\, cos\left(\frac{\pi\, x}{\tau} - \frac{2\pi}{3}\right) =$$

$$0{,}5\, F_{mB1}\, [\sin\left(\omega t - \frac{\pi}{\tau}\, x\right) + \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{\tau}\, x - \frac{4\pi}{3}\right)] = F'_{B1} + F''_{B1} \quad (2)$$

$$F_{C1} = F_{mC1}\, sin\left(\omega t - \frac{4\pi}{3}\right)\, cos\left(\frac{\pi\, x}{\tau} - \frac{4\pi}{3}\right) =$$

$$0{,}5\, F_{mC1}\, [\sin\left(\omega t - \frac{\pi}{\tau}\, x\right) + \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{\tau}\, x - \frac{2\pi}{3}\right)] = F'_{C1} + F''_{C1} \quad (3)$$

Dacă înfășurarea mașinii este simetrică atunci fazele A2, B2, C2 au un decalaj de λ=60 grade electrice și un defazaj ϕ=60 grade temporale față de fazele respective A1, B1, C1. Deci:

$$F_{A2} = F_{mA2}\, sin\left(\omega t - \frac{\pi}{3}\right)\cos(\frac{\pi}{\tau}\, x - \frac{\pi}{3}) =$$

$$0{,}5\, F_{mA2}\, [\sin\left(\omega t - \frac{\pi}{\tau}\, x\right) + \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{\tau}\, x - \frac{2\pi}{3}\right)] = F'_{A2} + F''_{A2} \quad (4)$$

$$F_{B2} = F_{mB2}\, sin\left(\omega t - \frac{3\pi}{3}\right)\, cos\left(\frac{\pi\, x}{\tau} - \frac{3\pi}{3}\right) = 0{,}5\, F_{mB2}\, [\sin\left(\omega t - \frac{\pi}{\tau}\, x\right) + \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{\tau}\, x - 2\pi\right) = 0{,}5\, F_{mB2} [\sin\left(\omega t - \frac{\pi}{\tau}\, x\right) + \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{\tau}\, x\right) = F'_{B2} + F''_{B2} \quad (5)$$

$$F_{C2} = F_{mC2}\, sin\left(\omega t - \frac{5\pi}{3}\right)\, cos\left(\frac{\pi\, x}{\tau} - \frac{5\pi}{3}\right) = 0{,}5\, F_{mC2}\, [\sin\left(\omega t - \frac{\pi}{\tau}\, x\right) + \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{\tau}\, x - \frac{10\pi}{3}\right)] = 0{,}5\, F_{mC2}\, \left[\sin\left(\omega t - \frac{\pi}{\tau}\, x\right) + \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{\tau}\, x - \frac{4\pi}{3}\right)\right] = F'_{C2} + F''_{C2} \quad (6)$$

Solenația rezultantă în întrefierul mașinii se constituie din suma FMM create de șase înfășurări de fază. Dacă

$$F_{mA1} = F_{mB1} = F_{mC1} = F_{mA2} = F_{mB2} = F_{mC2} = F_{mf}\,, \quad (7)$$

atunci rezultă următoarele relațiile pentru unda directă și cea indirectă:

$$F'_s = F'_{A1} + F'_{B1} + F'_{C1} + F'_{A2} + F'_{B2} + F'_{C2} = 6 \cdot 0{,}5\, F_m\, \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{\tau}\, x\right) \quad (8)$$

Unde: $F_{mf} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi}\, I_f W_f k_w$ - valoarea medie a solenației de fază, I_f – valoarea efectivă a curentului de fază, W_f – numărul de spire în înfășurarea de fază, k_w factorul de înfășurare.

$$F''_s = F''_{A1} + F''_{B1} + F''_{C1} + F''_{A2} + F''_{B2} + F''_{C2} = 0.5\, F_m\, [\sin\left(\omega t + \frac{\pi}{\tau}\, x\right) + \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{\tau}\, x - \frac{4\pi}{3}\right) + \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{\tau}\, x - \frac{2\pi}{3}\right) + \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{\tau}\, x - \frac{2\pi}{3}\right) + \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{\tau}\, x - 0\right) + \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{\tau}\, x - \frac{4\pi}{3}\right)] = 0 \quad (9)$$

Astfel, solenația în întrefierul unei mașini hexafazate cu înfășurarea simetrică se reprezintă doar cu o undă învârtitoare cu amplitudinea constantă F_{mf}

Generalizând cazurile particulare examinate, se poate constata că un sistem de înfășurări hexafazat (simetric sau asimetric) creează în întrefierul mașinii solenație a cărei armonică fundamentală reprezintă o undă care se învârtește cu viteza unghiulară sincronă ($\Omega_0 = 2\pi\frac{f}{p}$) , are amplitudinea constantă (în timp) și se descrie matematic cu relația (8).

Tabelul 1

Modificarea curenților de fază în regim post-defect la căderea unei faze

Curenți	I_{A1}	I_{B1}	I_{C1}	I_{A2}	I_{B2}	I_{C2}	Suma I
6F	0.65	0.65	0.6	0.65	0.65	0.62	3.82
5F (test)	0	0.625	0.65	0.7	1.3	0.61	3.885
5F (calcule)	0	0.63	0.63	0.64	1.28	0.64	3.82

Relațiile (8) și (9) sunt valabile doar pentru armonica fundamentală, pentru armonicile superioare ale FMM vor fi alte relații. Rezultatele calculelor și măsurărilor efectuate pentru diferite cazuri cu defect de tip rupere de fază sunt introduse în Tab. 1 și Tab. 2

Tabelul 2

Date calculate pentru caracteristica mecanică a motorului hexafazat cu înfășurare simetrică cu nul comun în regimuri de funcționare cu faze defectate

ALUNECAREA		**Viteza**	**6 Faze**	**5 Faze**	**4 Faze, rupturi necoaxiale**	**4 Faze, rupturi coaxiale**	**3 Faze, rupturi o stea**
s	**1-s**	**n2**	**M**	**M**	**M**	**M**	**M**
		rpm	**Nm**	**Nm**	**Nm**	**Nm**	**Nm**
0	1	1000	0,799	0,42	0,505	-4,679	0,266
0,01	0,99	990	1,71	1,01	1,07	-3,94	0,665
0,02	0,98	980	3,45	2,42	2,16	-2,88	1,43
0,03	0,97	970	5,07	3,73	3,18	-1,89	2,15
0,04	0,96	960	6,58	4,94	4,13	-0,963	2,82
0,05	0,95	950	7,97	6,07	5,01	-0,109	3,45
0,06	0,94	940	9,25	7,095	5,825	0,676	4,024
0,07	0,93	930	10,42	8,04	6,57	1,396	4,56
0,08	0,92	920	11,48	8,89	7,25	2,05	5,05
0,09	0,91	910	12,45	9,66	7,88	2,65	5,5
0,1	0,9	900	13,32	10,36	8,44	3,18	5,9
0,2	0,8	800	18,08	14,02	11,57	6,027	8,21
0,3	0,7	700	18,66	14,21	12,01	6,14	8,57
0,4	0,6	600	17,64	13	11,4	5,15	8,14
0,5	0,5	500	16,08	11,247	10,42	3,7001	7,41
0,99	0,01	10	12,01	9,881	7,803	0,05	5,61
1	0	0	11,92	9,82	7,745	-0,05	5,58

Diagramele momentane a curenților din fazele motorului sunt reprezentate în Fig. 4.

Caracteristicile mecanice comparative calculate pentru motorul asincron hexafazat cu înfășurare simetrică pentru diverse tipuri de rupturi sunt reprezentate în Fig. 5.

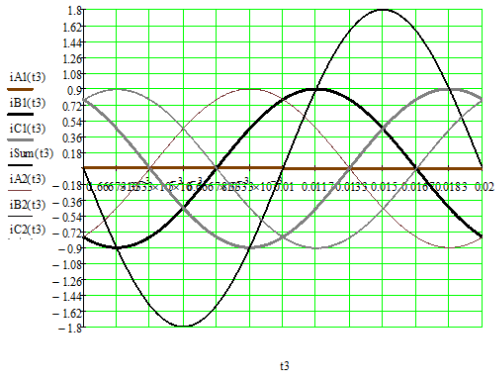


Figura 4. Diagrama momentană a curenților pentru motorul MA6F simetric, funcționare 5F, ruperea fazei A1, cu nulul comun (N1 conectat cu N2)

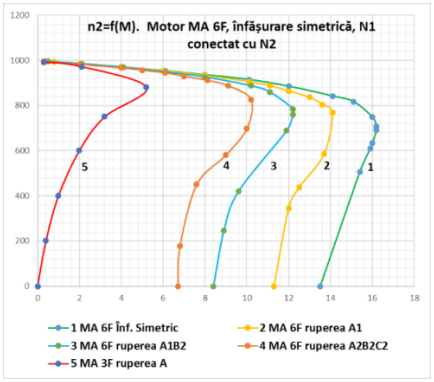


Figura 5. Caracteristicile mecanice măsurate și calculate pentru motorul asincron hexafazat cu înfășurare simetrică MA 6F SIM pentru diverse tipuri de rupturi

Concluzii:

- În cadrul studiului privind modul de tratare a nulului seturilor componente trifazate: N1, N2 s-a constatat: În regim de șase faze atât caracteristicile mecanice cât și cele energetice sunt practic identice.
- Repartizarea sarcinii între faze este mai uniformă în cazul nulurilor izolate. Repartizarea cuplului dea lungul întrefierului va fi mai uniformă, ceia ce duce la reducerea armonicilor generatoare de vibrații și zgomot;
- Mașina hexafazată simetrică cu un nul comun are o toleranță sporită la defecțiuni care se manifestă prin asigurarea cuplurilor de pornire și de funcționare cu sarcină la căderea până la trei faze în orice consecutivitate
- În cazul ruperii a două faze din stele diferite ce se află pe aceiași axă (rupere coaxială), cu nulurile separate toleranța la erori este mai bună decât la mașina trifazată dar mai rea decât în cazul funcționării cu nulurile comune.
- La ruperea a două faze coaxiale caracteristicile sunt asemănătoare cu cele a motorului trifazat cu o fază ruptă. Nu ce creează cuplu de pornire și motorul nu va porni fără dispozitive suplimentare. Motorul poate funcționa în acest regim un interval scurt de timp sau cu un cuplu de sarcină redus.
- La ruperea unei faze crește curentul aproximativ de două ori în faza sănătoasă poziționată pe aceiași axă, în cazul funcționării cu nul comun.
- Se observă o crește a sumei curenților de fază la aceiași sarcina la arbore, iar in unele faze la apariția defecțiunilor curentul sporește mai mult decât dublu, apar pierderi sporite care limitează cu mult durata admisă a timpul de funcționare in acest regim.

Referințe

[1] Levi, E.; Bojoi, R.; Profumo, F.; Toliyat, H.A.; Williamson, S. Multiphase induction motor drives—A technology status review. *IET Electric Power Appl.* 2007, *1*, 489–516. [Google Scholar] [CrossRef] [Green Version]

[2] Levi, E. Multiphase electric machines for variable-speed applications. *IEEE Trans. Ind. Electron.* 2008, *55*, 1893–1909. [Google Scholar] [CrossRef]

[3] Tahaa, W.; Azerb, P.; Callegaro, A.D.; Emadi, A. Multiphase traction inverters: State-of-the-art review and future trends. *IEEE Access* 2022, *10*, 4580–4599. [Google Scholar] [CrossRef]

[4] Levi, E. Advances in converter control and innovative exploitation of additional degrees of freedom for multiphase machines. *IEEE Trans. Ind. Electron.* 2016, *63*, 433–448. [Google Scholar] [CrossRef] [Green Version]
[5] Abdel-Khalik, A.S.; Masoud, M.I.; Ahmed, S.; Massoud, A.M. Effect of current harmonic injection on constant rotor volume multiphase induction machine stators: A comparative study. *IEEE Trans. Ind. Appl.* 2012, *48*, 2002–2013. [Google Scholar] [CrossRef]
[6] Abdel-Khalik, A.S.; Masoud, M.I.; Williams, B.W. Improved flux pattern with third harmonic injection for multiphase induction machines. *IEEE Trans. Power Electron.* 2012, *27*, 1563–1578. [Google Scholar] [CrossRef]
[7] Mengoni, M.; Zarri, L.; Tani, A.; Parsa, L.; Serra, G.; Casadei, D. High-torque-density control of multiphase induction motor drives operating over a wide speed range. *IEEE Trans. Ind. Electron.* 2015, *62*, 814–825. [Google Scholar] [CrossRef]
[8] Yepes, A.G.; Riveros, J.A.; Doval-Gandoy, J.; Barrero, F.; Lopez, O.; Bogado, B.; Jones, M.; Levi, E. Parameter identification of multiphase induction machines with distributed windings–Part 1: Sinusoidal excitation methods. *IEEE Trans. Energy Convers.* 2012, *27*, 1056–1066. [Google Scholar] [CrossRef]
[9] TODOS P., NUCA I., TERTEA G., CAZAC V., "Identification of Parameters and Power Losses of Six-Phase Asynchronous Machines by Induction Regenerative Method," *2023 10th International Conference on Modern Power Systems (MPS)*, Cluj-Napoca, Romania, 2023, pp. 1-6, DOI: 10.1109/MPS58874.2023.10187447
[10] Liu, Z.; Li, Y.; Zheng, Z. A review of drive techniques for multiphase machines. *CES Trans. Electr. Mach. Syst.* 2018, *2*, 243–251. [Google Scholar] [CrossRef]
[11] Subotic, I.; Bodo, N.; Levi, E.; Dumnic, B.; Milicevic, D.; Katic, V. Overview of fast on-board integrated battery chargers for electric vehicles based on multiphase machines and power electronics. *IET Electr. Power Appl.* 2016, *10*, 217–229. [Google Scholar] [CrossRef]
[12] Subotic, I.; Bodo, N.; Levi, E.; Jones, M.; Levi, V. Isolated chargers for EVs incorporating six-phase machines. *IEEE Trans. Ind. Electron.* 2016, *63*, 653–664. [Google Scholar] [CrossRef] [Green Version]
[13] Yao, G.; Pang, S.; Ying, T.; Benbouzid, M.; Ait-Ahmed, M.; Benkhoris, M.F. VPSO-SVM-based open-circuit faults diagnosis of five-phase marine current generator sets. *Energies* 2020, *13*, 6004. [Google Scholar] [CrossRef]
[14] Wang, X.; Wang, Z.; Xu, Z.; Cheng, M.; Wang, W.; Hu, Y. Comprehensive diagnosis and tolerance strategies for electrical faults and sensor faults in dual three-phase PMSM drives. *IEEE Trans. Power Electron.* 2019, *34*, 6669–6684. [Google Scholar] [CrossRef]
[15] Farag, K.; Shawier, A.; Abdel-Khalik, A.S.; Ahmed, M.M.; Ahmed, S. Applicability analysis of indices-based fault detection technique of six-phase induction motor. *Energies* 2021, *14*, 5905. [Google Scholar] [CrossRef]
[16] TODOS Petru, TERTEA Ghenadie, NUCĂ Ilie, CAZAC Vadim, BURDUNIC Marcel. Acceptance Testing of the Six-Phase Asynchronous Machines. Published in: 2021 International Conference on Electromechanical and Energy Systems (SIELMEN)**.** Date of Conference: 06-08 October 2021**.** Date Added to IEEE *Xplore*: 17 November 2021: INSPEC Accession Number: 21438273**.** Conference Location: Iasi**,** Romania**.** ID 125 **.**DOI: **10.1109/SIELMEN53755.2021.9600412.**
[17] P. Todos, G. Tertea, I. Nuca and V. Cazac. "Test-Based Analysis of Fault Tolerance Capability of Six-Phase Asynchronous Motors", Published in: 14th *International Conference and Exhibition on Electromechanical and Energy Systems, October 2023*, DOI: 10.1109/SIELMEN59038.2023.10290801

SECŢIA CALCULATOARE, INFORMATICĂ ŞI MICROELECTRONICĂ

SECTION OF COMPUTERS, INFORMATICS AND MICROELECTRONICS

SUBSECŢIA INGINERIA ŞI ŞTIINŢA CALCULATOARELOR

ENGINEERING AND COMPUTER SCIENCE SUBSECTION

PROGRAMAREA ȘI SIMULAREA UNEI HALE DE PRODUCȚIE ȘI DEPOZIT COMPLET AUTOMATIZATĂ

Samuel CHICU

Inginerie Electrică și Informatică Industrială, Inginerie Electrică și Calculatoare, Facultatea de Inginerie din Hunedoara, Universitatea "Politehnica" Timișoara, Hunedoara, România

Autorul corespondent: Samuel CHICU, e-mail: samychicu814@gmail.com

Îndrumătorul/coordonatorul științific **Raluca Oana Sonia ROB**, șef lucrări doctor inginer, Universitatea "Politehnica" Timișoara, Facultatea de Inginerie din Hunedoara, Departamentul de Inginerie Electrică și Informatică Industrială

Rezumat. *Lucrarea de față prezintă procesul de programare și simulare a unei hale de producție și depozit complet automatizate, utilizând un controler logic programabil (PLC) și aplicația Factory I/O. Scopul acestui proiect este de a demonstra eficiența și funcționalitatea sistemelor automatizate în mediul industrial.*
Se descriu componentele principale ale sistemului, inclusiv PLC-ul, senzorii și actuatorii, care sunt interconectate pentru a asigura funcționarea corectă a întregului proces. Apoi, se detaliază procesul de programare a PLC-ului, unde sunt definite intrările și ieșirile, secvențele logice și algoritmul de control pentru a coordona operațiunile din hala de producție și depozit.
Aplicația Factory I/O este utilizată pentru a simula întregul sistem și a testa eficiența programului PLC într-un mediu virtual. Această simulare permite identificarea și remedierea potențialelor erori sau probleme înainte de implementarea într-un mediu real.
Prin integrarea PLC-ului și a aplicației Factory I/O, se demonstrează capacitatea sistemului de a gestiona și controla diverse operațiuni, precum manipularea materialelor, asamblarea produselor ș gestionarea stocurilor în mod eficient și precis. Această abordare oferă o soluție viabilă și scalabilă pentru optimizarea proceselor de producție și depozitare în industrie.

Cuvinte cheie: *Automatizări Industriale, PLC, Robotică, Automatizarea proceselor industriale, Depozitare inteligentă*

Introducere

Conceptul de automatizare a proceselor tehnologice face parte din cea de a 3-a revoluție industrială ce a avut loc în istoria omenirii. Pentru o înțelegere profundă și deplină despre cum funcționează și care sunt etapele automatizării unui proces s-au efectuat diverse studii pentru anumite situații în care munca se prestează manual, de către om. La nivel internațional există un trend în rândul marilor corporații și industrii (mai ales a celor din domeniul producției) de a elimina munca efectuată manual, ce are caracter repetitiv, tocmai pentru eficientizarea costurilor și resurselor.

Automatizarea poate fi definită ca fiind tehnologia prin care un proces este realizat fără asistență umană. Oamenii pot fi prezenți, dar procesul în sine funcționează în cadrul propriei autodirecții.

În cadrul unui sistem automatizat, se pot regăsi cele trei componente esențiale:

1. Puterea;
2. Un program cu un set de instrucțiuni bine definite și stabilite într-o ordine cunoscută;
3. Un sistem de control pentru executarea instrucțiunilor.

În acest moment, în lume sunt prezente trei tipuri de automatizări:

- Automatizare fixă, în care etapele de prelucrare sau de asamblare și secvențele de lucru sunt stabilite de configurația echipamentului;

- Automatizare programabilă, unde echipamentul este proiectat cu capacitatea de a schimba programul de instrucțiuni, pentru a permite producerea de piese sau de produse diferite;
- Automatizare flexibilă, o extensie a automatizării programabile, caracterizată de eficiența din punct de vedere al timpului. Practic, nu există niciun timp de producție pierdut, în ceea ce privește modificarea de configurare sau de reprogramare.

Identificarea problemei și a soluției

În majoritatea firmelor din domeniul producției de componente (automotive, electrocasnice, telefonie etc) se utilizează o varietate de echipamente (ex. mașini injecție termoplast/elastomer, CNC-uri etc) care, în cadrul procesului tehnologic de fabricație, transformă materia primă în produs finit (ex. granule de plastic -> găleți de plastic). Având în Vedere că este vorba de producție în serie, cantitățile de piese ce sunt produse pot fi foarte mari (stând sub denumirea de ”high-runner”). Piesele realizate cu ajutorul acestor echipamente necesită a fi preluate, sortate și depozitate în cutii, paleți sau containere (în funcție de dimensiunea și rolul acestor piese). Uneori, cerințele clienților sau specificul piesei (de exemplu, piesă de suprafață în interiorul unui autovehicul) necesită o organizare precisă în elementele de stocare care să prevină zgârierea sau deteriorarea lor. Procesul acesta stă denumit sub numele de ”Paletizare”. De obicei acest proces implică operatori (muncitori necalificați).

După producerea și paletizarea pieselor este necesar ca acestea să fie transferate în zona de depozitare în departamentul logistic pentru a fi depozitate pe rafturi până la livrarea lor către clienți. Prin urmare, transferul și depozitarea pieselor produse implică de asemenea factorul uman, având ca sarcină uneori și scanarea și/sau lipirea anumitor etichete.

Deficitul forței de muncă în România la nivelul anului 2018 era de 600 000 oameni, acest deficit fiind în creștere până în anul 2023 [1]. La acest lucru se adaugă și fluctuațiile de personal cu care companiile se confruntă.

Pentru mediul de afaceri aceste aspecte înseamnă pierderi financiare datorate opririi utilajelor din cauza lipsei de muncitori, cheltuieli cu formarea noilor angajați care, ulterior, părăsesc compania, precum și concedii de odihnă și concedii medicale pentru operatorii care rămân în companie.

Companiile au căutat diverse modalități de a-și eficientiza costurile și de a reduce pierderile, încercând să automatizeze cât mai multe procese. În ceea ce privește procesele ce le-am amintit mai sus, s-a constatat că un robot și un ansamblu automatizat poate înlocui operatorul uman, economisind astfel bani și timp. În acest scop, am dezvoltat un program care să automatizeze o întreagă hală de producție, de la materia primă până la depozitarea produselor finite în depozit.

Analiza hardware a soluției

Pentru a efectua simularea din punct de vedere hardware a proceselor industriale, se va folosi programul Factory I/O.

Factory I/O este un simulator 3D a unei fabrici pentru învățarea tehnologiilor de automatizare. Conceput pentru a fi ușor de utilizat, permite construirea rapidă a unei fabrici virtuale folosind o selecție de piese industriale comune [2] (Fig. 1).

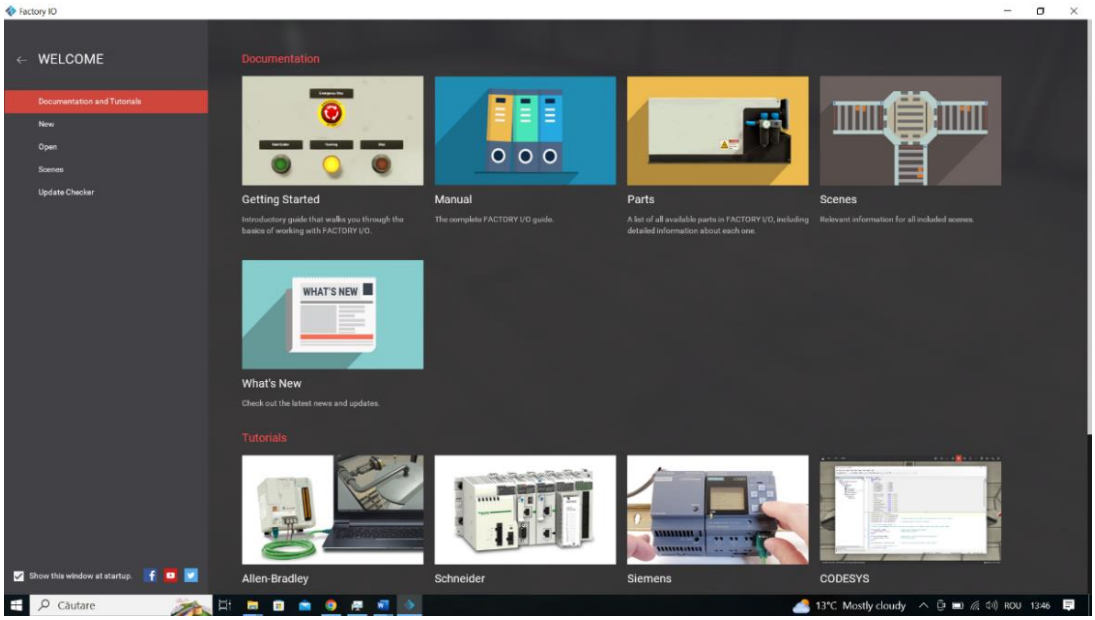


Figura 1. Meniul principal al aplicației Factory I/O

a. Construirea layout-ului

Pentru construirea unui layout nou se selectează opțiunea ”NEW” din meniul principal. Din caseta afișată în partea dreaptă se aleg elementele necesare configurării halei de producție. (ex. roboți, celule de producție, benzi transportoare, senzori etc) (Fig. 2).



Figura 2. Layout configurat

b. Configurarea setărilor

După ce se construiește layout-ul cu dispozitivele necesare simulării este nevoie de configurarea tipului de PLC folosit, intrările (INPUT) și ieșirile (OUTPUT).

Se apasă FILE ->Drivers->Configuration. Se alege tipul PLC-ului (S7-PLCSIM), modelul PLC-ului (S7-1500), I/O Config și I/O Points (Fig. 3).

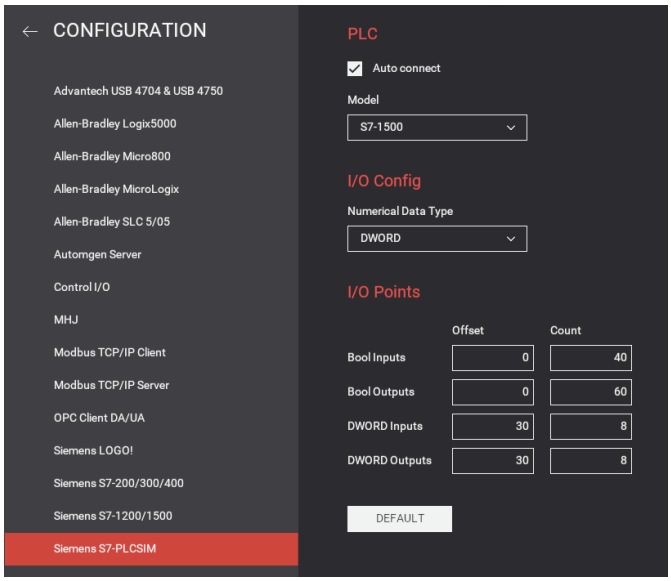


Figura 3. Configurare setări

c. Maparea intrărilor și a ieșirilor

Pentru a mapa intrările și ieșirile care vor fi folosite se apasă BACK, în fereastra DRIVER. Cu drag&drop se vor lega intrările din partea stângă la intrările (SENSORS) în PLC iar din partea dreaptă ieșirile (ACTUATORS) în PLC (Fig. 4).

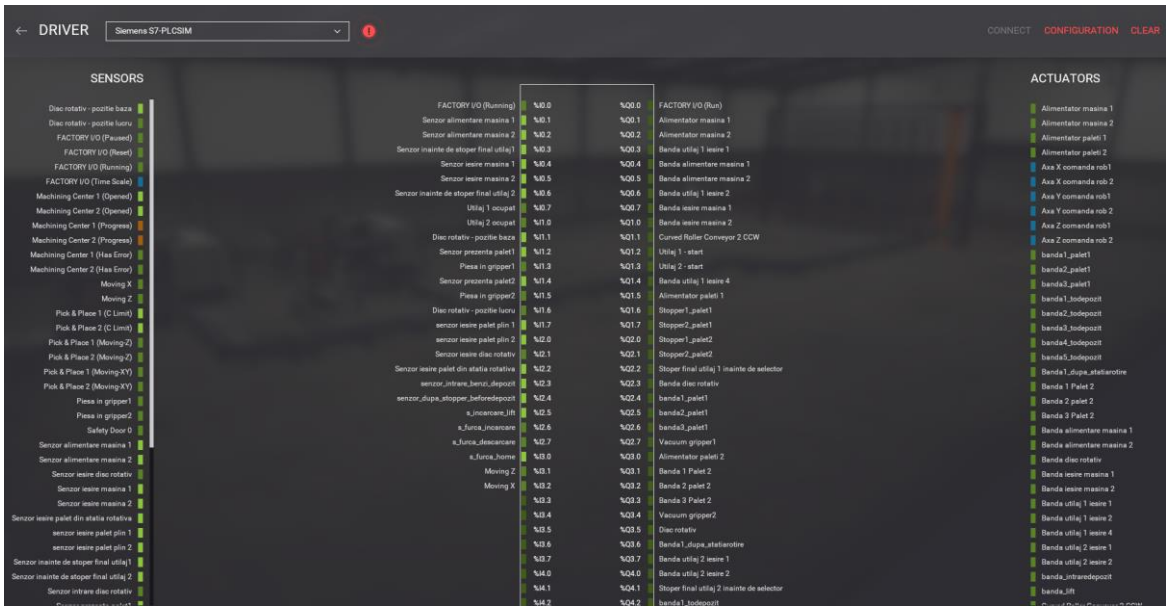


Figura 4. Maparea intrărilor și ieșirilor

Programarea PLC-ului

Programarea PLC-ului a fost făcută folosind aplicația TIA PORTAL V15.1 de la Siemens. TIA (Totally Integrated Automation) permite programarea facilă a unei automatizări, reducând costurile de producție și mărirea eficienții unei companii.

a. Deschiderea și crearea unui nou proiect în programul TIA PORTAL

Programul TIA PORTAL V15.1 se deschide făcând dublu-click pe pictograma acesteia TIA Portal V15.1.

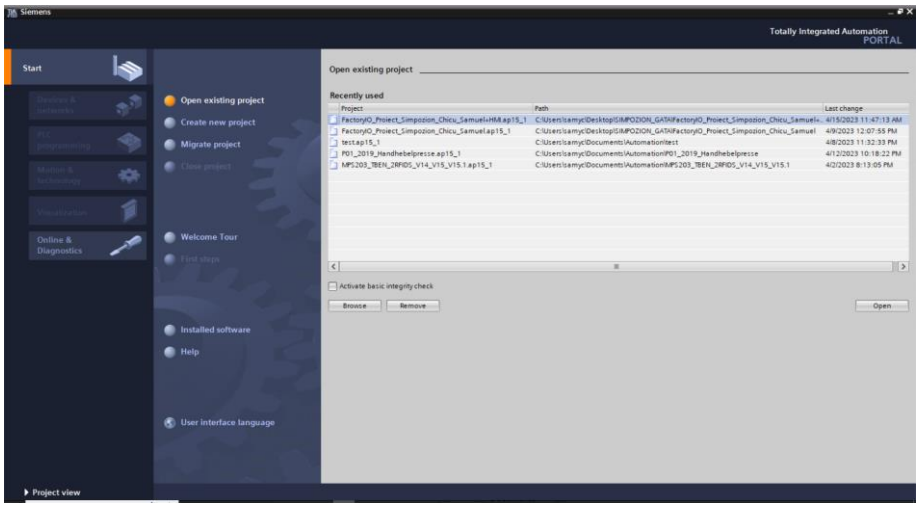


Figura 5. Programul TIA PORTAL V15.1

Deoarece se folosește programul FACTORY I/O pentru simularea fabricii va fi necesar un fișier special care va permite să se realizeze conexiunea PLC-ului la FACTORY I/O. Fișierul se găsește și se descarcă la adresa https://realgames.b-cdn.net/fio/tutorials/FactoryIO_Template_S7-1500_V15.zip

Se va dezarhiva fișierul descărcat și apoi se va apăsa butonul ”Browse” din aplicația TIA pentru a căuta fișierul dezarhivat. Se va deschide fișierul cu dublu-click. Fiind un fișier special pentru conectarea cu FACTORY I/O, PLC-ul este deja predefinit și instalat în proiectul curent (CPU 1511-1 PN) împreună cu modulele de comunicație I/O. Pentru utilizarea în mediul industrial se poate folosi orice tip de PLC în funcție de specificul aplicației.

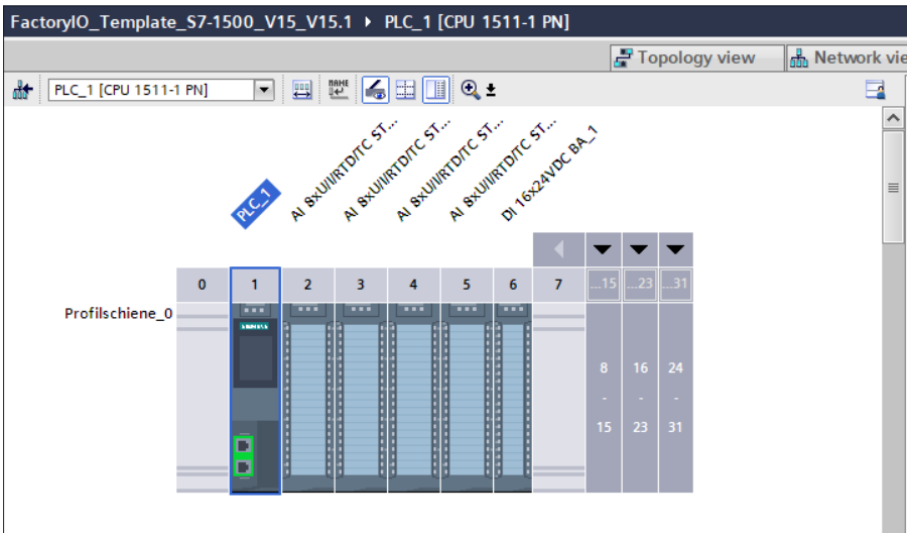


Figura 6. Vedere în interiorul programului, PLC și module de extensie I/O

b. Scrierea codului de program

Pentru programarea PLC-ului se va adăuga un program block nou (program cycle) din secțiunea ”Devices”. Deoarece vom avea nevoie de o conexiune specială între PLC și FACTORY I/O, sunt deja predefinite 2 program block-uri (un program cycle și un function block – FC) pentru realizarea acesteia. Programul este scris în limbajul de programare LADDER. Ladder Logic este unul dintre cele mai populare 5 tipuri de limbaje de programare PLC utilizate în mediile de producție. Înainte de controlerele logice programabile, fabricile de producție foloseau circuite bazate pe relee pentru a alimenta diferite sarcini în funcție de modul în care releele erau conectate împreună. Releele erau costisitoare, necesitau întreținere constantă și nu

puteau fi reconfigurate ușor. Pe măsură ce PLC-urile au preluat acest proces, a fost esențial să se păstreze o similaritate cu vechiul sistem; astfel, logica ladder a fost creată ca primul limbaj de programare PLC [3].

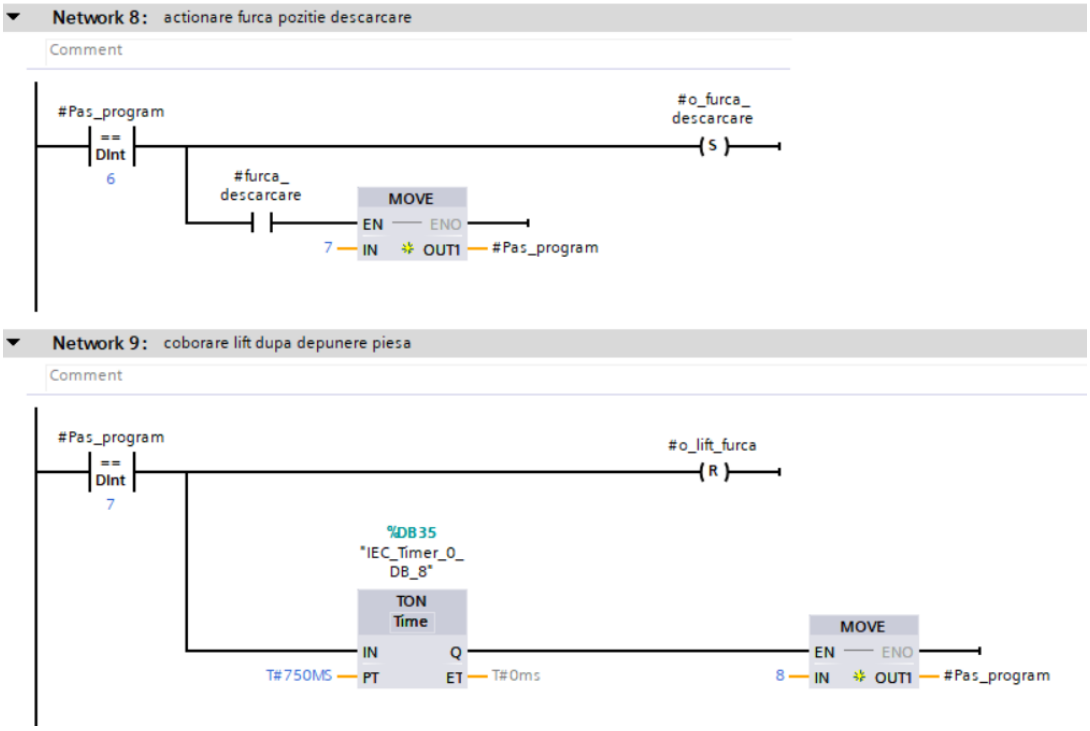


Figura 7. Fragment de program pentru secvența de depozitare autonomă

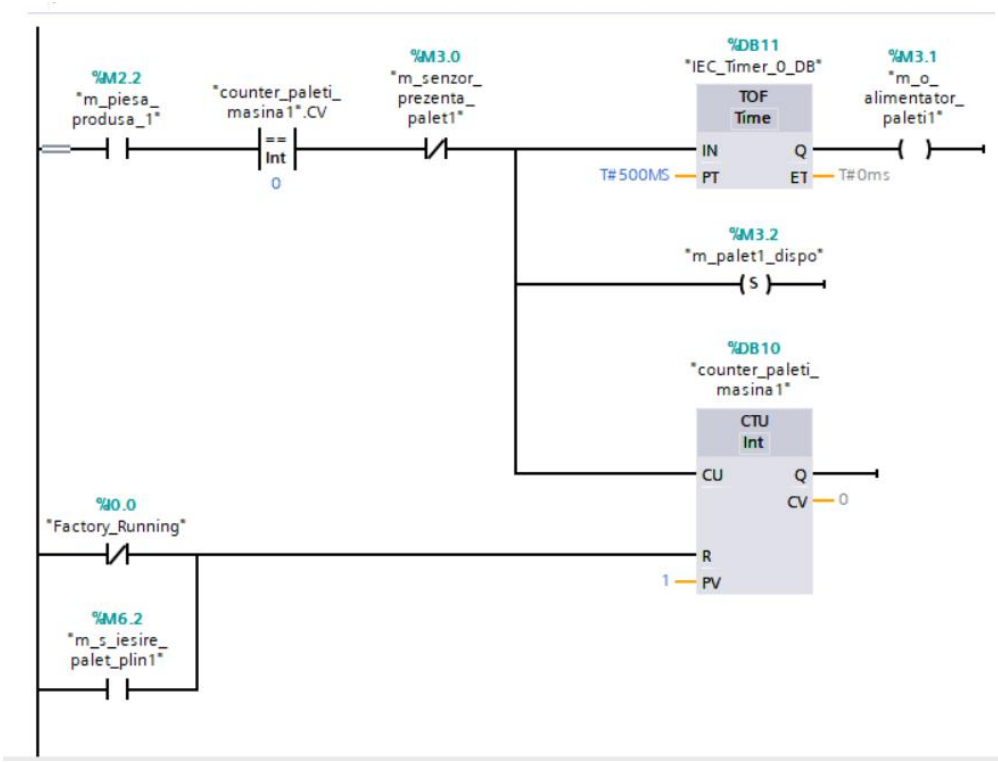


Figura 8. Fragment de program pentru alimentare paleți autonomă

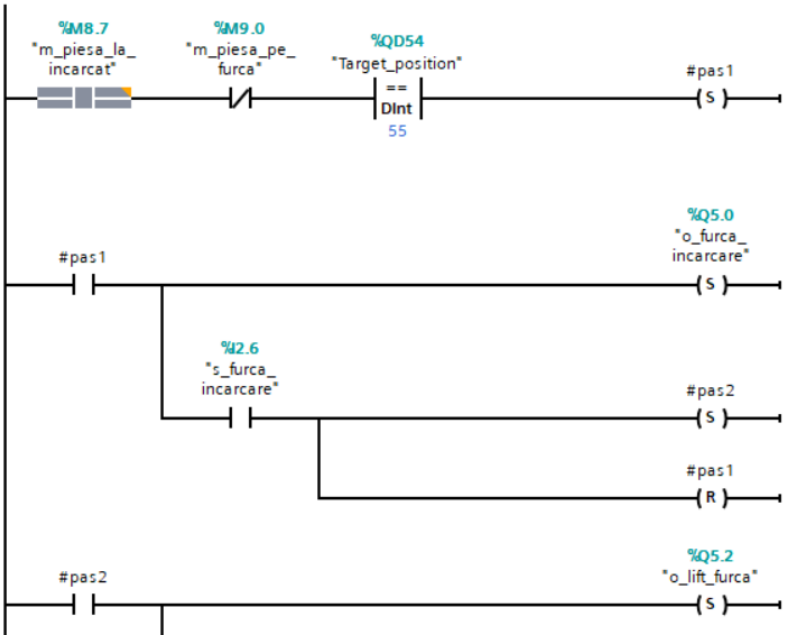


Figura 9. Fragment de program pentru funcționare lift depozit

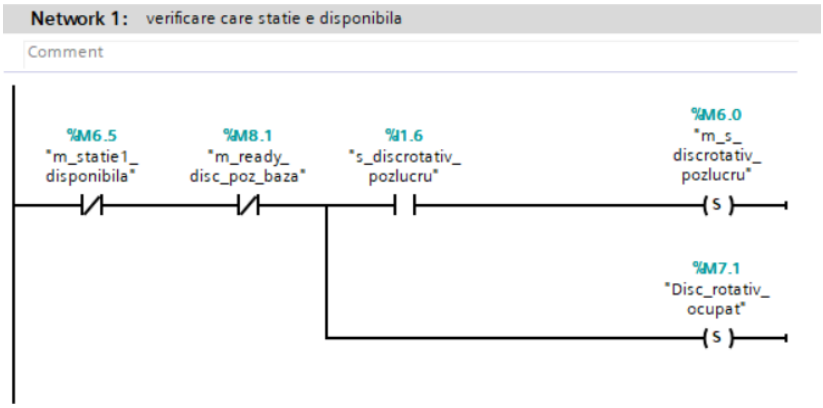


Figura 10. Fragment de program pentru stația de rotire

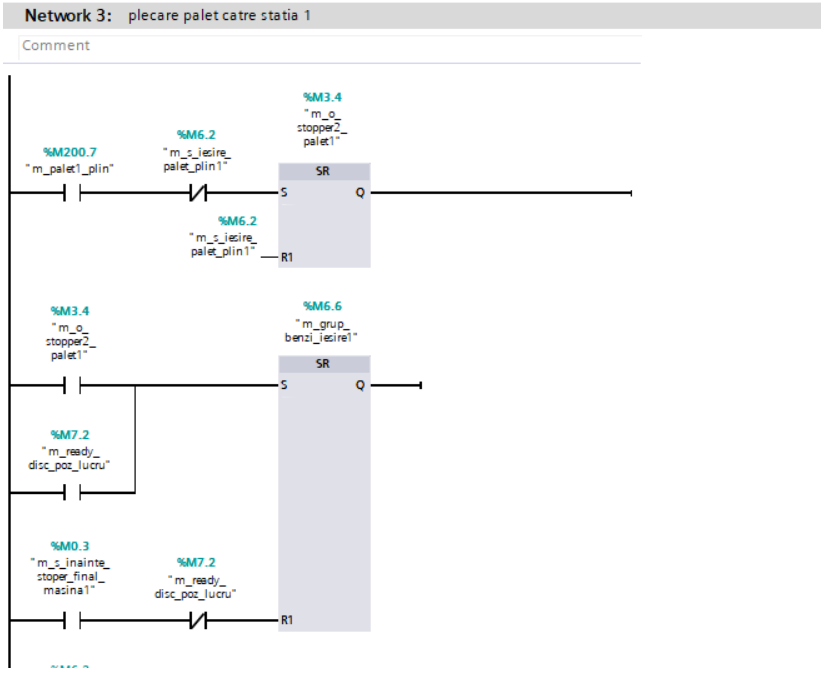


Figura 11. Fragment de program pentru plecare spre stația de rotire

Concluzii

Beneficiind de avansurile tehnologice, avem capacitatea de a îmbunătăți nu doar calitatea vieții personale, ci și de a optimiza și stimula producția în industrie. De exemplu, sistemele automate pot prelua sarcini periculoase sau dificile, precum operațiuni subacvatice sau manipularea substanțelor chimice iar lista poate continua. Automatizarea proceselor industriale necesită adesea recalificare și instruire pentru angajații necalificați, crescând indirect nivelul de educație al populației. Cei care nu se adaptează la schimbările digitale riscă să fie lăsați în urmă.

De asemenea, implementarea tehnologiilor avansate înseamnă și oportunități noi pentru dezvoltarea afacerilor mici și mijlocii, care pot beneficia de costuri reduse și eficiență crescută prin automatizare. Totodată, există preocupări cu privire la impactul social al automatizării, inclusiv potențialele efecte asupra locurilor de muncă și distribuția veniturilor, in special pentru pozițiile slab calificate sau necalificate.

În general, implementarea acestor sisteme poate aduce beneficii substanțiale, dar trebuie gestionată cu atenție și înțelegere a limitărilor și implicațiilor lor. O abordare echilibrată ar trebui să vizeze maximizarea avantajelor aduse de automatizare, păstrând în același timp un echilibru între cerințele economice, tehnologice și sociale ale societății. Este esențial să se abordeze această tranziție cu precauție și responsabilitate pentru a asigura un viitor sustenabil și incluziv.

Bibliografie:

[1] Dragos Versanu, *Deficitul forței de muncă în România*, https://www.zf.ro/profesii/deficitul-de-forta-de-munca-in-romania-600-000-de-oameni-17044760
[2] *Factory I/O About*, https://docs.factoryio.com/
[3] *PLC Programming | How to Read Ladder Logic*, https://www.solisplc.com/tutorials/how-to-read-ladder-logic
[4] Chicu Samuel*,"Simularea unui proces automatizat de paletizare simplă",* SIMPOZION ȘTIINȚIFIC STUDENȚESC H D - 5 3 - STUD HUNEDOARA, 1 2 - 1 3 MAI 202 3 ISSN: 2501 - 280X

ПРОГРАММНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ И КОМПЬЮТОРНЫЙ 3D АНАЛИЗ ДАННЫХ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В НЕОТЛОЖНОЙ НЕЙРОХИРУРГИИ

Анатолий ГУМЕНЮК

Департ. Информатики, SOFT и автоматики, докторант DISA, Технический Университет Молдовы, мун. Кишинев, Республика Молдова. Институт неврологии и нейрохирургии Diomid Gherman, нейрохирург, заведующий отделением, мун. Кишинев Республика Молдова.

Автор кореспондент: Анатолий ГУМЕНЮК, e-mail gumeniucanatolie6@gmail.com
ORCID ID:0000-0003-3321-9191

Научный руководитель: **ИЗВОРЯНУ Бартоломеу**, д-р., доцент,
Технический Университет Молдовы, г. Кишинев РМ,
Научный консультант: **БАЛАБАНОВ Анатолий**, академик РАЕН, д-р.хаб., проф.,
Технический Университет Молдовы, г. Кишинев РМ,

Abstract *В данной работе рассматривается создание реальной ИнформСистемы и анализ современных компьютерныхх подходов в применении к медицинской диагностике в виде создания мобильного автономного автоматизированного рабочего места нейрохирурга (АРМНХ) - для информационного сопровождения ежедневной работы врача консультанта, перемещающегося в течение короткого времени на значительные расстояния, в условиях оограниченного доступа к современным электроннымм средствам в местах срочного диагностирования и лечения пациентов.*

Ключевые слова: *цифровая визуализация и коммуникации, медицина, нейрохирургия, автономный иинтеллектуальный и компьютерный 3-D анализ данных, компьютерные инструментальные исследования в нейрохирургии. хирургическое лечение, хроническая субдуральная гематома.*

Введение: Информационные системы необходимы в медицинской диагностике и, в частности, в автономной (персональной) мобильной срочной медицинской диагностике врача-нейрохирурга, где сейчас они представляют собой просто набор разнообразных и сложных компьютерных инструментов, и специального программного обеспечения (ПО), порой, уникального, авторского назначения и применения [1]. Их цель-обработать персональные данные (например, результаты КТ и ЯМР в формате - DICOM) пациента для постановки наиболее вероятного диагноза, связанного с оценкой его текущего состояния здоровья, для оказания неотложной нейрохирургической помощи [2].

Как известно, существуют аппаратные и программные архитектуры ИС, где обсуждаются два класса подходов к разработке алгоритмов принятия решений: символические и цифровые. Символические подходы, основанные на моделировании проф-знаний или исходных баз данных и знаний, существующие в экспертных системах, стремятся воспроизвести, в принятых символах, рассуждения клинических экспертов, участвующих в процессе принятия решений [3].

Цифровые подходы, по существу, основаны на анализе данных для извлечения новых медицинских знаний на основе математических алгоритмов [4, 5]. Мы же вносим свой вклад в критическую оценку различных технологических медицинских альтернатив и синтез рекомендаций, накопленных за годы существования систем поддержки медицинской диагностики и наших оригинальных подходов, а также криптографических алгоритмов защиты персональной информации в реальном времени.

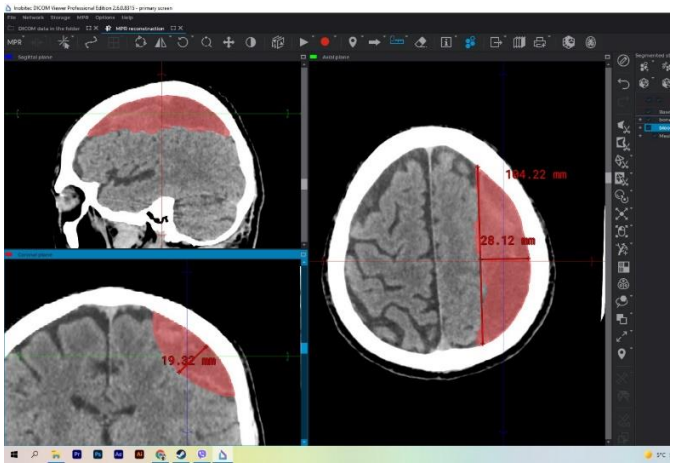


Рисунок 1 Изображение ХСДГ полученное спомощью мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ)

Клиническая и инструментальная диагностики лежат в основе медицинской практики. Это позволяет перейти от отдельных признаков к выявлению заболевания, из анамнеза и симптомов к формированию синдромо-комплекса и диагноза. Это отправная точка в разработке методов лечения и установлении диагноза или его прогнозов и причин. Прежде всего, это процесс принятия решений, который мобилизует все когнитивные навыки врачей, а также их память, внимание, коммуникативные и экзаменационные навыки, суждение, анализ и возможные интерпретации исходных данных.

Постановка задачи

Цель работы — рассмотреть реальную ИС и проанализировать современные компьютерные подходы в применении её к медицинской диагностике в виде мобильного *АРМНХ*[1] (для информационного сопровождения ежедневной и, порой, срочной работы врача консультанта, перемещающегося в течение короткого времени на значительные расстояния) в условиях ограниченного доступа (во времени и/или по месту пребывания врача) к существующим современным стационарным электронным и программным средствам в местах вынужденного срочного диагностирования и лечения пациентов.

Материалы и методы.

В работе рассмотрены возможности применения современных ИТ для решения поставленной выше проблемы, как незаменимого активного инструмента, уже востребованного, как в диагностике, так и при лечении нейро-хирургических пациентов на всём пути его медицинского использования: от постановки диагноза до планирования и проведения оперативного лечения [6]. Это - новый медицинский и информационный инструмент, используемый врачом в реальном времени, качественно и в минимальные сроки, в процессе общения с пациентом от анализа его данных, постановки диагноза до планирования и проведения хирургической операции.

Для достижения желаемого результата предлагаются следующие шаги:

- уточнить понятия «диагноз», «процесс 3D реконструкции» и принимаемые способы рассуждения и действий с точки зрения построения ИС;
- выполнить классификацию систем диагностической поддержки в соответствии с их рамками, структурой использования и принятыми подходами;
- проанализировать процесс разработки ПО, каждый раз сравнивая его с уже существующими аналогами ПО и критикуя их;

[1] *АРМНХ – автоматизированное рабочее место нейрохирургга*

- Провести обобщение соответствующих рекомендаций и передовой нейро медицинской практики на каждом этапе создания и внедрения систем информационной диагностической и интраоперационой поддержки; [7-10].

Для конкретизации текущих и сопутствующих локальных задач наших исследований была выбрана довольно часто встречающаяся патология из раздела нейро травматологии - хроническая субдуральная гематома (ХСДГ).

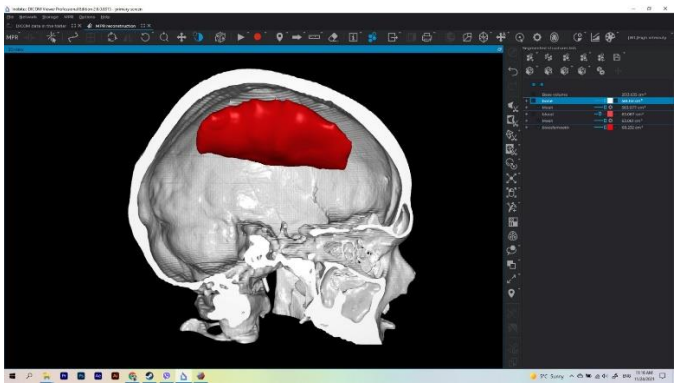


Рисунок 2 Изображение патологического очага в головном мозге в сагитальной плоскости

Выводы

Предлагаемый в работе подход для создания АРМНХ на основе оригинального программного обеспечения, разрабатываемого авторами доклада, позволит врачу нейрохирургу:

- использовать 3D-модель для предоперационного планирования в минимальные сроки в автономном режиме;
- получать более точную информацию о местоположении инструментов и тканей во время операции, что помогает уменьшить риск повреждения важных структур мозга;
- создавать модели только из необходимых для решения задачи объектов, автоматически генерируя форму и точку(и) хирургического доступа[11, 12].

Наконец, важное значение в медицине приобретает вопрос защиты двоичной информации против помех, сбоев, хищения и/или вредительского искажения персональных данных пациентов [13].

Авторами был разработан и подан на регистрацию патент – “СПОСОБ ШИФРОВАНИЯ ДВОИЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ И МОБИЛЬНОЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ РАБОЧЕЕ МЕСТО ВРАЧА НЕЙРОХИРУРГА\НЕВРОЛОГА НА ЕГО ОСНОВЕ”

Библиография по тематике доклада

[1] Волосова М.А., Окунькова А.А., Конов С.Г., Котобан Д.В. Аддитивные технологии: от техниче ского творчества к инновационным промыш ленным технологиям. Техническое творчество молодежи 2014; 5(87): 9–14

[2] Наттерер Ф. Математические аспекты компьютерной томографии. М Мир 1990: 288.

[3] Пройдаков Э.М. Теплицкий Л.А. Англо-русский толковый словарь терминов и сокращений по ВТ, Интернету и программированию. М Русская Редакция 2004

[4] Смирнов В.В., Барзали В.В., Ладнов П.В. Перспек тивы развития аддитивного производства в российской промышленности. Опыт ФГБОУ УГАТУ. Новости материаловедения. Наука и техника 2015; 2 (14): 23–27.
[5] Фиговский О.Л. Инновационный инжиниринг – путь к реализации оригинальных идей и прорывных технологий. Инженерный вестник Дона 2014;
[6] СФЕРУ А.М. ХАДЖИБАЕВ, К.Э. МАХКАМОВ, М.М. АЗИЗОВ ИНТЕГРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО ИНЖИНИРИНГА И АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МЕДИЦИНСКУЮ . https://cyberleninka.ru/article/n/integratsiya-kompyuternogo-inzhiniringa-i-additivnyh-tehnologiy-v-meditsinskuyu-sferu/viewer.
[7] Недзьведь, А. М. Анализ изображений для решения задач медицинской диагностики / А. М. Недзьведь, С. В. Абламейко. – Минск : ОИПИ НАН Беларуси, 2012. – 240 с. – ISBN 978-985- 6744-75-7.
[8] Лукашевич, П.В. Восстановление поверхности трехмерного объекта по обводкам его сечений / П.В. Лукашевич, Б.А. Залесский, А.М. Недзьвед
[9] Вычисление объемных характеристик изображений компьютерной томографии / А.М. Недзьведь [и др.] // Искусственный интеллект. – 2009. – № 3. – С. 582–586.
[10] Nedzved, A. A Flexible Suite of Software Tools for Medical Image Analysis / A. Nedzved, V. Starovoitov // Proc. of the First Intern. Conf. on Advanced Communications and Computation (INFOCOMP 2011), 2011. – Barcelona, 2011. – P. 36–41.
[11] Sanniti Di Baja 2D Gray-level Skeleton Computation: A Discrete 3D approch // Computer Vision & Image Processing : Proc. of 17 IAPR Intern. Conf. on Pattern Recognition, 2004. – Los Alamitos, 2004. – P. 445–458.
[12] Shih, F.Y. Image Processing and Mathematical Morphology Fundamentals and Applications / F.Y. Shih. – Boca Raton : CRC Press, 2009. – P. 415.
[13] Балабанов А.А., Агафонов А.Ф. Сопоставительный анализ и его приложения. Классические и современные задачи теории чисел и криптографии.- МОНОГРАФИЯ/ изд.Lambert, Германия, **2016,** 197 с., INN 978-3-659-92621-1 978-3-659-92621-1 Книга

ROLUL AUTOMATIZĂRII ÎN GESTIONAREA RESURSELOR ȘI A PERFORMANȚEI ÎN INFRASTRUCTURILE DE CLOUD

Valeria GURANDA

Departamentul Ingineria Software și Automatică, grupa TI-231M, Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

Autor corespondent: Guranda Valeria, valeria.guranda@isa.utm.md

Îndrumătorul/coordonatorul științific **Daniela ISTRATI**, lect.univ

Rezumat. *Această lucrare investighează eficacitatea automatizării în gestionarea resurselor și performanței în infrastructurile de cloud computing. Prin intermediul simulărilor, se evaluează modul în care automatizarea poate optimiza distribuția și utilizarea resurselor, influențând timpul de răspuns al aplicațiilor și capacitatea de scalare în funcție de cerințele fluctuante ale utilizatorilor. Analiza relevă avantajele și provocările asociate cu automatizarea în gestionarea resurselor și performanța în mediile de cloud computing, evidențiind importanța adoptării soluțiilor eficiente de automatizare pentru optimizarea utilizării resurselor și menținerea unei performanțe constante.*

Cuvinte cheie: *gestionarea resurselor, analiză, tehnologie, scalabilitate, eficiență energică, costuri operaționale*

Introducere

Pe măsură ce tehnologia avansează și infrastructura bazată pe cloud devine utilizată pe scară largă, managementul eficient al resurselor și performanța optimă devin priorități de top. În acest context, automatizarea joacă un rol important și oferă oportunități semnificative de îmbunătățire a eficienței operaționale și scalabilității în mediile cloud. Acest articol se concentrează pe analizarea și evaluarea impactului automatizării asupra gestionării și performanței resurselor infrastructurii cloud.

Scopul acestei lucrări este de a studia modul în care automatizarea afectează eficiența utilizării resurselor, timpul de răspuns al aplicațiilor și costurile operaționale într-un mediu de cloud computing.

Contextul și importanța automatizării cloud computing

În era digitală, tehnologia se schimbă cu fiecare zi care trece, iar mediul de afaceri devine din ce în ce mai competitiv. Infrastructura de cloud computing devine infrastructura care sprijină operațiunile și serviciile din diverse industrii. De la stocarea și gestionarea datelor până la rularea aplicațiilor și furnizarea de servicii, companiile se bazează din ce în ce mai mult pe infrastructura cloud pentru a rămâne competitive și a răspunde rapid la cerințele pieței și ale clienților.

Cu toate acestea, implementarea soluțiilor tehnologice și hardware nu garantează o infrastructură cloud eficientă și de înaltă performanță. Gestionarea eficientă a resurselor și asigurarea performanței optime este esențială pentru maximizarea eficienței operaționale și minimizarea costurilor. În acest sens, automatizarea devine din ce în ce mai importantă, oferind soluții eficiente și scalabile pentru optimizarea utilizării resurselor și adaptarea la nevoile în schimbare ale mediului de afaceri [1].

Automatizarea cloud computing poate acoperi o gamă largă de procese și operațiuni, de la implementarea și configurarea infrastructurii până la monitorizarea și gestionarea eficientă a resurselor. Prin gestionarea dinamică a resurselor și a sarcinilor, companiile pot răspunde rapid la cererea crescută și pot asigura performanțe optime în orice circumstanțe. Automatizarea poate gestiona sarcinile repetitive și banale rapid și eficient, eliberând echipele IT să se concentreze pe activități mai valoroase, strategice, cum ar fi inovarea și îmbunătățirea serviciilor.

Aspecte cheie ale automatizării

Automatizarea în cloud computing trebuie să fie flexibilă și scalabilă pentru a răspunde cerințelor în schimbare și pentru a gestiona eficient provocările operaționale. Prin implementarea unei soluții de automatizare eficiente și bine configurate, organizațiile pot optimiza utilizarea resurselor, pot asigura conformitatea și securitatea datelor și pot răspunde în mod flexibil la schimbările din mediul de afaceri.

Aspectele cheie ale automatizării în cloud computing [2] reflectă nevoia de a gestiona eficient resursele, de a monitoriza și optimiza performanța, de a implementa politici de securitate și de conformitate și de a se adapta la nevoile în continuă schimbare ale mediului de afaceri.

Managementul ciclului de viață a resurselor[3]: automatizarea creării, configurării și ștergerii mașinilor virtuale sau a conturilor de stocare în cloud. Utilizarea instrumentelor precum Terraform sau AWS CloudFormation permite definirea și gestionarea infrastructurii ca cod, asigurând consistența și reproducerea mediilor de lucru.



Figura 1. Ciclul de viață a resurselor în cloud computing

Monitorizarea și optimizarea performanței: folosirea soluțiilor de monitorizare automată a resurselor pentru a identifica și remedia rapid problemele de performanță sau disponibilitate. De exemplu, Azure Monitor are capacitatea de a emite alerte automate în cazul depășirii limitelor de utilizare a resurselor, sau putem crea dashboarduri pentru sistem și genera alerte utilizând Grafana.



Figura 2. Monitorizarea performanței clusterului utilizând Grafana

Adaptabilitate la cerințele schimbătoare ale mediului de afaceri: implementarea unor politici de scalare automată pentru a gestiona resursele în mod dinamic în funcție de schimbările cererii. De exemplu, Google Kubernetes Engine (GKE) permite extinderea automată a numărului de instanțe de aplicații în funcție de traficul de rețea sau încărcarea CPU.

Metodele și tehnologiile utilizate în automatizarea în cloud computing

Metodele și tehnologiile de automatizare sunt esențiale pentru transformarea infrastructurilor de cloud în medii scalabile și eficiente. Există o varietate de instrumente și tehnologii disponibile pentru automatizarea proceselor în cloud computing, de la orchestrare și scripting până la containerizare și soluții bazate pe AI și machine learning.

Una dintre cele mai utilizate și eficiente metode de automatizare este scripting-ul. Utilizarea limbajelor de scripting precum Python, PowerShell sau Bash permite crearea și gestionarea resurselor cloud, configurarea mediilor de dezvoltare și implementarea politicilor de securitate.

Orchestarea [4] implică organizarea și gestionarea automată a fluxului de lucru al mai multor procese și servicii. Fluxurile de lucru complexe care implică interacțiuni între diferite componente și resurse din mediul de cloud pot fi create și executate folosind instrumente de orchestrare precum Apache Airflow sau Kubernetes.

O modalitate eficientă de a împacheta, distribui și rula aplicații și servicii în cloud computing este containerizarea. Utilizarea tehnologiilor precum Docker și Kubernetes facilitează implementarea și scalarea automată a aplicațiilor în cloud. Aceste tehnologii permit crearea și gestionarea containerelor izolate care conțin toate dependențele necesare pentru rularea unei aplicații.

Automatizarea poate fi îmbunătățită prin implementarea tehnologiilor inovatoare precum învățarea automată și inteligența artificială. Procesele automate de analiză a datelor, optimizarea performanței și luarea deciziilor pot fi implementate în infrastructurile de cloud folosind soluții precum AWS SageMaker sau Google Cloud AutoML.

Pentru a ajuta clienții să trieze rapid, să investigheze și să răspundă la amenințările din cloud, Security Command Center Enterprise a integrat în produs capabilități cheie specifice cloud Chronicles SOAR, permițând detectarea amenințărilor în cloud (Figura 3).

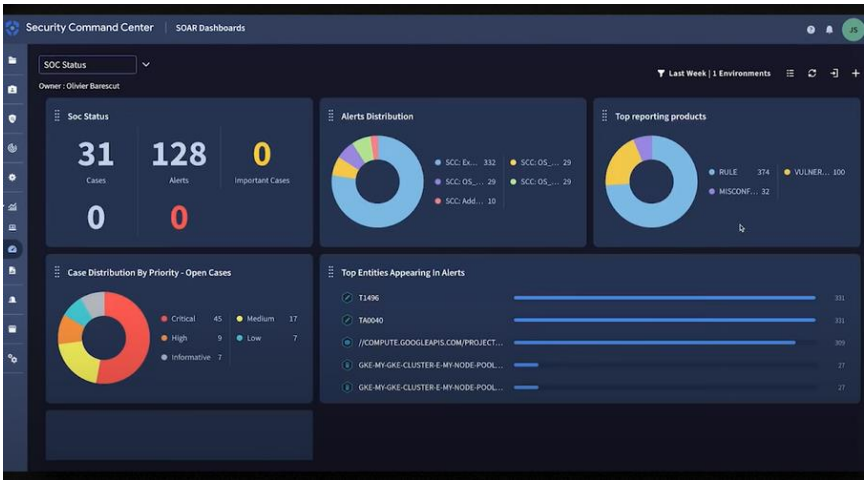


Figura 3. Detectarea amenințărilor din cloud utilizând Security Command Center

Beneficiile economice ale automatizării în cloud computing

Automatizarea în cloud computing aduce beneficii economice semnificative prin optimizarea resurselor, reducerea costurilor de operare și creșterea eficienței organizaționale. Aceste beneficii ajută la îmbunătățirea profitabilității și competitivității organizațiilor într-un mediu de afaceri din ce în ce mai dinamic și mai solicitant. Astfel distingem câteva beneficii principale ale automatizării în cloud computing [5]:

Optimizarea utilizării resurselor: automatizarea permite o utilizare mai eficientă a resurselor, cum ar fi serverele, spațiul de stocare și capacitatea rețelei. Prin alocarea dinamică a

resurselor, după cum este necesar, risipa este minimizată și costurile asociate infrastructurii cloud sunt optimizate.

Reducerea costurilor operaționale: automatizare în cloud elimină necesitatea intervenției umane repetitive și reduce timpul necesar pentru management și monitorizare de sistem. Acest lucru duce la costuri de operare mai mici, inclusiv costuri de personal și administrative.

Optimizarea licențelor de software: automatizarea în cloud computing poate ajuta la gestionarea și optimizarea licențelor software. Prin implementarea politicilor automate de licențiere și monitorizarea utilizării licenței, organizațiile pot evita costurile suplimentare asociate cu nerespectarea licenței.

Maximizarea investițiilor în tehnologie: automatizarea în cloud computing ajută la maximizarea rentabilității investiției în tehnologie. Prin optimizarea utilizării resurselor și reducerea costurilor de operare, organizațiile pot obține un randament mai mare în soluțiile cloud și de infrastructură.

Concluzii

Automatizarea în cloud computing este un factor important în îmbunătățirea eficienței operaționale, optimizarea resurselor și creșterea competitivității organizațiilor într-un mediu de afaceri din ce în ce mai dinamic și mai solicitant. Prin adoptarea soluțiilor de automatizare potrivite, organizațiile pot obține beneficii semnificative în performanța, scalabilitatea și rentabilitatea infrastructurii lor cloud.

Automatizarea în cloud computing aduce beneficii economice și operaționale semnificative. Optimizarea utilizării resurselor și reducerea costurilor de operare duce la economii semnificative și la o rentabilitate îmbunătățită a investiției în tehnologie.

Rezultatele analizei evidențiază importanța adoptării soluțiilor tehnologice. Organizațiile trebuie să investească în tehnologie și practici care să permită automatizarea proceselor critice și să optimizeze utilizarea resurselor pentru a asigura performanță consecventă și management eficient al costurilor.

Surse bibliografice:

[1] L. Zhang, "Scalability and Performance Optimization in Cloud Computing: A Review of Current Techniques," International Journal of Cloud Computing, vol. 8, no. 3, pp. 189-204, 2022. doi: 10.1504/IJCC.2022.10042414.

[2] T. Nguyen, "Automation in Cloud Computing: Challenges and Future Directions," Conference on Cloud Engineering, Sydney, Australia, 2023, pp. 45-52. doi: 10.1109/IC2E.2023.00012.

[3] R. Gupta, "Impact of Automation on Cloud Infrastructure Performance: A Case Study," IEEE Transactions on Cloud Computing, vol. 9, no. 4, pp. 340-355, 2023. doi: 10.1109/TCC.2022.9468374..

[4] K. Wang, "Efficiency Improvement through Automated Resource Allocation in Cloud Computing," International Conference on Cloud Computing, Vancouver, Canada, 2022, pp. 78-85. doi: 10.1109/ICCC.2022.9437261.

[5] J. Smith, "Automation and Optimization Techniques for Cloud Resource Management," Journal of Cloud Computing, vol. 10, no. 2, pp. 145-160, 2023. doi: 10.1016/j.jcloudcomp.2022.09.008.

ANALIZA METODELOR DE ACORDARE A REGULATORULUI LA MODELE DE OBIECTE CU DUBLU ASTATISM ȘI ÎNTÂRZIERE DE ORDINUL UNU

Iulia BERGHII

Departamentul Ingineria Software și Automatică, grupa AI-201, Facultatea Calculatoare Informatică și Microelectronică, UTM, Chișinău, Republica Moldova, iulia.berghii@isa.utm.md

Coordonatorul științific **Bartolomeu IZVOREANU**, dr. șt. tehn., conf. univ.
Departamentul Ingineria Software și Automatică, Facultatea Calculatoare Informatică și Microelectronică
Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova, bartolomeu.izvoreanu@ati.utm.md

Rezumat: *În lucrare se analizează metodele de acordare a regulatorului la modelul obiectului de reglare cu dublu astatism și întârziere de ordinul unu cu parametrii cunoscuţi după metoda poli-zerouri, metoda polinomială și metoda gradului de stabilitate. Pentru metoda poli-zerouri și metoda polinomială se impun performanțele sistemului suprareglarea și timpul de reglare și se construiește polinomul caracteristic al sistemului închis, după care se sintetizează algoritmul de reglare. Pentru metoda gradului de stabilitate, din ecuația caracteristică a sistemului închis, prin operații de derivare pe variabila necunoscută a gradului de stabilitate, se obțin funcții analitice ale parametrilor regulatoarelor PD și PID ca funcții neliniare de gradul de stabilitate și liniare de parametrii modelului obiectului. S-a examinat un exemplu și s-au variat parametrii modelului obiectului și s-a verificat robustețea sistemului. S-a verificat dinamica sistemului la acțiunea semnalului treaptă unitară. Se evidenţiază avantajele și dezavantajele metodelor de acordare.*

Cuvinte cheie: *funcţie de transfer, regulator, parametrii de acord, sistem automat, metode de acordare, acordarea regulatorului, răspunsul sistemului, performanţele sistemului.*

Introducere

Există o varietate de obiecte tehnice (automobilul, aparatul cosmic (satelit etc.), racheta, telescopul, plotterul, laserul, liftul, electrodul reactorului nuclear, acționări liniare etc.) și procese tehnologice, care se descriu cu modele matematice cu dublu astatism și întârziere de ordinul unu cu funcţia de transfer (f.d.t.) de forma [1]:

$$H(s) = \frac{k}{s^2(s+p)} = \frac{k}{s^3+ps^2} = \frac{b_0}{a_0s^3+a_1s^2}, \quad (1)$$

unde k este coeficientul de transfer, $p = 1/T$ - polul, T - constanta de timp, iar $b_0 = k$, $a_0 = 1$, $a_1 = p$ sunt coeficienții generalizați.

Prezența în Ec. (1) a astatismului de gradul doi ridică probleme dificile la acordarea regulatorului la aceste modele. Metodele larg utilizate la acordarea regulatoarelor ca metoda Ziegler-Nichols, metoda frecvențială etc. nu pot fi aplicate sau sunt dificile [1-3].

În lucrare se utilizează metodele poli-zerouri (PZ), polinomială (MP) și gradului maximal de stabilitate (GMS) în forma analitică și cu iteraţii la acordarea regulatorului la modelul Ec. (1) și analiza performanțelor sistemului automat.

Algoritmii de sinteză a regulatorului

În studiu se utilizează schema bloc structurală a sistemului automat (SA) alcătuită din regulator cu f.d.t. $H_R(s)$ și modelul obiectului cu f.d.t. $H(s)$.

Metoda alocării poli–zerouri (PZ) este o metodă analitică, care se utilizează pentru sinteza algoritmului de reglare, pornind de la performanțele impuse sistemului suprareglarea σ și

timpul de reglare t_r, se determină polii dominanți s_1, s_2. În continuare, se construiește polinomul caracteristic dorit P_d al sistemului închis cu cei doi poli dominanți și cu poli suplimentari alocați pe semiaxa reală negativă cât mai departe de polii dominanți pentru a satisface condițiile de realizabilitate fizică a regulatorului. Polinomul caracteristic P_c al sistemului cu modelul obiectului și regulatorul proiectat se egalează cu polinomul dorit P_d și prin egalarea coeficienților de pe lângă aceleași puteri ale lui s din ambele părți ale egalității, se construiește un sistem de ecuații algebrice, din care se calculează parametrii regulatorului [2].

Metoda polinomială (MP). Conform metodei polinomiale f.d.t. a modelului obiectului de ordinul $n = 3$ se descrie în forma [3]:

$$H(s) = \frac{b_0}{a_3 s^3 + a_2 s^2} = \frac{b_0}{s^2(a_3 s + a_2)} = \frac{B^-(s)B^+(s)}{A^-(s)A^+(s)}, \quad (2)$$

unde $B^-(s) = b_0 = k$, $B^+(s) = 1$, $A^-(s) = a_0 s + a_1$, $A^+(s) = s^2$.

Funcția de transfer a regulatorului sintetizat se descrie în forma:

$$H_R(s) = \frac{A^-(s)M(s)}{B^-(s)N(s)s^r} = \frac{Q(s)}{P(s)}, \quad (3)$$

unde polinoamele necunoscute $M(s)$ și $N(s)$ se determină din ecuația polinomială de forma:

$$B^+(s)M(s) + A^+(s)N(s)s^r = P_d(s), \quad (4)$$

unde s^r este astatism de gradul r.

Polinomul caracteristic dorit $P_d(s)$ se construiește în baza modelului obiectului Ec. (1) și performanțele impuse sistemului suprareglarea și timpul de reglare.

Metoda GMS. Se utilizează algoritmii PD și PID, care se descriu cu funcțiile de transfer cu parametrii k_p, k_i, k_d :

$$H_{PD}(s) = k_p + k_d s,. \quad (7)$$

$$H_{PID}(s) = k_p + \frac{k_i}{s} + k_d s = \frac{k_d s^2 + k_p s + k_i}{s}, \quad (8)$$

Conform metodei GMS se obțin expresiile analitice de calcul ai parametrilor regulatorului PD și PID în forma [4], [5]:

Pentru algoritmul PD se obțin expresiile:

$$-3a_0 J + a_1 = 0, \quad (9)$$

$$k_d = \frac{1}{k}(-3a_0 J^2 + 2a_1 J) = \frac{a_1^2}{3ka_0} = f_d(J), \quad (10)$$

$$k_p = \frac{1}{k}(a_0 J^3 - a_1 J^2) + k_d J = \frac{a_1^3}{27ka_0^2} = f_p(J). \quad (11)$$

Din Ec. (9) se determină gradul optimal de stabilitate J_{opt} și din Ec. (10)-(11) se calculează parametrii optimali k_p, k_d ai regulatorului PD.

Pentru algoritmul PID se obțin expresiile:

$$4a_0 J - a_1 = 0, \quad (12)$$

$$k_d = \frac{1}{k}(-6a_0J^2 + 3a_1J) = \frac{3a_1^2}{8ka_0} = f_d(J), \quad (13)$$

$$k_p = \frac{1}{k}(4a_0J^3 - 3a_1J^2) + 2k_dJ = \frac{a_1^3}{16ka_0^2} = f_p(J), \quad (14)$$

$$k_i = \frac{1}{k}(-a_0J^4 + a_1J^3) - k_dJ^2 + k_pJ = \frac{a_1^4}{256ka_0^3} = f_i(J). \quad (15)$$

Din Ec. (12) se determină gradul optimal de stabilitate J_{opt} și după expresiile analitice Ec. (13)-(15) se calculează parametrii optimali k_p, k_i, k_d.

În unele cazuri, pentru valorile optimale ale parametrilor k_p, k_i, k_d regulatorului PD și PID obținute, performanțele sistemului automat nu sunt satisfăcute. În aceste cazuri se propune de a varia gradul J și se calculează și se construiesc curbele pentru regulatorul PD $k_p = f_p(J)$, $k_d = f_d(J)$ Ec. (10)–(11) și curbele pentru regulatorul PID $k_p = f_p(J)$, $k_i = f_i(J)$, $k_d = f_d(J)$ Ec. (13)-(15). Pe aceste curbe $k_p = f_p(J)$, $k_i = f_i(J)$, $k_d = f_d(J)$ se aleg seturi de valori ai parametrilor regulatorului PD, PID $J_i - k_{pi}$, k_{ii}, k_{di} și se simulează pe calculator sistemul automat, se ridică răspunsul indicial al sistemului după care se determină performanţele cele mai ridicate posibile ale sistemului, care ar satisface performanțele impuse sistemului.

Pentru un exemplu de model al obiectului Ec. (1) se analizează acordarea regulatorului după metodele PZ, MP și GMS și se analizează performanţele și robustețea sistemului la acțiunile referinţei şi perturbaţiei de tip treaptă şi la variaţia cu $\pm 50\%$ ai parametrilor k și T.

Aplicații și simulare

Pentru analiza rezultatelor obţinute la acordarea regulatorului la modelul obiectului Ec. (1) după metodele propuse se analizează un exemplu.

Exemplu. Se consideră modelul obiectului de reglare (1) de ordinul $n = 3$ cu parametrii cunoscuți $b_0 = k = 1$, $a_0 = 1$, $a_1 = p = 1/T = 10$ descris cu funcția de transfer:

$$H(s) = \frac{B(s)}{A(s)} = \frac{b_0}{a_0s^3 + a_1s^2} = \frac{1}{s^3 + 10s^2}.$$

Se cere: Pentru performanţele impuse sistemului suprareglarea $\sigma \leq 10$ % și timpul de reglare $t_r \leq 2$ s să se acordeze regulatorul la modelul obiectului Ec. (1) după metodele PZ, MP și GMS în forma analitică și cu iterații. Modelul obiectului conține astatism și eroarea staționară a sistemului $\varepsilon = 0$, iar regulatorul proiectat va fi static.

Soluționare. 1. Metoda PZ. Se construiește polinomul caracteristic al sistemului $P_c(s)$ și polinomul dorit $P_d(s)$, se egalează expresiile polinoamelor și se determină parametrii regulatorului PZ care are f.d.t.:

$$H_R(s) = \frac{Q(s)}{P(s)} = \frac{q_2s^2 + q_1s + q_0}{p_2s^2 + p_1s + p_0} = \frac{16516.909s^2 + 138912.57s + 308855.7}{s^2 + 84.001s + 2231.5291}. \quad (16)$$

2. *Metoda polinomială*. Conform metodei polinomiale se construiesc ecuațiile polinomiale:

1) se admit rădăcinile multiple (MP1) și se determină f.d.t. a regulatorului:

$$H_{R1}(s) = \frac{(a_0s + a_1)(m_0s + m_1)}{kn_0s + kn_1} = \frac{q_2s^2 + q_1s + q_0}{p_1s + p_0} = \frac{(s+10)(3s+1)}{s+3} = \frac{3s^2 + 31s + 10}{s+3} = \frac{Q(s)}{P(s)}, \quad (17)$$

2) se construiește polinomul caracteristic dorit P_{d2} (MP2) în baza celor doi poli dominanți și unul suplimentar MP2și se determină parametrii regulatorului cu f.d.t.:

$$H_R(s) = \frac{(a_0 s + a_1)(m_0 s + m_1)}{k n_1 s + k n_1} = \frac{q_2 s^2 + q_1 s + q_0}{p_1 s + p_0} = \frac{165.4701 s^2 + 1997.874 s + 3431.73}{s + 34.001} = \frac{Q(s)}{P(s)}. \quad (18)$$

3. *Metoda GMS*. Pentru algoritmul PDA din Ec. (8) se calculează gradul optimal $J_{\text{opt}} = 3.3333$ și din Ec. (9)-(10) se determină parametrii optimali $k_p = 37.037$, $k_d = 33.3333$.

Pentru algoritmul PIDA din Ec. (11) se determină gradul optimal $J_{\text{opt}} = 2.5$ și după Ec. (12)-(14) se calculează valorile optimale ale parametrilor $k_p = 62.5$, $k_i = 39.0625$, $k_d = 37.5$.

Prin operații cu iterații s-a variat gradul de stabilitate J, s-au calculat parametrii regulatorului PDI și PIDI, s-a simulat sistemul și după răspunsul indicial s-au determinat performanțele cele mai ridicate și sunt date în Tab. 1: rândul 5 pentru PDI și rândul 7 pentru PIDI.

Tabelul 1.

Parametrii regulatorului şi performanţele sistemului automat

Nr. crt.	Metoda acordare	Parametrii regulatorului				Performanţele sistemului			
		J	k_p	k_i	k_d, s	t_c, s	d, %	t_r, s	n
1	PZ					0.25	22.25	1.20	1
2	MP1					2.51	27.18	10.33	1
3	MP2					0.28	22.61	1.28	1
4	GMSA, PDA	3.333	37.037		33.33	0.49	25.50	1.94	1
5	GMSI, PDI	3.5	36.75		33.25	0.44	25.41	1.95	1
6	GMSA, PIDA	2.5	62.5	39.063	37.5	0.37	41.5	2.78	1
7	GMSI, PIDI	3.3	39.204	3.5482	33.66	0.43	27.42	1.97	1

S-a simulat pe calculator sistemul cu regulatorul acordat după metodele PZ, MP1, MP2 și metoda GMS cu regulatoarele PDI, PID și răspunsurile indiciale sunt date în figura 1: alura 1 – sistemul cu regulatorul PZ, alura 2 - sistemul cu regulatorul MP1, alura 3 - sistemul cu regulatorul MP2, alura 4 - sistemul cu regulatorul PDA, alura 7 - sistemul cu regulatorul PIDI, iar performanțele sistemelor sunt date în Tab. 1, rândul 1- sistemul cu regulatorul PZ, rândul 2 - sistemul cu regulatorul MP1, rândul 3 - sistemul cu regulatorul MP2, rândul 4 - sistemul cu regulatorul analitic PDA (GMSA), rândul 7 - sistemul cu regulatorul cu iterații PIDI (GMSI).

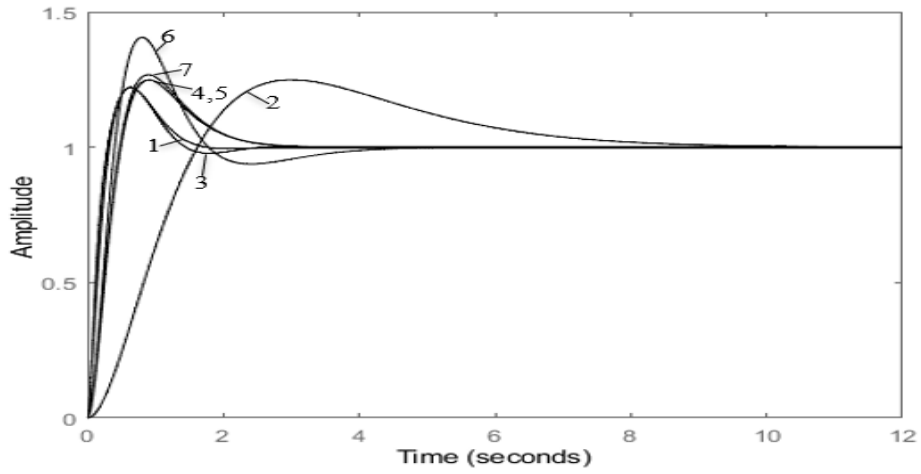


Figura 1. Răspunsurile indiciale ale sistemului automat

Concluzii

Analizând rezultatele obţinute la acordarea regulatorului la modelul obiectului (1) după metodele PZ, PM2 GMS se constată:

- Sistemul cu regulatorul acordat după metodele PZ și MP2 au aceleași performanțe.
- Sistemul cu regulatorul PDI, PIDI acordat după metoda GMSI au aceleași performanțe.
- Sistemul cu regulatorul PDI, PIDI are performanțe mai reduse: timpul de creștere t_c mai mare de 1.76-1.72 ori, suprareglarea d mai mare de 1.14-1.23 ori, timpul de reglare t_r mai mare de 1.62-1.64 ori în comparație cu performanțele sistemului cu regulatorul PZ.
- Robustețea sistemului cu regulatorul PIDI ($J = -0.294$) este mai ridicată de 13 ori ca a sistemului cu regulatorul PZ ($J = 0.0226$), mai ridicată de 8 ori ca a sistemului cu regulatorul MP2 ($J = 0.0354$) și mai ridicată de 1.7 ori ca a sistemului cu regulatorul PDA ($J = 0.1713$).
- La variația concomitent a parametrilor modelului obiectului cu 50 % de la valorile nominale cel mai stabil este sistemul cu regulatorul PDA și PIDI.

Bibliografie

[1] R. Dorf, R. Bishop, *Sovremennye sistemy upravlenia.* M.: Laboratoria Bazovyh Znaniy, 2004, 832 s. ISBN 5-93208-119-8.

[2] I. Dumitrache. *Ingineria reglării automate.* București: Politehnica Press, 2016. V. 1. 407 p. ISBN 978-606-515-686-9.

[3] D.P. Kim, *Teoria avtomaticheskogo upravlenia. T.* 1. *Lineinye sistemy* M.: FIZMATLIT, 2003. 288 s. ISBN 5-9221-0379-2.

[4] B. Izvoreanu, I. Fiodorov, M. Pisarenco, "Comparative Analysis of Regulators Tuning Methods to Models of Objects with Inertia", *Buletinul Institutului Politehnic din Iaşi*, Tomul L (LIV), Fasc. 5A, Electrotehnică, Energetica, Electronica, 2004, pp. 63-68.

[5] B. Izvoreanu, Irina Cojuhari, I. Fiodorov, D. Moraru, A. Secrieru, "Tuning the PID Controller to the Model of Object with Inertia Second Order According to the Maximum Stability Degree Method with Iteration", *Annals of the University of Craiova. Electrical Engineering series*, No. 43, Issue 1, 2019, pp. 79-85. ISSN-4805.

O MODIFICARE A METODEI NEWTON CU ORDINUL AL TREILEA DE CONVERGENȚĂ

Victoria OBRINTEȚCHI

Departamentul Informatică și Ingineria Sistemelor, grupa IA-222, Facultatea Calculatoare Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

Autorul corespondent: Victoria OBRINTEȚCHI, e-mail: victoria.obrintetchi@iis.utm.md

Îndrumătorul/coordonatorul științific **Vasile MORARU**, prof. univ., dr.

Rezumat. *În această lucrare este descrisă și analizată o modificare a metodei clasice Newton pentru rezolvarea ecuațiilor neliniare univariate. Metoda se bazează pe tehnica dezvoltării în seria Taylor cu trunchierea după termenul al treilea și aproximarea derivatelor de ordinul doi a funcției de o variabilă reală prin derivatele de ordinul întâi. Metoda standard a lui Newton, în anumite condiții, este local convergentă și are gradul doi de convergență, adică eroarea la fiecare iterație este proporțională cu pătratul erorii de la iterația anterioară. Metoda modificată a lui Newton este de convergență cubică pentru același număr de evaluări a funcției și derivatei la fiecare iterație. Convergența către rădăcina simplă a ecuației neliniare este garantată atunci când aproximația inițială este aleasă în vecinătatea rădăcinii, în prealabil localizată. A fost elaborat un program de calculator și sunt prezentate câteva exemple numerice pentru a ilustra eficacitatea metodei prezentate pentru rezolvarea ecuațiilor algebrice și transcendente.*

Cuvinte cheie: *ecuație neliniară, metoda Newton, convergența cubică, dezvoltare Taylor.*

Introducere

Metoda lui Newton este recunoscută ca una dintre cele mai eficiente și versatile tehnici pentru găsirea rădăcinilor unei ecuații neliniare. Dezvoltată inițial de matematicianul englez Isaac Newton în secolul al XVII-lea, această metodă a devenit un pilon fundamental în rezolvarea numerică a problemelor din diverse domenii, de la științele naturii și inginerie, până la economie și calculul financiar.

Fie dată ecuația $f(x) = 0$, unde $f(x)$ este o funcție derivabilă de variabila reală x. Metoda lui Newton este una din metodele efective ale analizei neliniare, fiind definită prin relația

$$x_{k+1} = x_k - \frac{f(x_k)}{f'(x_k)}, k = 0,1,2,\cdots, \quad (1)$$

unde aproximația inițială x_0 este aleasă în vecinătatea rădăcinii x_*, în prealabil localizată. Metoda lui Newton în anumite condiții [1, 2] are ordinul doi de convergență (convergența pătratică), adică eroarea la fiecare iterație este proporțională cu pătratul erorii de la iterația anterioară. Dacă derivatele $f'(x)$ si $f''(x)$, sunt continue și păstrează un semn constant în vecinătatea rădăcinii x_*, atunci procesul (1) converge astfel încât la fiecare iterație numărul cifrelor semnificative corecte se dublează, adică dacă

$$|x_k - x_*| \leq 10^{-k}$$

atunci

$$|x_{k+1} - x_*| \leq C \times 10^{-2k}, 0 \leq C < \infty.$$

Formula iterativă a lui Newton (1) poate fi obținută din dezvoltarea funcției $f(x)$ în seria Taylor în vecinătatea punctului x_k și trunchierea după termenul al doilea.

Se pune problema extinderii metodei lui Newton în vederea obținerii unui șir convergent către rădăcina x_* de ordinul trei de convergență. În lucrarea de față, ne propunem să explorăm un astfel de algoritm cu convergență cubică.

Metoda Newton modificată și rata de convergență

Considerăm ecuația $f(x) = 0$ care are o singură rădăcină în intervalul $[a, b]$. Se presupune că $f(x)$ este o funcție continuă de două ori derivabilă și $f'(x) \neq 0$ pentru $\forall x \in [a, b]$. Conform formulei lui Taylor pentru $\forall x, d \in \mathbb{R}$ avem

$$f(x_k + d) = f(x_k) + df'(x_k) + \frac{d^2}{2} f''(x_k) + O(d^2), \quad (2)$$

$$f'\left(x_k + \frac{d}{2}\right) = f'(x_k) + \frac{d}{2} f''(x_k) + O(d) \quad (3)$$

unde $O(t)$ – de același ordin de mărime t.

Din ultima relație (3), înmulțită cu d și formula (2) rezultă:

$$f(x_k + d) = f(x_k) + df'\left(x_k + \frac{d}{2}\right) + O(d^2), \quad (4)$$

Fie d_k rădăcina ecuației

$$f(x_k) + df'\left(x_k + \frac{d}{2}\right) = 0. \quad (5)$$

Din continuitatea derivatei $f'(x)$ și faptului că $f'(x) \neq 0, \forall x \in [a, b]$, din (5) rezultă că

$$d_k = -\frac{f(x_k)}{f'\left(x_k + \frac{d_k}{2}\right)}, k = 0,1,2, \cdots. \quad (6)$$

Astfel obținem metoda Newton modificată:

$$x_{k+1} = x_k + d_k \quad (7)$$

cu d_k definit de relația (6).

***Teoremă*.** Fie funcția $f(x)$are derivatele $f'(x)$ și $f''(x)$ care satisfac inegalitățile:

$$m = \min_{[a,b]} |f'(x)| > 0, 0 \leq M = \max_{[a,b} |f''(x)| < \infty. \quad (8)$$

Atunci metoda Newton modificată (7) converge către x_* oricare ar fi aproximarea inițială x_0 suficient de apropiată de x_*. În plus, eroarea este evaluată prin

$$|x_{k+1} - x_*| \leq C|x_k - x_*|^3. \quad (9)$$

***Demonstrație*.** Ecuația (5) cu ajutorul căreia se determină corecția d_k o putem pune sub forma echivalentă $d = \varphi(x_k, d)$, unde

$$\varphi(x_k, d) = -\frac{f(x_k)}{f'\left(x_k + \frac{d}{2}\right)}.$$

Luând în considerație (8), se constată cu ușurință că pentru $\forall d$ se îndeplinește condiția [3]:

$$|\varphi'(x_k, d)| \leq \frac{M}{2m^2} |f(x_k)|.$$

De aici se trage concluzia că ecuația $d = \varphi(x_k, d)$ are o soluție unică d_k dacă x_k satisface inegalitatea

$$|f(x_k)| < \frac{2m^2}{M}.$$

Putem arăta că $\lim_{k\to\infty} x_k = x_*$. Într-adevăr, ecuația $f(x) = 0$ se poate scrie $d(x) = 0$, unde

$$d(x) = -f(x) - f'\left(x + \frac{d(x)}{2}\right).$$

Se verifică imediat că $d'(x_*) = -1$. Prin urmare șirul de iterare $x_{k+1} = x_k + d(x_k)$ converge către rădăcina unică a ecuației $f(x) = 0$.

Să evaluăm acum eroarea care se comite în aproximarea rădăcinii x_* cu x_{k+1}. Pentru aceasta, să observăm că putem scrie

$$f'\left(x_k + \frac{d_k}{2}\right) d_k = f'\left(x_{k-1} + \frac{d_{k-1}}{2}\right) d_{k-1} - [f(x_k) - f(x_{k-1})].$$

Conform cu teorema lui Lagrange avem

$$f'\left(x_k + \frac{d_k}{2}\right) d_k = \left[f'\left(x_{k-1} + \frac{d_{k-1}}{2}\right) - f'(x_{k-1})\right] d_{k-1} - \frac{1}{2} d_{k-1}^2 f''(\xi_1),$$

$$f'\left(x_k + \frac{d_k}{2}\right) d_k = \frac{1}{2}[f''(\xi_2) - f''(\xi_1)] d_{k-1}^2$$

unde $\xi_1 = x_{k-1} + \theta_1 d_{k-1}, \xi_2 = x_{k-1} + \theta_2 d_{k-1}$ / 2, $0 \le \theta_1 \le 1$, $0 \le \theta_2 \le 1$.
Din cele de mai sus rezultă că, $|d_k| \le \lambda_k |d_{k-1}|^2$, unde

$$\lambda_k = \frac{|f''(\xi_2) - f''(\xi_1)|}{2m} \le \frac{L}{m}\left|\theta_1 - \frac{\theta_2}{2}\right| |d_{k-1}| = C|d_{k-1}|,$$

ceea ce ne arată că cel puțin pentru valori mari ale lui k, $|d_k| \le C|d_{k-1}|^3$. Teorema este demonstrată.

Algoritmul pentru metoda Newton Modificată

Pasul 1. Se alege aproximata inițială x_0 și precizia ε > 0.

Pasul 2. Se determină $d_0 = -\frac{f(x_0)}{f'(x_0)}$. Dacă $|d_0| < \varepsilon$, atunci STOP, x_0 - soluția aproximativă. În caz contrar se ia $k = 0$, se calculează: $x_1 = x_0 + d_0$ și se trece la Pasul 3.

Pasul 3. $k = k + 1$,

$$d_k = -\frac{f(x_k)}{f'\left(x_k + \frac{d_{k-1}}{2}\right)}$$

Dacă $|d_k|$ < ε, STOP, x_k - soluția aproximativă, altfel se trece la Pasul 4.

Pasul 4. Se determină $x_{k+1} = x_k + d_k$ și se trece la Pasul 3.

Rezultate numerice

Pentru a compara performanța Metodei Newton modificate cu Metoda clasică Newton au fost utilizate unele funcții și valorile inițiale din lucrările [4], [5]. S-a considerat $\varepsilon = 10^{-12}$

Tabelul 1

Performanța Metodei modificate Newton

Funcția	**Aproximația inițială x_0**	**Numărul de iterații k**		**Rădăcina r**
		MN	MNM	
$f_1(x) = x^3 + 4x^2 - 10$	$x_0 = 3$	$k = 6$	$k = 4$	$r \approx 1{,}365230013414097$
$f_2(x) = x^6 - x - 1$	$x_0 = 0$ $x_0 = 3$	$k = 7$ $k = 10$	$k = 5$ $k = 7$	$r \approx -0{,}77808958678601$ $r \approx 1{,}34724138401519$
$f_3(x) = sin^2(x) - x^2 + 1$	$x_0 = -3$	$k = 6$	$k = 4$	$r \approx -1.4044916482153$
$f_4(x) = xe^{x^2} - sin^2(x) + 3\cos(x) + 5$	$x_0 = -2$	$k = 8$	$k = 6$	$r \approx -1{,}207647827130919$
$f_5(x) = cos(x) - xe^x + x^2$	$x_0 = 2$	$k = 7$	$k = 5$	$r \approx 0{,}639154096332008$
$f_6(x) = e^{x^2+7x-30} - 1$	$x_0 = 3{,}5$	$k = 14$	$k = 9$	$r \approx 3$

Pentru a observa performanța Metodei Newton Modificate, în Tab. 1 sunt prezentate numărul de iterații *k* folosite pentru Metoda Newton (MN) și pentru Metoda Newton Modificată (MNM), împreună cu rădăcinile aproximative *r* obținute pentru fiecare funcție.

Observăm că Metoda Newton modificată necesită mai puține iterații pentru a converge către rădăcina unei funcții decât metoda Newton. Aceasta arată că convergența metodei Newton modificate este mai rapidă în comparație cu metoda clasică Newton în ceea ce privește aproximarea rădăcinii.

Concluzii

În încheiere menționăm că pot fi obținute și alte metode [5, 6] sugerate de înlocuirea funcției $f(x)$ cu suma primilor trei termini din dezvoltarea Taylor.

Metoda modificată Newton este mai puțin sensibilă la alegerea valorilor inițiale și poate permite în unele cazuri o convergență mai rapidă către rădăcină. Metoda cere calculul valorilor funcției $f(x)$ și ale derivate $f'(x)$. Este important de menționat că pentru a compara performanța diferitor metode se realizează în funcție de caracteristicile specifice ale problemei date, precizia necesară și stabilirea algoritmului. În genere, Metoda modificată Newton oferă o alternativă eficientă și cu o precizie mai mare. Cu toate acestea, este util de luat în considerare și alte opțiuni pentru a găsi cea mai bună soluție în contextul necesar.

Prin urmare, atunci când alegeți o metodă de rezolvare a ecuațiilor neliniare, se recomandă de luați în considerare natura problemei și caracteristicile metodei pentru a obține cea mai bună soluție posibilă.

Referinţe

[1] J. F. Traub. *Iterative Methods for the Solution of Equations*. Published by Prentice Hall, 1985.

[2] V. Moraru. *Metode numerice: manual*. Chișinău, Editura Tehnica UTM, 2024. -269 p.

[3] V. Moraru. *Numerical Methods of the Third Order Convergence*. Proceedings of the II International Conference on Microelectronics and Computer Science, October 30-31, 1997 (ICMCS-97), Chișinău, pp. 156-158.

[4] B. P. Sapkota, J.Jnawali. *New Variants of Newton's Method for Solving Nonlinear Equations*. European Journal of Pure and Applied Mathematics, vol. 16, no. 4, 2023, pp. 2419-2430.

[5] A. Goudjo, L. Kouye. *A New Modification of Newton Method with Cubic Convergence.* Advances in Pure Mathematics, 2021, 11, pp. 1-11.

[6] A. Zein. *A general family of fifth-order iterative methods for solving nonlinear equations.* European Journal of Pure and Applied Mathematics. vol. 16, no. 4, 2023, pp. 2323-2347.

ANALIZA COMPARATIVĂ A INSTRUMENTELOR DE MODELARE ÎN BAZA LIMBAJULUI UML

Cătălin DROGOMAN[1], Nina SAVA[2*]

[1]*Departamentul Ingineria Software și Automatică, TI-222, Facultatea Calculatoare Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova*
[2]*Departamentul Ingineria Software și Automatică, asistent universitar, Facultatea Calculatoare Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova*

*Autorul corespondent: Nina Sava, nina.sava@ati.utm.md

Coordonatorul științific **Nina SAVA**, asistentă universitară

Rezumat. *Această lucrare reprezintă o cercetare în domeniul aplicațiilor de modelare și proiectare a sistemelor informaționale, cu accent pe utilizarea softului Enterprise Architect. Inițial dezvoltat de Sparx Systems, Enterprise Architect a evoluat de la modelarea UML către suportul pentru multiple standarde de modelare, cum ar fi BPMN, SysML și ArchiMate. În decursul timpului, softul a fost dotat cu noi funcționalități, precum gestionarea cerințelor, simulare și analiză sau generarea codului.*
O evoluție importantă a constat în adoptarea soluțiilor bazate pe cloud, Enterprise Architect Cloud, care facilitează colaborarea în timp real între membrii echipei.
Abordarea de simulare și validare a comportamentului și interacțiunii sistemului înainte de implementare contribuie la asigurarea calității cerințelor stabilite față de sistem.
S-a efectuat o analiză comparativă cu alte aplicații, precum IBM Rational Software Architect, Sparx Systems Prolaborator (ProVision) și Visual Paradigm, în urma căreia s-au constat avantajele fiecărui soft în procesul de modelare a unui sistem informațional. Enterprise Architect poate fi utilizat în diverse contexte, de la dezvoltarea software la proiecte de inginerie mecanică sau electrică. Utilizarea acestor instrumente poate îmbunătăți comunicarea, înțelegerea și gestionarea proiectelor complexe într-o varietate de medii industriale.

Cuvinte cheie: *colaborare, enterprise architect, modelare, sistem informațional.*

Introducere

Într-o eră digitală aflată în continuă evoluție, dezvoltarea și gestionarea sistemelor informaționale devine un proces foarte important pentru dezvoltarea unui produs reușit. Pentru a facilita procesul de dezvoltare și pentru a asigura livrarea de produse și servicii de calitate, companiile se bazează pe instrumente avansate de modelare și proiectare. Trei dintre cele mai populare și puternice instrumente de modelare disponibile în prezent: Enterprise Architect, IBM Rational Software Architect și Visual Paradigm. Fiecare dintre aceste platforme oferă o gamă largă de funcționalități pentru a facilita procesele de modelare, proiectare și documentație în dezvoltarea sistemelor informaționale.

Formularea problemei

Softul Enterprise Architect (EA) [1] este un instrument de modelare care permite dezvoltatorilor și arhitecților de sistem să proiecteze și să gestioneze complexitatea sistemelor informatice și a proceselor de afaceri. Acesta este utilizat pentru documentarea, proiectarea și implementarea sistemelor într-o varietate de domenii de aplicare, inclusiv dezvoltarea de software, modelarea proceselor de afaceri și arhitectura sistemelor de informații figura 1.

Enterprise Architect suportă mai multe standarde de modelare, cum ar fi Unified Modeling Language (UML) [2], Business Process Model and Notation (BPMN), Systems Modeling Language (SysML) și altele. Acesta permite utilizatorilor să creeze modele vizuale ale sistemelor și proceselor lor, facilitând înțelegerea, analiza și comunicarea între membrii echipei și părțile interesate.

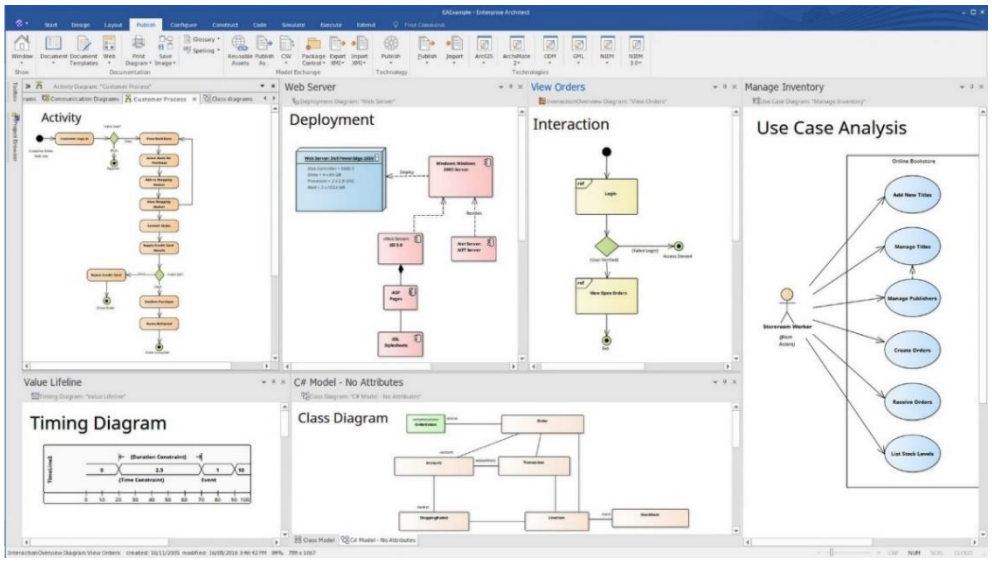


Figura 1. Interfața softului Enterprise Architect

Enterprise Architect oferă un set cuprinzător de instrumente pentru modelarea diagramelor UML (Unified Modeling Language), precum diagrama de clase, diagrama de activitate, diagrama de secvențe, diagrama de stare și multe altele. Acestea permit utilizatorilor să vizualizeze și să definească structura, comportamentul și interacțiunile sistemului într-un mod clar și intuitiv. Interfața grafică a Enterprise Architect permite utilizatorilor să creeze și să editeze modele folosind elemente grafice precum cutii, linii, forme geometrice etc. Acest lucru facilitează înțelegerea și comunicarea conceptelor complexe în cadrul echipei de dezvoltare sau cu alte părți interesate.

UML oferă un set bogat de diagrame și concepte care permit dezvoltatorilor să analizeze și să proiecteze sisteme complexe într-un mod structurat și metodologic. De exemplu, diagrama de clase poate fi folosită pentru a modela structura statică a sistemului, diagrama de secvențe pentru a modela interacțiunile între obiecte în timp, iar diagrama de activitate pentru a modela fluxurile de lucru și procesele.

Comunicare și înțelegere

Diagramele UML le permite membrilor echipei să comunice și să înțeleagă conceptele și structura sistemului într-un mod vizual și intuitiv. Prin utilizarea elementelor grafice standardizate, precum clase, obiecte, relații etc., membrii echipei pot comunica clar și eficient despre arhitectura și funcționalitățile sistemului.

Simulare și Validare

Diagramele UML le permite utilizatorilor să simuleze și să valideze comportamentul și interacțiunile sistemului înainte de implementare. Prin utilizarea uneltelor de simulare disponibile în Enterprise Architect, dezvoltatorii pot evalua și testa diferite scenarii și configurații ale sistemului pentru a se asigura că acesta îndeplinește cerințele și specificațiile stabilite

Importanța diagramelor UML

1. **Proiectare și planificare:** În faza de proiectare a unui sistem software, diagramelor UML le revine rolul de a defini și de a modela arhitectura și structura sistemului. Acestea pot fi utilizate pentru a identifica relațiile dintre diferitele componente și pentru a planifica implementarea.
2. **Documentare:** Diagramelor UML le revine și un rol important în documentarea sistemelor software. Ele oferă o reprezentare vizuală a sistemului și a funcționalităților acestuia, ceea ce face documentarea mai accesibilă și mai ușor de înțeles pentru cei care trebuie să lucreze cu sistemul în viitor.

3. **Testare și analiză:** În timpul testării software-ului, diagramelor UML le revine rolul de a identifica și de a analiza comportamentul sistemului și interacțiunile dintre diferitele componente. Acestea pot fi utilizate pentru a ghida procesul de testare și pentru a identifica eventualele probleme sau erori de implementare.
4. **Refactorizare și îmbunătățire continuă:** Diagramelor UML le revine un rol important în procesul de refactorizare și îmbunătățire continuă a sistemelor software. Ele pot fi utilizate pentru a identifica și a evalua diferitele opțiuni de îmbunătățire și pentru a ghida procesul de refactorizare în mod eficient.
5. **Înțelegerea și gestionarea cerințelor:** Diagramelor UML le revine rolul de a ajuta la înțelegerea și gestionarea cerințelor sistemului. Ele pot fi utilizate pentru a vizualiza și a analiza cerințele sistemului și pentru a asigura că acestea sunt îndeplinite în implementare.

Programe alternative

IBM Rational Software Architect (RSA)

- **Descriere:** IBM Rational Software Architect [3] este o soluție avansată de modelare și proiectare care suportă dezvoltarea de aplicații, integrarea sistemelor și arhitectura orientată pe servicii (SOA) (figura 2). RSA facilitează modelarea UML și are capacități puternice de generare a codului, testare și analiză. Este destinat pentru a ajuta organizațiile să reducă complexitatea, să gestioneze riscul și să accelereze dezvoltarea prin utilizarea de modele vizuale.

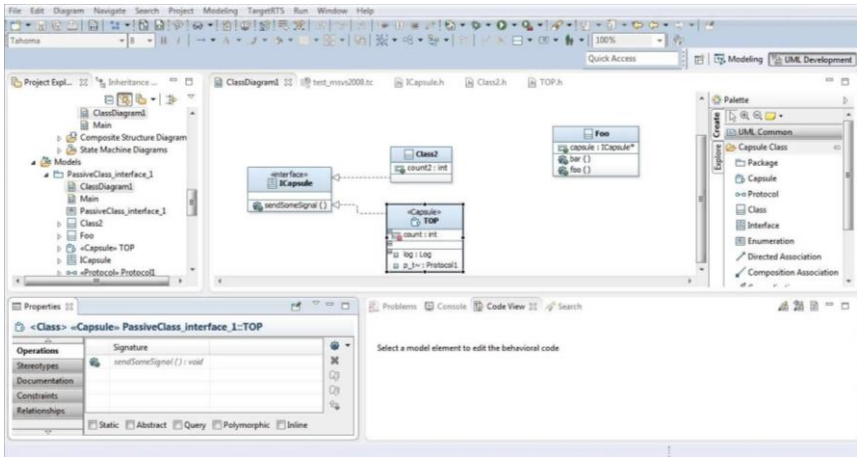


Figura 2. Interfața softului IBM Rational Software Architect (RSA) [3]

- **Caracteristici principale**: Suportă modelare UML, BPMN, design orientat pe servicii (SOA), integrare cu alte instrumente IBM și generare de cod pentru mai multe limbaje de programare. Oferă, de asemenea, funcționalități pentru analiza impactului schimbărilor și refactorizare.

Sparx Systems Prolaborator (ProVision):

- **Descriere:** Sparx Systems [4], creatorul Enterprise Architect, oferă și o altă aplicație numită Prolaborator (figura 3) (cunoscut anterior sub numele de ProVision). Asemenea Enterprise Architect, Prolaborator oferă suport pentru diverse standarde de modelare precum UML, BPMN, ArchiMate etc., și oferă funcționalități pentru gestionarea cerințelor, analiză, generare de cod etc. Este o alternativă la Enterprise Architect, dezvoltată de aceeași companie și destinată acelorași scopuri de modelare și proiectare.
- **Caracteristici principale:** Suport pentru diverse standarde de modelare (cum ar fi UML, BPMN, ArchiMate etc.), funcționalități extinse pentru modelare și proiectare,

gestionarea cerințelor, analiză, generare de cod, colaborare în echipă, integrare cu alte unelte de dezvoltare și management al proiectelor [5].

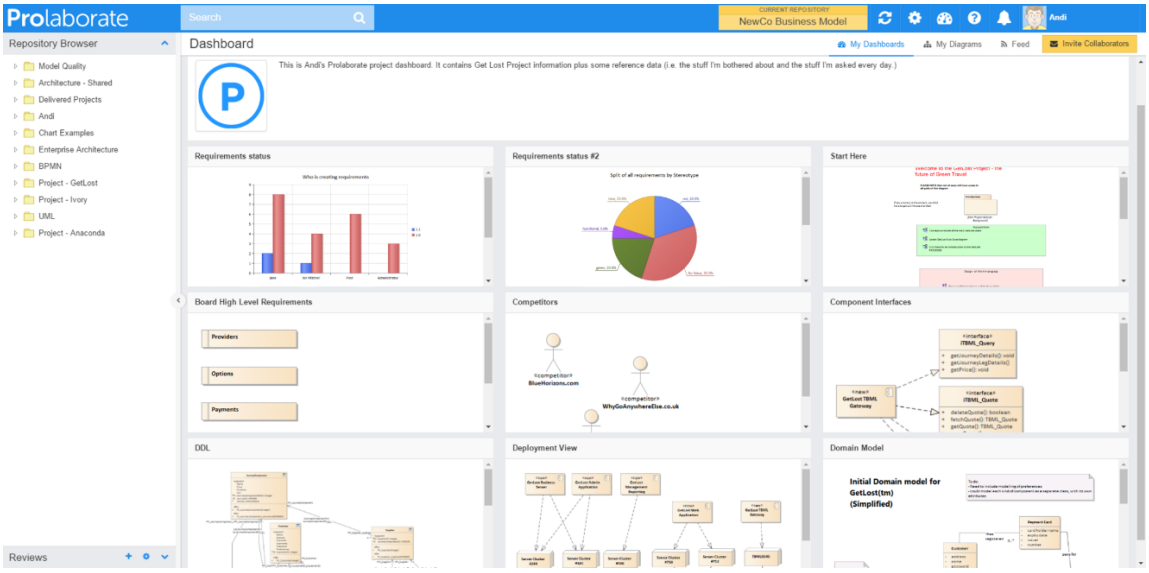


Figura 3. Interfața softului Sparx Systems Prolaborator [4]

Visual Paradigm:

- **Descriere:** Visual Paradigm este o altă aplicație puternică de modelare și proiectare utilizată în industria software și în alte domenii tehnice (figura 4). Această platformă oferă o gamă largă de funcționalități pentru modelarea și analiza sistemelor, inclusiv suport pentru UML, BPMN, ArchiMate, SysML și alte standarde de modelare. Visual Paradigm include, de asemenea, funcționalități pentru gestionarea cerințelor, analiza și simularea sistemelor, generarea de cod și integrare cu alte unelte de dezvoltare și management al proiectelor [6].
- **Caracteristici principale:** Suport pentru diverse standarde de modelare (cum ar fi UML, BPMN, ArchiMate, SysML etc.), funcționalități extinse pentru modelare și proiectare, gestionarea cerințelor, analiză, simulare, generare de cod, integrare cu alte unelte de dezvoltare și management al proiectelor, colaborare în echipă și gestionare a versiunilor.

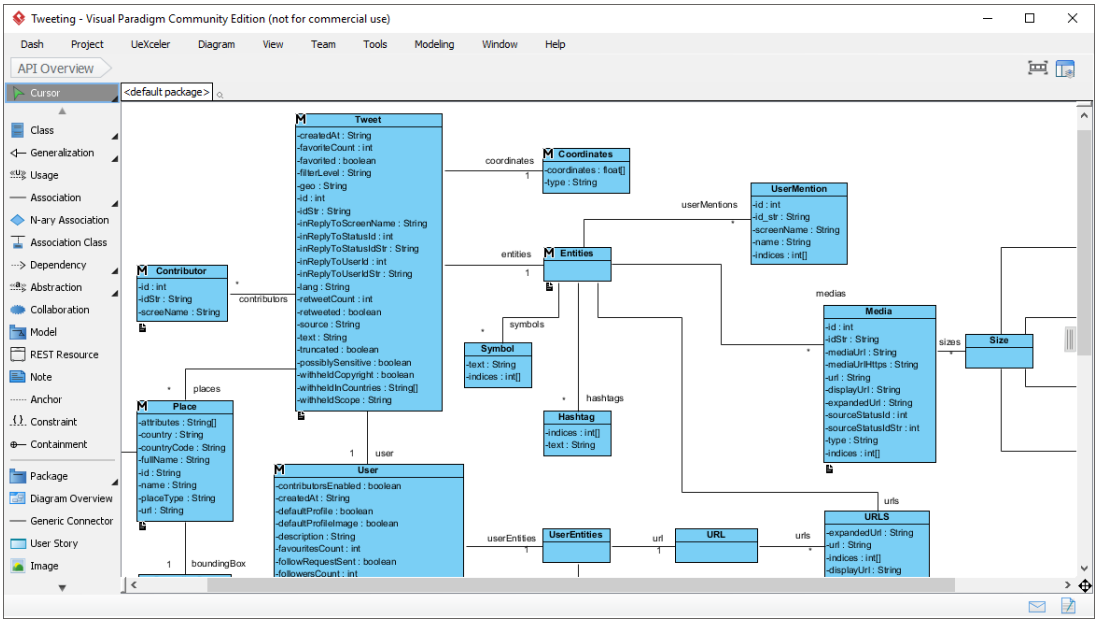


Figura 4. Interfața softului Visual Paradigm [6]

Criterii de comparare a instrumentelor

În urma unei analize comparative a softurilor de modelare a sistemelor, au fost identificate câteva criterii de comparație menționate în Tabelul 1.

Suport pentru standarde de modelare: toate cele patru aplicații oferă suport pentru diverse standarde de modelare, precum UML, BPMN, SysML și altele. Acest lucru le face utile pentru diverse tipuri de proiecte și industrii.

Funcționalități extinse pentru modelare și proiectare: toate aplicațiile oferă un set cuprinzător de funcționalități pentru modelarea și proiectarea sistemelor, inclusiv diagramare, gestionarea cerințelor, analiză, simulare, generare de cod etc. Aceste funcționalități permit utilizatorilor să modeleze și să proiecteze sisteme complexe într-un mod eficient și eficace.

Colaborare în echipă și gestionare a versiunilor: toate aplicațiile oferă funcționalități pentru colaborare în echipă și gestionare a versiunilor, facilitând colaborarea și partajarea modelelor între diferiți membri ai echipei de dezvoltare. Aceste funcționalități sunt esențiale în medii de lucru distribuite și pentru proiecte mari și complexe.

Tabelul 1

Analiza comparativă a instrumentelor

Caracteristică	Enterprise Architect	IBM Rational Software Architect	Visual Paradigm	Sparx Systems Prolaborator (ProVision)
Suport pentru standarde de modelare	UML, BPMN, SysML, ArchiMate, altele	UML, BPMN, SysML, altele	UML, BPMN, ArchiMate, SysML, altele	UML, BPMN, ArchiMate, altele
Funcționalități extinse pentru modelare și proiectare	Instrumente complete pentru modelare UML, gestionarea cerințelor, analiză, simulare, generare de cod	Modelare și proiectare, analiză, generare de cod, gestionare a arhitecturii	Modelare și proiectare, analiză, simulare, generare de cod, gestionare a arhitecturii, integrare cu alte unelte	Modelare și proiectare, gestionare cerințe, analiză, simulare, generare de cod
Gestionarea cerințelor	Instrumente pentru gestionarea cerințelor pe tot parcursul proiectului	Instrumente pentru gestionarea și urmărirea cerințelor în timp real	Facilități pentru gestionarea și analizarea cerințelor	Instrumente pentru gestionarea și analizarea cerințelor
Generare de cod	Capacități de generare automată a codului din modele	Funcționalități pentru generarea automată a codului	Unelte pentru generarea automată a codului	Capacități pentru generarea automată a codului
Colaborare în echipă	Capacități pentru colaborarea în timp real și gestionarea proiectelor	Funcționalități pentru colaborarea în echipă și gestionarea proiectelor	Facilități pentru colaborarea și gestionarea proiectelor	Capacități pentru colaborarea și gestionarea proiectelor

Domenii de utilizare

Enterprise Architect a dovedit o popularitate remarcabilă într-o gamă largă de industrii și este utilizat de mii de companii în întreaga lume. De la organizații multinaționale mari și bine-cunoscute, până la companii independente mai mici și consultanți, Enterprise Architect a devenit un instrument preferat de modelare UML pentru dezvoltatori, consultanți și analiști în peste 130 de țări. Software-ul Sparx este utilizat în dezvoltarea unei varietăți de sisteme software într-o gamă largă de industrii, printre care se numără:

1. Aeronautică și spațiu
2. Bănci și finanțe
3. Inginerie electrică
4. Medicină
5. Cercetare și academie
6. Transport

Concluzii

Softurile Enterprise Architect, IBM Rational Software Architect și Visual Paradigm sunt instrumente esențiale în domeniul dezvoltării software și al ingineriei sistemelor, oferind o bază solidă pentru modelare, proiectare și documentație. Ele facilitează comunicarea eficientă între membrii echipei, îmbunătățesc calitatea produselor prin analiză precoce și simulare, și sporesc eficiența dezvoltării și a mentenanței prin generarea de cod și suport pentru refactorizare. Alegerea între aceste instrumente ar trebui să se bazeze pe nevoile specifice ale proiectului, preferințele utilizatorilor și cerințele de integrare, subliniind importanța adaptabilității și colaborării în procesele moderne de dezvoltare software.

Surse bibliografice:

[1] *Enterprise Architect (software)*. (2024, March 28). https://en.wikipedia.org/wiki/Enterprise_Architect_(software)
[2] *What is UML | Unified Modeling Language*. (n.d.). https://www.uml.org/what-is-uml.htm
[3] *Rational Software Architect Designer | IBM*. (n.d.). https://www.ibm.com/products/rational-software-architect-designer
[4] *Prolaborate User Guide - Prolaborate*. (2024, March 29). Prolaborate -. https://prolaborate.sparxsystems.com/documentation/v5-documentation/
[5] Mohamed, N. (2020, June 22). *Introduction to Sparx Systems Prolaborate*. https://www.linkedin.com/pulse/introduction-sparx-systems-prolaborate-nizam-mohamed/
[6] *Visual Paradigm user's guide*. (n.d.). https://www.visual-paradigm.com/support/documents/vpuserguide.jsp

SINTEZA REGULATOARELOR TIPIZATE LA OBIECTE CU INERȚIE PENTRU SISTEME DE REGLARE AUTOMATĂ CU GRAD MAXIMAL DE STABILITATE

Nadejda PALAMARCIUC

Departamentul Ingineria Software și Automatică, Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

Autorul corespondent: Nadejda Palamarciuc, e-mail: nadejda.popovici@ati.utm.md

Îndrumătorul/coordonatorul științific: **Ion FIODOROV**, doctor, Universitatea Tehnică a Moldovei

Rezumat. *S-a propus de realizat o metodă de sinteză pentru regulatoarelor tipizate a sisteme de reglare automată (SRA) folosind metoda grad maximal de stabilitate. Metoda elaborată reprezintă proceduri analitice simple, care se reduc la utilizarea ecuațiilor algebrice, fiind necesar un volum redus de calcule, aceasta exclude de a impune unele restricţii asupra obiectelor reglate și se poate aplica pentru modele de obiecte cu inerție de ordin arbitrar, astatism și timp mort. În cadrul studiului de caz, în urma aplicării metodei gradului maximal de stabilitate, au fost elaborați algoritmi analitici de sinteză pentru regulatorul P, PI și PID pentru modelul de obiect cu inerție de ordinul patru. S-au apreciat performanțele sistemului proiectat după metoda gradului maximal de stabilitate şi s-au comparat cu performanțele obținute în rezultatul sintezei după alte metode cunoscute. Astfel, în comparație cu alte metode de sinteză a regulatoarelor, metoda și algoritmii propuși oferă sistemelor proiectate un grad maximal de stabilitate și performanțe ridicate, rezultând procese tranzitorii aperiodice. Algoritmii elaborați pot fi utilizați atât pentru sinteza sistemelor automate convenționale, cât și pentru sinteza sistemelor automate cu auto-acordare și sistemelor adaptive.*

Cuvinte cheie: *sistem de reglare automată, obiect de reglare, regulatoare tipizate, sinteza regulatoarelor, criteriul gradului maximal de stabilitate.*

Introducere

Una din problemele conducerii automate este sintezei regulatorului, care presupune proiectarea sau alegerea unui algoritm de reglare (structura regulatorului) şi determinarea parametrilor optimali, astfel să obținem şi să menţinem obiectivul conducerii şi să fie satisfăcute cerinţele de performanţă impuse sistemului automat [1-3].

Un interes sporit îl prezintă metodele și algoritmii analitici de sinteză a regulatoarelor, bazaţi pe expresii algebrice, care ar stabili legătura directă dintre performanţele sistemului de reglare automată proiectat şi parametrii sintetizaţi ai regulatorului, iar unul din criteriile de perspectivă, în acest sens, poate fi criteriul gradului maximal de stabilitate. În raport cu acest criteriu, introducem noțiunea de grad maximal de stabilitate J și ecuația caracteristică se transcrie prin împărțirea ei în n factori liniari. Valoarea optimală a parametrilor de acord, în sensul asigurării gradului maximal de stabilitate J, se determină în urma egalării coeficienților cu aceeași indici a acestor ecuații. După unele transformări se determină valoarea gradului maximal de stabilitate şi expresiile analitice de calcul a parametrilor de acord ai regulatorului sintetizat [4-6].

În lucrare se propune elaborarea algoritmilor analitici, bazați pe expresii algebrice, pentru sinteza regulatoarelor tipizate PID și variațiile lui pentru modele de obiecte cu inerție de ordinul patru folosind criteriul gradului maximal de stabilitate.

1. Algoritmul de sinteză a regulatoarelor tipizate pentru sisteme de reglare automată cu grad maximal de stabilitate

Problema sintezei sistemelor de reglare automată (SRA) cu grad maximal de stabilitate se formulează în felul următor [4-6]. Se consideră o structură convenţională de sistem de reglare automată (SRA) (Fig. 1), care include obiectul reglat cu inerţie, cu parametrii cunoscuţi

$$H_F(s) = \frac{k}{a_0 s^r + a_1 s^{r-1} + \ldots + a_{r-1} s + a_r} \quad (1)$$

şi regulatorul tipizat PID, care se defineşte folosind următoarele funcţii de transfer

$$H_R(s) = k_p + \frac{k_i}{s} + k_d s = \frac{k_i + k_p s + k_d s^2}{s} = \frac{b_1 + b_2 s + b_3 s^2}{s}, \quad (2)$$

unde k_p, k_i, k_d şi $b_j, (j = 1, \ldots, m)$ sunt parametrii dinamici de acord ai regulatorului.

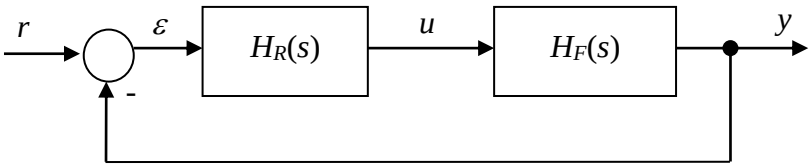


Figura 1. Schema bloc structurală a sistemului automat

Este necesar să se determine vectorul parametrilor dinamici de acord b_j ai regulatorului, astfel să asigurăm parametrii cunoscuți ai obiectului valoarea maximală a gradului de stabilitate al sistemului

$$\eta_m = max\, \eta\,(b_j) j = 1, \ldots, m,$$

unde η_m este gradul maximal de stabilitate (GMS); η - gradul de stabilitate al SRA.

Numărul parametrilor de acord m ai regulatorului au fost aleși din considerentele satisfacerii condiţiilor de stabilitate Hurwitz şi trebuie să îndeplinească condiţia $m \leq n - 1$, unde n - gradul ecuaţiei caracteristice a sistemului proiectat.

Pentru aplicații practice s-a elaborat următorul algoritm de sinteză pentru regulatoarele tipizate la obiecte cu inerție și timp mort pentru SRA cu grad maximal de stabilitate [7-9]:

1. Se dă modelul matematic al obiectului reglat cu parametrii cunoscuți.
2. Se alege algoritmul de reglare *u(t)*.
3. Se determină funcţia de transfer a SRA în circuit închis.
4. Se obţine ecuația caracteristică a sistemului în buclă închisă

$$A_n(p, b_j) = \sum_{i=0}^{n} a_i p^{n-i} + k \sum_{j=1}^{m} b_j p^{j-1} =$$

$$= d_0 p^n + d_1 p^{n-1} + \ldots + d_{n-m} p^m + \ldots + d_{n-1} p + d_n = 0,$$

unde b_j sunt parametrii dinamici de acord ai regulatorului; m - numărul parametrilor de acord, n - gradul ecuaţiei caracteristice.

5. Se verifică condiţia $m \leq (n - 1)$:

dacă condiţia se îndeplineşte, atunci se trece la pasul următor,

dacă condiţia nu se îndeplineşte, atunci procedura de sinteză se reia de la început cu un alt algoritm de reglare.

6. Se introduce noţiunea de grad maximal de stabilitate J şi, utilizând substituţia $p_i = -J \pm j\omega_k$, ecuaţia caracteristică a sistemului de reglare automată se descompune în n factori liniari

$$A_n(p) = d_0 \prod_{k=1}^{l} (p - j\omega_k + J)(p + j\omega_k + J) \prod_{i=1}^{z} (p + J) =$$

$$= q_0 p^n + q_1 p^{n-1} + \ldots + q_{n-1} p + q_n = 0,$$

unde l - numărul perechilor de rădăcini complexe conjugate; z - numărul de rădăcini reale; $n = 2l + z$ - gradul ecuației caracteristice a SRA proiectat.

7. Din egalitatea $d_{n-m}(a_i) = q_{n-m}(a_0, J, \omega_k), \omega_k = 0$, se obține expresia pentru determinarea gradului maximal de stabilitate J al SRA proiectat

$$J = \sqrt[n-m]{\frac{d_{n-m}}{c_{n-m}d_0}},$$

unde $c_{n-m} = c_n^m = \frac{n(n-1)(n-2)\ldots(n-m+1)}{m!}$.

8. Utilizând egalitățile $d_i(k, a_i, b_j) = q_i(a_0, J, \omega_k), i = (n-(m-1), \ldots, n)$, se determină expresiile pentru calculul parametrilor de acord ai regulatorului tipizat ales $b_j = f_j(k, a_0, a_i, J, \omega_k), j = (1, \ldots, m)$, unde parametrii liberi ω_k reprezintă părțile imaginare ale perechilor de rădăcini complexe ale ecuației caracteristice a sistemului sintetizat cu regulatorul respectiv.

9. Verificarea prin simulare pe calculator a performanțelor SRA proiectat. Dacă performanțele impuse sistemului sunt satisfăcute, atunci procedura de acordare s-a încheiat, iar dacă performanțele impuse nu sunt satisfăcute, atunci procedura se reia de la început cu alt tip de algoritm de reglare.

2. Sinteza regulatoarelor tipizate la obiecte cu inerție de ordinul patru pentru sisteme de reglare automată cu grad maximal de stabilitate

Presupunem că obiectul reglat se descrie cu funcția de transfer a elementului cu inerție de ordinul patru

$$H_F(s) = \frac{k}{(T_1 s+1)(T_2 s+1)(T_3 s+1)(T_4 s+1)} = \frac{k}{a_0 s^4 + a_1 s^3 + a_2 s^2 + a_3 s + a_4}, \quad (3)$$

unde k este coeficientul de transfer al obiectului; T_1, T_2, T_3, T_4 - constantele de timp; $a_0 = T_1T_2T_3T_4$; $a_1 = T_1T_2T_3 + T_1T_2T_4 + T_1T_3T_4 + T_2T_3T_4$; $a_2 = T_1T_2 + T_1T_3 + T_2T_3 + T_1T_4 + T_2T_4 + T_3T_4$; $a_3 = T_1 + T_2 + T_3 + T_4$; $a_4 = 1$.

Este necesar de a sintetiza regulatoarele liniare tipizate P, PI și PID la obiectul reglat (3) pentru SRA cu grad maximal de stabilitate.

Funcțiile de transfer ale sistemului în buclă închisă, alcătuit din obiectul reglat și regulatoarele respective, se prezintă după cum urmează

pentru SRA cu regulatorul P

$$H_1(s) = \frac{kk_p}{a_0 s^4 + a_1 s^3 + a_2 s^2 + a_3 s + a_4 + kk_p}, \quad (4)$$

pentru SRA cu regulatorul PI

$$H_2(s) = \frac{kk_p s + kk_i}{a_0 s^5 + a_1 s^4 + a_2 s^3 + a_3 s^2 + (a_4 + kk_p)s + kk_i}, \quad (5)$$

pentru SRA cu regulatorul PID

$$H_3(s) = \frac{kk_d s^2 + kk_p s + kk_i}{a_0 s^5 + a_1 s^4 + a_2 s^3 + (a_3 + kk_d)s^2 + (a_4 + kk_p)s + kk_i}, \quad (6)$$

unde k_p, k_i și k_d sunt parametrii dinamici de acord ai regulatoarelor tipizate P, PI, PID.

Din expresiile (4)-(6) se obțin ecuațiile caracteristice ale SRA cu regulatoarele respective

Pentru SRA cu regulatorul P

$$A_1(p) = a_0 p^4 + a_1 p^3 + a_2 p^2 + a_3 p + a_4 + kk_p =$$
$$= d_0 p^4 + d_1 p^3 + d_2 p^2 + d_3 p + d_4 = 0, \quad (7)$$

unde $d_0 = a_0; d_1 = a_1; d_2 = a_2; d_3 = a_3; d_4 = a_4 + kk_p$.

Pentru SRA cu regulatorul PI

$$A_2(p) = a_0p^5 + a_1p^4 + a_2p^3 + a_3p^2 + (a_4 + kk_p)p + kk_i =$$
$$= d_0p^5 + d_1p^4 + d_2p^3 + d_3p^2 + d_4p + d_5 = 0, \quad (8)$$

unde $d_0 = a_0; d_1 = a_1; d_2 = a_2; d_3 = a_3; d_4 = a_4 + kk_p; d_5 = kk_i.$

Pentru SRA cu regulatorul PID

$$A_3(p) = a_0p^5 + a_1p^4 + a_2p^3 + (a_3 + kk_d)p^2 + (a_4 + kk_p)p + kk_i =$$
$$= d_0p^5 + d_1p^4 + d_2p^3 + d_3p^2 + d_4p + d_5 = 0, \quad (9)$$

unde $d_0 = a_0; d_1 = a_1; d_2 = a_2; d_3 = a_3 + kk_d; d_4 = a_4 + kk_p; d_5 = kk_i.$

A fost introdusă noţiunea de grad maximal de stabilitate J şi, substiind $p_i = -J \pm j\omega_k$, astfel ecuaţia caracteristică a SRA se devide în n factori liniari

Pentru SRA cu regulatorul P

$$A_1(p) = a_0[(p+J)^2 + \omega_1^2][(p+J)^2 + \omega_2^2] = a_0[p^4 + 4Jp^3 + (6J^2 + \omega_1^2 + \omega_2^2)p^2 +$$
$$+2J(2J^2 + \omega_1^2 + \omega_2^2)p + J^4 + J^2(\omega_1^2 + \omega_2^2) + \omega_1^2\omega_2^2] =$$
$$= q_0p^4 + q_1p^3 + q_2p^2 + q_3p + q_4 = 0, \quad (10)$$

unde $q_0 = a_0; q_1 = 4a_0J; q_2 = a_0(6J^2 + \omega_1^2 + \omega_2^2);$
$q_3 = 2a_0J(2J^2 + \omega_1^2 + \omega_2^2); q_4 = a_0(J^4 + J^2(\omega_1^2 + \omega_2^2) + \omega_1^2\omega_2^2).$

Pentru SRA cu regulatorul PI şi PID

$$A_2(p) = A_3(p) = a_0[(p+J)^2 + \omega_1^2][(p+J)^2 + \omega_2^2][p+J] =$$
$$= a_0[p^5 + 5J_0p^4 + (10J_0^2 + \omega_1^2 + \omega_2^2)p^3 + (10J_0^3 + 3J_0(\omega_1^2 + \omega_2^2))p^2 +$$
$$+(5J_0^4 + 3J_0^2(\omega_1^2 + \omega_2^2) + \omega_1^2\omega_2^2)p + J_0^5 + J_0^3(\omega_1^2 + \omega_2^2) + \omega_1^2\omega_2^2] =$$
$$= q_0p^5 + q_1p^4 + q_2p^3 + q_3p^2 + q_4p + q_5 = 0, \quad (11)$$

unde $q_0 = a_0; q_1 = 5a_0J_0; q_2 = a_0(10J_0^2 + \omega_1^2 + \omega_2^2); q_3 = a_0(10J_0^3 + 3J_0(\omega_1^2 + \omega_2^2));$
$q_4 = a_0(5J_0^4 + 3J_0^2(\omega_1^2 + \omega_2^2) + \omega_1^2\omega_2^2); q_5 = a_0(J_0^5 + J_0^3(\omega_1^2 + \omega_2^2) + \omega_1^2\omega_2^2).$

Folosind egalitatea $d_{n-m}(a_i) = q_{n-m}(a_0, J, \omega_k)$, pentru $\omega_k = 0$, se obţin expresiile pentru determinarea gradului maximal de stabilitate J al sistemului de reglare automată proiectat cu regulatorul respectiv

pentru SRA cu regulatorul P din (7) şi (10)

$$J = \sqrt[3]{\frac{a_3}{4a_0}}, \quad (12)$$

pentru SRA cu regulatorul PI din (8) şi (11)

$$J = \sqrt[3]{\frac{a_3}{10a_0}}, \quad (13)$$

pentru SRA cu regulatorul PID din (9) şi (11)

$$J = \sqrt{\frac{a_2}{10a_0}}. \quad (14)$$

Utilizând egalităţile $d_i(k, a_i, b_j) = q_i(a_0, J, \omega_k), i = ((n-(m-1)), \ldots, n), j = 1, \ldots, m$, s-a determinat expresiile pentru calculul parametrilor de acord pentru regulatorului tipizat respectiv

Pentru regulatorul P din (7) şi (10)

$$k_p = (1/k)[a_0J^4 + a_0J^2(\omega_1^2 + \omega_2^2) + a_0\omega_1^2\omega_2^2 - a_4], \quad (15)$$

unde parametrii liberi ω_1 şi ω_2 reprezintă părţile imaginare ale perechilor de rădăcini complexe ale ecuaţiei caracteristice a sistemului sintetizat cu regulatorul P $p_{1,2} = -J \pm \omega_1$, $p_{3,4} = -J \pm \omega_2$.

Pentru regulatorul PI din (8) şi (11)

$$k_p = (1/k)[5a_0J^4 + 3a_0J^2(\omega_1^2 + \omega_2^2) + a_0\omega_1^2\omega_2^2 - a_4]; \quad (16)$$
$$k_i = (1/k)[a_0J^5 + a_0J^3(\omega_1^2 + \omega_2^2) + a_0J\omega_1^2\omega_2^2],$$

unde parametrii liberi ω_1 şi ω_2 reprezintă părţile imaginare ale perechilor de rădăcini complexe conjugate ale ecuaţiei caracteristice a sistemului sintetizat cu regulatorul PI $p_{1,2} = -J \pm \omega_1$, $p_{3,4} = -J \pm \omega_2$, $p_5 = -J$.

Pentru regulatorul PID din (9) şi (11)

$$k_p = (1/k)[5a_0J^4 + 3a_0J^2(\omega_1^2 + \omega_2^2) + a_0\omega_1^2\omega_2^2 - a_4];$$
$$k_i = (1/k)[a_0J^5 + a_0J^3(\omega_1^2 + \omega_2^2) + a_0J\omega_1^2\omega_2^2]; \quad (17)$$
$$k_d = (1/k)[10a_0J^3 + 3a_0J(\omega_1^2 + \omega_2^2) - a_3],$$

unde parametrii liberi ω_1 şi ω_2 reprezintă părţile imaginare ale perechilor de rădăcini complexe conjugate ale ecuaţiei caracteristice a sistemului sintetizat cu regulatorul PID $p_{1,2} = -J \pm \omega_1$, $p_{3,4} = -J \pm \omega_2$, $p_5 = -J$.

3. Studiu de caz și simulare pe calculator

Cu scopul argumentării aplicabilităţii, eficacităţii şi calităţii metodei propuse de sinteză folosind regulatoarelor tipizate pentru proiectarea sistemelor de reglare automată folosind metoda grad maximal de stabilitate, se prezintă un studiu de caz, în cadrul căruia se apreciază performanţele sistemului de reglare automată proiectat în conformitate cu metoda gradului maximal de stabilitate şi se compară cu performanţele obţinute în rezultatul sintezei după alte metode cunoscute: Ziegler Nichols și Optimizării Parametrice [3].

Considerăm că procesul tehnologic este caracterizat de un model al unui obiect cu inerție de ordinul al patrulea cu parametri cunoscuți.

$$H_F(s) = \frac{k}{(T_1s+1)(T_2s+1)(T_3s+1)(T_4s+1)} = \frac{4}{(2s+1)(4s+1)(5s+1)(7s+1)}, \quad (18)$$

unde k - este coeficientul de transfer, T_1, T_2, T_3, T_4 - constantele temporale ale obictului.

Se formulează problema sintezei regulatoarelor de tip P, PI și PID la obiectul reglat (18). Sinteza regulatoarelor folosind metoda gradului maximal de stabilitate se efectuează în baza algoritmilor analitici elaborați (12)-(17). Rezultatele sintezei sunt expuse în Tab. 1.

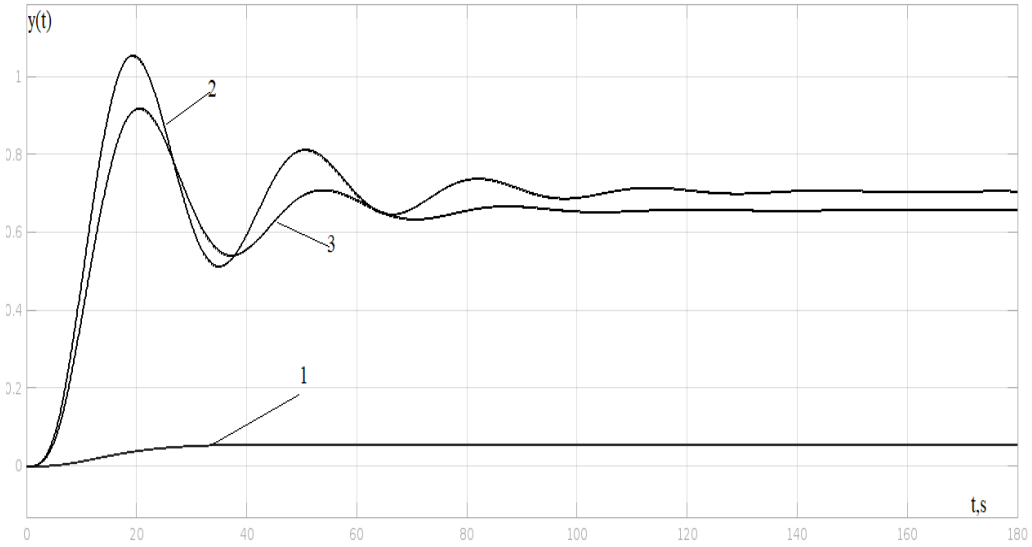
Tabelul 1

Rezultatele sintezei regulatoarelor la obiectul (18)

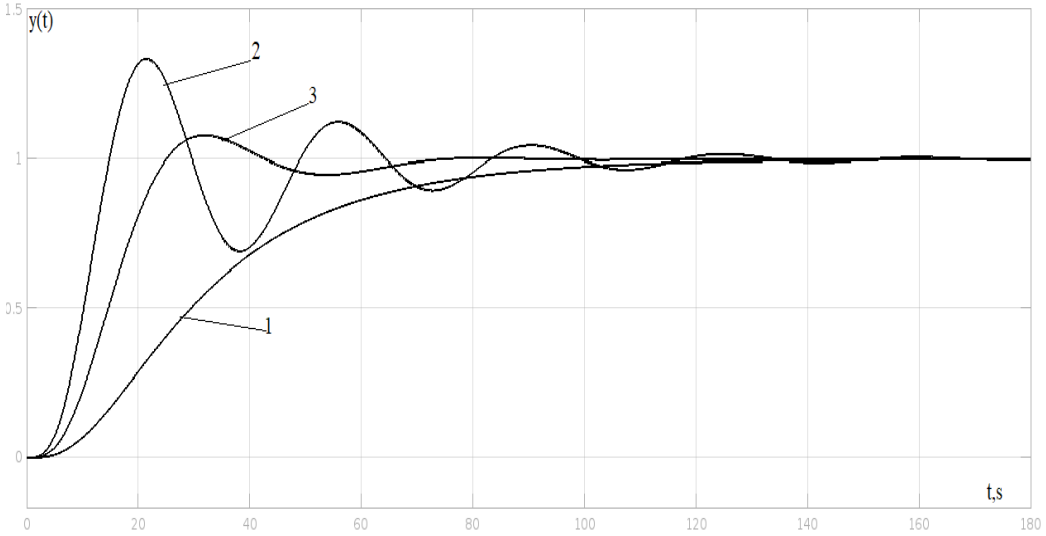
Nr. crt.	Metoda de sinteză	Tipul regulatorului					
		P	PI		PID		
		k_p	k_p	k_i	k_p	k_i	k_d
		J=0.016	*J=0.087*		*J=0.13*		
1.	Metoda gradului maximal de stabilitate	0,0015	0,061	0,007	0,16	0,013	0,5
2.	Metoda Ziegler Nichols	0,60	0,54	0,024	0,72	0,056	2,30
3.	Optimizarea parametrică	0,48	0,233	0,017	0,50	0,032	1,95

Procesele tranzitorii ale sistemului proiectat sunt prezentate în Fig. 2. Curbele au fost numerotate corespunzător metodelor din Tab. 1.

Regulator P



Regulator PI



Regulator PID

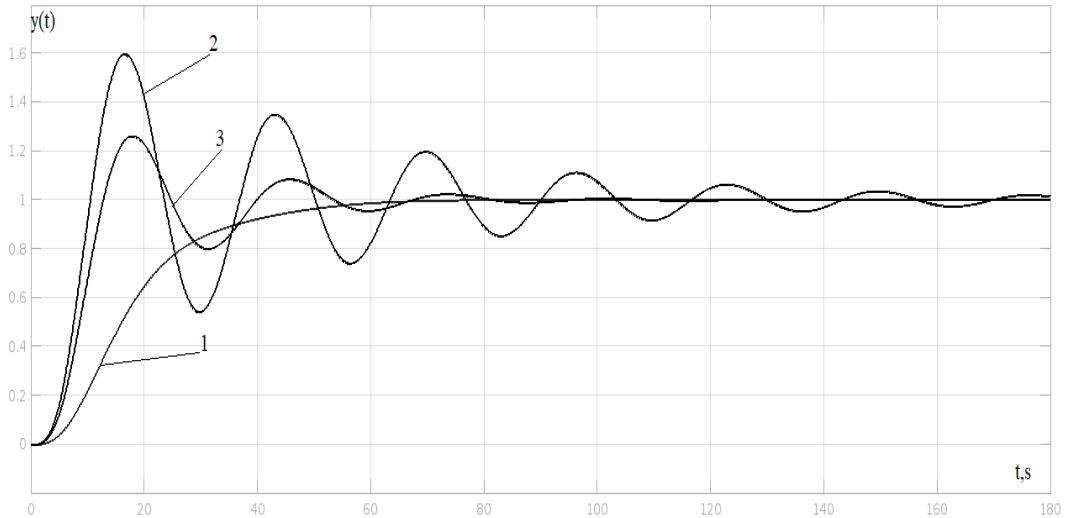


Figura 2. Procesele tranzitorii ale sistemului automat

Pe baza rezultatelor simulării au fost estimate performanțele sistemului pentru $\varepsilon_{st} = \pm 5\%$ din y_{st}, prezentate în tabelul 2.

Tabelul 2

Performanțele SRA cu obiectul (18), obținute în rezultatul simulării

Nr. ctr.	Metoda de sinteză	Tipul regulatorului	Performanțele sistemului		
			t_c, s	t_r, s	σ, %
1.	Gradul maximal de stabilitate	P	28	28	0
		PI	84	84	0
		PID	55	55	0
2.	Ziegler-Nichols	P	16	82	62
		PI	22	93	35
		PID	12	126	60
3.	Optimizarea parametrică	P	17	58	38
		PI	23	58	8
		PID	14	52	23

Concluzii

1. A fost propusă o metodă de sinteză a sistemelor de reglare automată folosind criteriul gradului maximal de stabilitate, care oferă sistemelor proiectate o rapiditate înaltă, un suprareglaj redus şi robusteţe la variaţia parametrilor obiectului reglat.

2. Metoda elaborată reprezintă proceduri analitice simple, care se reduc la utilizarea ecuatiilor algebrice, solicită un volum maic mic de calcule, nu sunt impuse restricţii indirefent de complexitate a obiectelortelor reglate și este fi aplicată pentru modele de obiecte cu inerție de ordin arbitrar, astatism și timp mort.

3. Algoritmii analitici elaboraţi pentru sinteza regulatoarelor tipizate P, PI și PID la modele de obiecte cu inerție de ordinul patru elimină cea mai mare parte din etapele prevăzute de algoritmul de bază al metodei Gradului Maximal de Stabilitate. Astfel, se simplifică esenţial procedura de sinteză a regulatoarelor, iar volumul şi respectiv durata de procesare se reduc aproximativ cu 80-90%. În rezultat, se eliberează resursele sistemului de calcul, făcând sistemul automat mai receptiv la influenţa negativă a perturbaţiilor, fapt ce asigură condiţiile necesare pentru sinteza şi implementarea regulatoarelor cu autoacordare şi a sistemelor automate adaptive.

4. În rezultatul analizei performanţelor sistemelor automate proiectate, în comparație cu alte metode de sinteză a regulatoarelor, rezultă că metoda și algoritmii propuși asigură ca sistemelor proiectate să aibă performanţe cu 20% mai înalte, iar gradul de stabilitate al sistemului este cel mai mare.

Bibliografie

[1] R. Dorf, R. Bishop, *Modern Control System.* 8rd ed., Addison-Wesley, 2002.

[2] К.А. Пупков, Н.Д. Егупов, *Методы классической и современной теории автоматического управления (том 1) (Methods of classical and modern automatic control theory(volume 1))*, М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004.

[3] I. DUMITRACHE. Ingineria reglării automate. București: Politehnica Press, 2016. V. 1. 407 p. ISBN 978-606-515-686-9.

[4] Д. П. Ким, *Теория автоматического управления. Т. 1. Линейные системы (Automatic control theory. T. 1. Linear systems).* Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2003.

[5] Д. П. Ким, Н. Д. Дмитриева, *Теория автоматического управления. Линейные системы. Задачник: учебное пособие для академического бакалавриата* (Automatic control theory. Linear systems. Problem Book: Study Guide for Academic Bachelor's Degree), 2-е изд., испр. и доп., Москва: Издательство Юрайт, 2019.

[6] Г.И. Загарий, А.М. Шубладзе, *Синтез систем управления наоснове критерия максимальной степени устойчивости (The Synthesis of the Control System According to the Maximal Stability Degree)*. Moskva: Energoatomizdat, 1998.

[7] I. Fiodorov, B. Izvoreanu, I. Cojuhari, Synthesis of Robust PID Controller by the Maximum Stability Degree Criterion. *In Proceedings of 2015 20th International Conference on Control Systems and Computer Science - CSCS-2015*, 27-29 May 2015. București, UPB, România. Volume 1, CSCS20 Main Track, pp. 57-64. ISBN 978-1-4799-1779-2. DOI: 10.1109/CSCS.2015.68

[8] I. Fiodorov, I. Cojuhari, B. Izvoreanu, D. Moraru, Synthesis of the Typical Controllers to the Model of Objects with Advance-Delay and Time Delay for the Control System with Maximum Stability Degree. In: *Proceedings of the 2018 International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering*, Iași, România, October 18-19, 2018. Pp. 967-971, ©2018 IEEE Catalog Number: CFP1847S-USB; ISBN: 978-1-5386-5061-5. DOI: 10.1109/ICEPE.2018.8559883

[9] I. Fiodorov, I. Cojuhari, B. Izvoreanu, D. Moraru, Analytical Algorithms for Synthesis of PID Controllers to the Complex Objects. In: *Proceedings of the 22nd International Conference on Control Systems and Computer Science, CSCS-2019*, 28-30 mai, 2019, București, România, pp. 107-111, DOI: 10.1109/CSCS.2019.00026.

SISTEM INFORMAȚIONAL DE MANAGEMENT CU CLIENȚII

Dorin DRAGAN[1*], Lilian CRAVCENCO[1], Ludmila DUCA[2]

[1]Departamentul Ingineria Software și Automatică, grupa TI-203, Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Moldova
[2]Departamentul Ingineria Software și Automatică, asistentă universitară, Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Moldova

*Autorul corespondent: Dragan Dorin, dorin.dragan@isa.utm.md

Rezumat. *Odată cu creșterea cerințelor și așteptărilor clienților gestionarea relațiilor cu clienții a devenit o provocare majoră pentru organizații. Companiile se confruntă cu necesitatea de a găsi soluții eficiente pentru a îmbunătăți interacțiunile cu clienții și pentru a-și maximiza performanța într-un mediu de concurență continuă. În acest context, conceptul de CRM a evoluat semnificativ, trecând de la simple baze de date statistice la o industrie complexă și dinamică. În prezent, CRM-ul integrează tehnologii avansate, analiză de date și strategii sofisticate de marketing și vânzări, având ca scop final crearea și menținerea relațiilor durabile cu clienții. Pe măsura ce tehnologia a progresat, așteptările clienților au crescut, iar companiile au trebuit să se adapteze rapid pentru a răspunde acestor schimbări. Astfel, CRM-ul a devenit o componentă esențială a strategiilor organizaționale, oferind instrumentele și resursele necesare pentru a gestiona eficient relațiile cu clienții într-un mod personalizat și adaptat la nevoile individuale ale fiecărui client. În plus, evoluția tehnologică a permis CRM-ului să devină din ce în ce mai sofisticat, oferind capacități avansate de analiză si previziune, integrând și automatizând procesele organizaționale. Astfel, acesta nu mai este doar o simplă unealtă de gestionare a clienților, ci un sistem integrat ce influențează strategiile și performanța întregii organizații.*

Cuvinte cheie: *Sistem informațional, CRM, baza de date, management, relație clienți, automatizare.*

Introducere

În sec. XXI, organizațiile se confruntă cu provocări tot mai mari în ceea ce privește gestionarea relațiilor cu clienții. De la îndeplinirea nevoilor acestora până la oferirea unor experiențe personalizate, companiile caută soluțiile eficiente pentru a-și îmbunătăți interacțiunile cu clienții și pentru a-și crește performanța. În acest context intervine conceptul de CRM, care provine din abrevierea pentru „Managementul Relațiilor cu Clienții”. În esență CRM-ul reprezintă o filosofie și un set de practici concepute pentru a optimiza relațiile cu clienții. A luat naștere în anii 90, pe măsură ce importanța relațiilor cu clienții a crescut în mediul de afaceri. Companiile au început să înțeleagă că clienții satisfăcuți și loiali sunt cheia pentru succesul pe termen lung.

Inițial CRM-ul era bazat pe simple baze de date și programe software pentru gestionarea informațiilor despre clienți. Cu timpul s-a dezvoltat într-o industrie complexă, care integrează tehnologia avansată, analiza datelor și strategiilor de marketing și vânzări.

Rolul și Componentele Sistemului CRM

Sistemul CRM reprezintă un instrument important pentru orice afacere care tinde spre îmbunătățirea interacțiunilor cu clienții, să optimizeze procesele de vânzări și să crească eficiența generală. Așa cum este ilustrat în figura 1, un sistem CRM este compus din mai multe componente interconectate, fiecare având rolul său în gestionarea și îmbunătățirea diverselor aspecte ale relației cu clienții.

La baza sistemului stă managementul contactelor, asigurând o bază de date organizată a clienților, care include informații precum datele de contact și istoricul interacțiunilor. Această baza de date este esențială pentru coordonarea eforturilor între departamente și personalizarea comunicării cu fiecare client.

Procesele de vânzări sunt nucleul sistemului CRM, oferind funcții pentru urmărirea oportunităților de la inițierea contactului până la finalizarea tranzacției. Acest sistem permite echipelor de vânzări să monitorizeze stadiul fiecărei oportunități, să gestioneze previziunile de vânzări și să încheie acorduri mai simplu.

Partea de servicii pentru clienți se ocupă de gestionarea post-vânzare, inclusiv suportul tehnic și răspasurile la întrebările clienților. Un CRM puternic permite organizațiilor să înregistreze și să urmărească interacțiunile cu clienții, asigurându-se că aceștia primesc răspunsurile și soluțiile de care au nevoie rapid și calitativ.

Componenta de marketing din cadrul sistemului CRM utilizează datele colectate pentru a crea și gestiona campanii personalizate, adaptate nevoilor și preferințelor specifice ale diferitor segmente de clienți. Aceasta permite o comunicare direcționată și eficientă, crescând implicarea clienților și optimizând rentabilitatea investiției în campaniile de marketing.

Analiza și raportarea sunt esențiale pentru înțelegerea profundă a tendințelor de cumpărare, măsurarea performanței vânzărilor și evaluarea impactului activităților de marketing. Prin analiza datelor complexe, CRM-ul oferă perspective valoroase care ajută la formularea deciziilor strategice.

Automatizarea proceselor este, de asemenea, o componentă cheie, eliminând activitățile care se repetă de mai multe ori și generând o productivitate sporită. Aceasta nu numai că economisește timpul valoros, dar și reduce riscul de erori umane, favorizând ca personalul să se concentreze pe sarcinile care aduc un plus mai mare [1].

În final, gestionarea finanțelor prin CRM permite o viziune clară asupra fluxurilor de venituri, plăților și a gestionarii bugetelor. Prin urmărirea tranzacțiilor financiare într-un mod centralizat, organizațiile pot menține un control strict asupra stabilității financiare.



Figura 1. Aspecte cheie CRM

CRM – nu este doar pentru vânzări

CRM-ul deseori este asociat cu optimizarea vânzărilor, însă aplicabilitatea sa depășește acest domeniu. Un sistem bine implementat poate sprijini mai multe funcții care se pot observa în figura 2, ale unei organizații cum ar fi: marketingul, servicii clienți, managementul proiectelor.

Pentru echipele de marketing sistemul ajuta mai bine să înțeleagă nevoile și preferințele clienților prin analiza datelor colectate, permițând crearea de campanii personalizate. Pentru servicii clienți sistemul oferă un istoric complet la toate vânzările și interacțiunile cu clientul pentru a îmbunătăți relația cu el și pentru a putea acorda ajutor mai rapid. Acest instrument colectează o cantitate vastă de informație despre clienți, interacțiunile cu ei cât și performanța afacerii. Funcționalitățile de analiza și raportare permit organizațiilor să extragă informații valoroase, oferind o bază pentru deciziile strategice. CRM-ul se folosește și în resurse umane pentru a gestiona și relațiile cu angajații. Prin monitorizarea interacțiunilor cu angajații sistemul poate contribui la îmbunătățirea angajamentului și satisfacției la locul de munca [2].

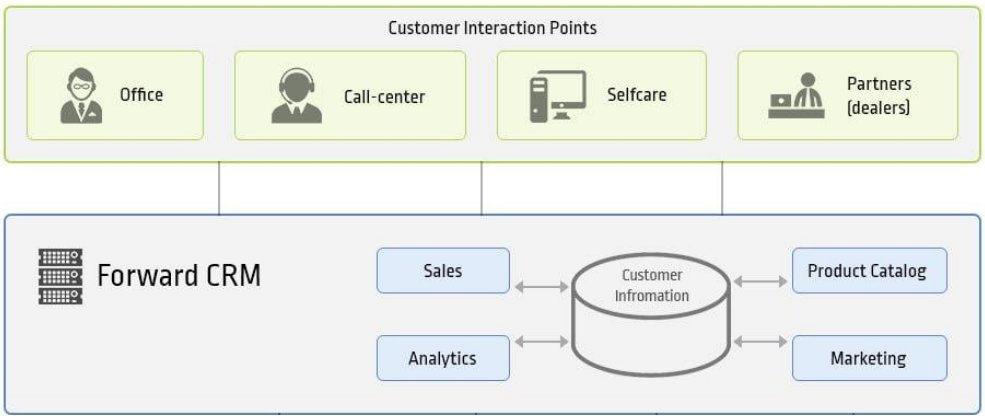


Figura 2. Ramurile de lucru a CRM-ului

Recomandări pentru alegerea corecta a unui CRM

Alegerea corectă unui CRM este un pas foarte important. Orice companie este dornică să își îmbunătățească relațiile cu clienții și să optimizeze procesele interne, pentru aceasta trebuie să urmărim mai mulți pași care sunt descriși în figura 3.

Primul și cel mai important pas este să evaluăm nevoile specifice a afaceri noastre. Aceasta implică identificarea și definirea obiectivelor pe care le dom să le atingem. Poate fi vorba despre îmbunătățirea procesului de vânzări, optimizarea campaniilor de marketing, sau furnizarea unui suport superior clienților.

Odată ce sunt definite nevoile afacerilor, următorul pas este examinarea funcționalităților oferite de sistemele CRM. Trebuie să alegem soluția care oferă instrumentele necesare pentru cerințele noastre, să ofere analitica avansată și capacitatea de integrare cu alte sisteme existente în organizația noastră.

CRM-ul nu este doar un instrument pentru echipa IT, dar și o platformă pentru echipa de vânzări, marketing și suport clienți. De aceea este important să alegem un sistem intuitiv ușor de utilizat pentru toți membrii echipei, cât și trebuie de verificat calitatea suportului oferit de către furnizor cum ar fi asistenta tehnică.

Costul este un factor important în orice decizie de achiziție. Când evaluăm prețul achiziției, nu includem doar prețul sistemului dar și costurile operaționale, cum ar fi abonamentele, actualizările și unele necesități de editare a funcționalităților. Este necesar să găsim un echilibru între funcționalitățile oferite și bugetul disponibil.

Ultimul pas este testarea și solicitarea feedback-ului. Pasul dat ne permite să evaluăm funcționalitățile, potrivirea sistemului cu fluxul de lucru a organizației. Solicitarea feedback-ului de la echipa care va folosi sistemul CRM pentru a putea evalua rapiditatea răspunsurilor și calitatea lor.

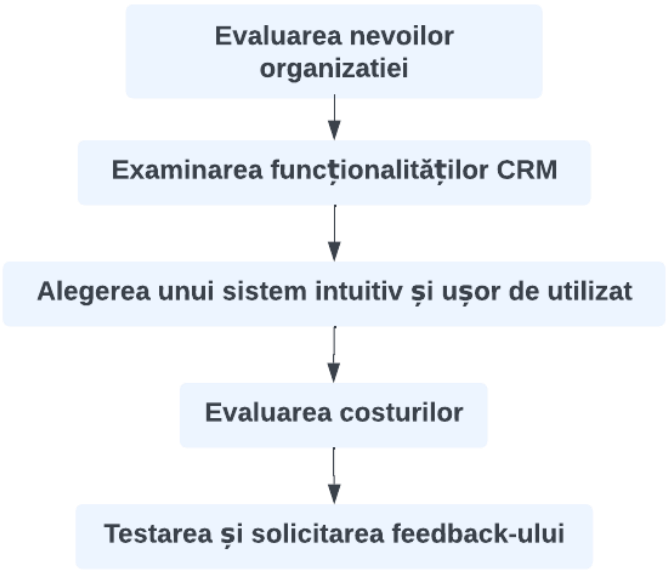


Figura 3. Pașii care trebuie de urmați pentru a alege un sistem CRM corect pentru companie

Concluzii

În esență, un sistem CRM se dovedește a fi un partener valoros pentru orice companie ce își propune să atingă standardele ridicate în administrarea relațiilor cu clienții. Aceasta nu numai că simplifică îmbunătățirea interacțiunilor cu clienții, dar și optimizarea proceselor interne, oferind astfel un avantaj concurențial într-o piață în continuă schimbare.

Prin adoptarea unui sistem CRM, companiile pot acumula și analiza date esențiale despre clienți, permițându-le să personalizeze serviciile și produsele oferite. Acest nivel de personalizare intensifică loialitatea clienților și sporește satisfacția acestora, elemente importante în stabilirea unor relații durabile și profitabile. Mai mult, integrarea eficientă a CRM-ului în structura organizațională ajuta optimizarea proceselor de afaceri, diminuarea cheltuielilor și sporirea eficienței generale.

Pe lângă avantaje imediate în relația cu clienții, CRM-ul oferă și o perspectivă valoroasă asupra performanței de vânzări, marketingului și serviciilor de asistență, ușurând luarea deciziilor bazate pe date concrete. Aceasta înseamnă că organizațiile pot ajusta rapid strategiile pentru a răspunde nevoilor pieței și a anticipa tendințele, asigurându-și astfel o poziție de lider.

Deci, putem menționa cu certitudine că implementarea și utilizarea înțeleaptă a sistemelor CRM în cadrul organizațiilor nu este doar o strategie de îmbunătățire a relațiilor cu clienții, ci o necesitate strategică pentru supraviețuirea și prosperarea pe termen lung într-o piața dinamică și extrem de competitivă. Prin concentrarea pe crearea și menținerea unor legături solide cu clienții, organizațiile își pot asigura creșterea si succesul continuu.

Bibliografie:

[1] R. J. Baran and R. J. Galka, *Customer relationship management: the foundation of contemporary marketing strategy*, Second edition. New York London: Routledge, Taylor and Francis Group, 2017, 75-85 p, 105-115p, Martie 2024, ISBN : 9781138919525

[2] "crm_so_skorostyu_sveta_privlechenie_i_uderzhanie_klientov_v_realnom .pdf.", 93p, Martie 2024, ISBN: 978-5-93286-079-3

ТРИЛЕММА БЛОКЧЕЙНА

Никита МАКЕЕВ

Департамент Программная Инженерия и Автоматика, группа TI-231M, Факультет Вычислительной Техники, Информатики и Микроэлектроники, Технический Университет Молдовы, Кишинев, Молдова

Автор Корреспондент: Никита МАКЕЕВ, e-mail: nichita.macheev@isa.utm.md

Научный руководитель: **Ирина ЧЕРНЕЙ**

***Аннотация**: Статья освещает одну из ключевых проблем в области блокчейна – трилемме блокчейна, которая включает в себя вопросы безопасности, масштабируемости и децентрализации. Будут рассмотрены определения ключевых понятий, проблема трилеммы в контексте блокчейна, а также потенциальные пути ее решения.*

***Ключевые слова**: блокчейн, трилемма блокчейна, безопасность, масштабируемость, децентрализация.*

Введение

В эпоху цифровых технологий блокчейн представляет собой революционное нововведение, предоставляющее возможность создания защищенных, децентрализованных систем. Однако разработчики блокчейна сталкиваются с фундаментальной проблемой, известной как трилемма блокчейна, которая подразумевает сложность одновременного достижения трех ключевых характеристик: безопасности, масштабируемости и децентрализации.

Трилемма блокчейна определение.

Блокчейн — это децентрализованная технология распределенного реестра, которая обеспечивает надежную и неизменяемую запись транзакций без необходимости в центральном органе управления. Эта технология лежит в основе криптовалют, таких как Bitcoin, и может использоваться в различных приложениях, от финансов до смарт-контрактов и за пределами. (Рисунок 1)

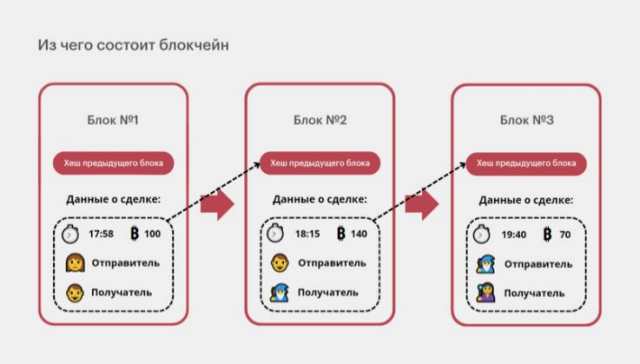


Рисунок 1 – Блокчейн [1]

Трилемма блокчейна – это концепция, согласно которой блокчейн – сеть может обладать максимум двумя из трех качеств: безопасностью, масштабируемостью и децентрализацией. Эта проблема ставит перед разработчиками сложный выбор при проектировании сетей. (Рисунок 2)



Рисунок 2 – Блокчейн [2]

- Безопасность обеспечивает защиту от атак и мошенничества.
- Масштабируемость позволяет сети обрабатывать большое количество транзакций.
- Децентрализация предполагает отсутствие единой контрольной точки, что способствует устойчивости и открытости сети.

Для дальнейшего расширения возможностей блокчейн – платформ и решения проблемы трилеммы, исследуются новые технологические подходы и алгоритмы. Например, используются методы для повышения скорости транзакций и улучшения масштабируемости сетей, такие как Lightning Network для Bitcoin, а также Plasma для Ethereum. Эти технологии стремятся разгрузить основную сеть, перенося часть транзакций на вторичные слои.

Развернутое представление проблемы

Существующие блокчейн – платформы, такие как Bitcoin и Ethereum, демонстрируют различные подходы к решению трилеммы, но каждая из них сталкиваются с ограничениями. Например, Bitcoin обеспечивает высокую степень безопасности и децентрализации за счет масштабируемости, в то время как некоторые новые сети пытаются находить баланс за счет внедрения дополнительных слоев и протоколов.

Пути решения

Среди подходов к решению трилеммы блокчейна выделяются следующие:

- Слоистая архитектура: Разделение функций между различными слоями блокчейна, где один слой может обеспечивать безопасность, другой — масштабируемость. (Пример: Ethereum 2.0, где внедряется слоистая архитектура с использованием шардинга для повышения масштабируемости).
- Сайдчейны и оффчейны: Разработка дополнительных блокчейнов, которые работают параллельно основному блокчейну и способны обрабатывать транзакции вне основной сети. (Примеры: Polygon (MATIC) для Ethereum, обеспечивающий масштабируемость с помощью сайдчейнов).
- Sharding: Разделение данных на части (шарды), чтобы узлы сети обрабатывали только часть данных, что значительно повышает масштабируемость. (Пример: Zilliqa, реализующий шардинг на уровне сети для повышения пропускной способности транзакций).
- Консенсусные алгоритмы: Разработка новых алгоритмов консенсуса, которые могут обеспечить лучший баланс между безопасностью, масштабируемостью и децентрализацией. (Пример: Algorand, использующий алгоритм PPoS (Pure Proof of Stake) для достижения высокой скорости и безопасности транзакций при сохранении децентрализации).

Примеры решений multilayer architecture

Роллапы (Rollups) являются ключевой технологией для протоколов второго уровня в Ethereum. Во многих решениях на основе роллапов используется метод доказательства с нулевым разглашением. Эти технологии объединены под общим названием ZK-Rollups.

Arbitrum, Optimism, и StarkNet представляют собой решения второго уровня (Layer 2), которые направлены на увеличение масштабируемости Ethereum за счет обработки транзакций вне основной цепи. Эти проекты используют различные подходы, такие как оптимистические роллапы и zk-Rollups, для уменьшения нагрузки на основную сеть, сокращения времени обработки транзакций и снижения комиссий.

В роллапе транзакции объединяются в пакеты, где данные каждого перевода сжимаются. Эти «свертки» отправляют доказательство в основную сеть первого уровня (Ethereum), позволяя подтвердить достоверность всех транзакций пакета без их индивидуальной проверки. После верификации пакет включается в один из блоков. Один пакет роллапа может содержать тысячи транзакций, но в блокчейн первого уровня заносится минимальное количество данных.

Работа ZK-Rollups основана на трех компонентах:

- виртуальная машина протокола второго уровня (L2), группирующая транзакции;
- смарт-контракт верификатора, проверяющий пакеты;
- модуль, отправляющий пакеты в блокчейн первого уровня и обновляющий состояние.

Нода сети второго уровня выполняет первоначальную проверку транзакций. После накопления определенного количества переводов она объединяет их в пакет и создает ZK-доказательство. Пакет проверяется смарт-контрактом в сети первого уровня, который также управляет вводом и выводом средств в L2-блокчейн.Рисунок 3)

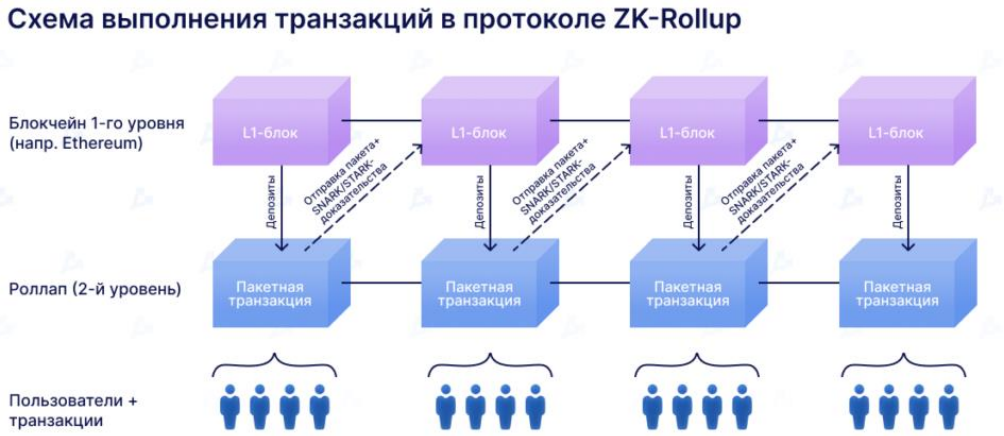


Рисунок 3 – ZK-Rollup [3]

Роллапы также включают в себя балансы пользователей в L2-сети, представленные в виде дерева Меркла, корень которого хранится в смарт-контракте. Это позволяет отслеживать изменения состояния сети. В блокчейн первого уровня также передаются значения, подтверждающие каждую транзакцию, включая корень дерева Меркла, который рассчитывается поэтапно. Промежуточные значения записываются в блокчейн и подтверждают каждый перевод в пакете.

Доказательства с нулевым разглашением сохраняют данные в основной сети после проверки каждого перевода, что обеспечивает актуальное состояние сети. В отличие от ZK-Rollups, при выводе средств из протокола Optimistic Rollups требуется проверка на мошенничество, которая может занять до двух недель, определяя время вывода средств в блокчейн первого уровня. Однако необходимость проверки данных в ZK-Rollups увеличивает потребление ресурсов и финансовые затраты.

Как работают оптимистические роллапы:

Агрегация транзакций: Транзакции собираются в "роллап" блок вне основной цепи. Это позволяет обрабатывать множество транзакций параллельно, существенно снижая затраты на комиссию и повышая пропускную способность сети.

Подача в блокчейн: Сжатый блок транзакций затем отправляется в основную цепь Ethereum как одна транзакция, что значительно снижает нагрузку на сеть.

Оптимистическое предположение: Транзакции считаются действительными по умолчанию. Система предполагает, что все транзакции верны, если только не будет доказано обратное.

Оспаривание и проверка: В случае если кто-то обнаруживает ошибку или мошенничество в одной из транзакций, он может подать фрод-пруф. Система затем проводит проверку, и если мошенничество подтверждается, транзакция отменяется.

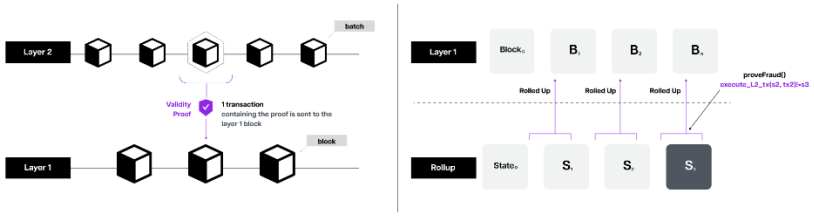


Рисунок 4 – Optimistic Rollups

Заключение

Трилемма блокчейна остается центральной проблемой для разработчиков и исследователей в области криптовалют и блокчейн-технологий. Вопреки этому, существует множество направлений и подходов, которые предлагают потенциальные решения для достижения баланса между безопасностью, масштабируемостью и децентрализацией. Прогресс в этой области будет способствовать развитию более надежных и масштабируемых блокчейн-систем.

Библиография

[1] Технология блокчейн простыми словами. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://skynet.ru/blog/tekhnologiya-blokchejn-prostymi-slovami/

[2] Что такое трилемма блокчейна простыми словами. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ixbt.com/live/crypto/chto-takoe-trilemma-blokcheyna.html

[3] Технология Rollup [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://forklog.com/cryptorium/chto-takoe-tehnologiya-rollapov-rollups-i-kak-ona-pomogaet-masshtabirovat-ethereum

APLICABILITATEA ISO/IEC27014:2020 ÎN SISTEMELE INFORMAȚIONALE DIN DOMENIUL SĂNĂTĂȚII

Adrian STOICA

Departamentul Ingineria Software și Automatică, grupa SI-231M, Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

Autorul corespondent : Adrian STOICA, adrian.stoica@isa.utm.md

Coordonator științific: **Rodica BULAI**, Departamentul Ingineria Software și Automatică, Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

Rezumat: *În contextul "Strategia de transformare digitală a Republicii Moldova pentru anii 2023–2030, doar pentru anul 2024 sunt planificate de a fi puse în etapa pilot 3 sisteme informaționale (e-Reteta, SBTESP, eCMCD). Din aceste considerente, dar și în contextul recentului atac cibernetic asupra infrastructurii informaționale medicale din România și nu numai, implementarea standardului ISO/IEC 27014:2020 în cadrul instituțiilor medicale din Republica Moldova reprezintă o necesitate strategică vitală privind asigurarea securității informațiilor din domeniul sănătății. Articolul prezintă un cadru robust în baza standardului sus-menționat privind gestionarea securității informațiilor, într-un context în care sistemele informaționale medicale devin tot mai atractive pentru dezvoltare. Implementarea standardului implică evaluarea riscurilor, dezvoltarea politicilor și procedurilor de securitate, formarea personalului și monitorizarea constantă a conformității. Astfel, se asigură protejarea datelor medicale sensibile și menținerea încrederii pacienților în sistemele de sănătate digitalizate.*

Cuvinte cheie: *iso/iec 27014:2020, securitatea informațiilor, domeniul medical, strategie de digitalizare.*

Introducere

Trecerea la o capacitate și o integrare tehnologică îmbunătățită reprezintă o oportunitate de a construi un viitor mai bun și mai interconectat, având în vedere „noua normalitate"[1]. În cadrul articolului este analizat standardul ISO/IEC 27014:2020, elaborat pentru a oferi un cadru organizațiilor în ceea ce privește guvernanța și managementul securității informațiilor [2]. Acest standard se concentrează pe aspectele de conducere și strategie, punând accentul pe importanța luării deciziilor corecte și implementării unei abordări eficiente pentru securitatea informațiilor în cadrul organizațiilor. Este un complement al standardului ISO/IEC 27001:2022 și poate fi implementat împreună cu acesta pentru a îmbunătăți guvernarea securității informației în organizație sau individual. În baza standardului ISO/IEC 27014:2020 se creează un model de securitate pentru instituțiile medicale. Modelul creat este implementat în Instituția Medico-Sanitară Publică Asociația Medicală Teritorială Centru. Implementarea standardului ISO/IEC 27014:2020 în instituțiile medicale din Republica Moldova va contribui la consolidarea securității informațiilor și acoperirea obiectivelor de protecție ale transformării digitale și la promovarea unui mediu medical modern, sigur și eficient.

Model de Securitate conform ISO/IEC 27014:2020 în Instituțiile Medicale

Guvernarea securității informațiilor este un „sistem prin care activitățile de securitate a informațiilor unei organizații sunt direcționate și controlate" [2]. ISO/IEC 27014:2020 face parte din seria de standarde ISO/IEC 27000. „Guvernarea adecvată a securității informațiilor asigură alinierea securității informațiilor cu strategiile și obiectivele de afaceri, livrarea valorii și responsabilitatea. Sprijină atingerea vizibilității, agilității, eficienței, eficacității și conformității" [3]. Acest standard este „vizat în mod special să ajute organizațiile să-și guverneze aranjamentele

de securitate a informațiilor” [3]. Standardul oferă „îndrumare privind conceptele și principiile pentru guvernarea securității informațiilor, prin care organizațiile pot evalua, direcționa, monitoriza, comunica și asigura activitățile legate de securitatea informațiilor din cadrul organizației” și este „aplicabil tuturor tipurilor de organizații” [2]. Pentru crearea modelului sau extras elementele cheie (figura 1)

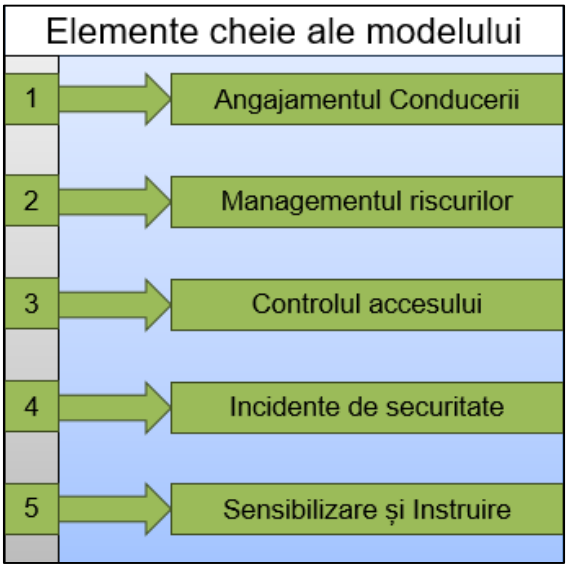


Figura 1. Elementele Cheie ale ISO/IEC 27014:2020

Fiecare element reprezintă după cum urmează :

1. Angajamentul conducerii:

- Conducerea de vârf trebuie să se angajeze activ în implementarea și menținerea modelului de securitate.
- Acest angajament se poate demonstra prin alocarea resurselor necesare, stabilirea politicilor de securitate și monitorizarea performanței.

2. Managementul riscurilor:

- Este necesară o evaluare periodică a riscurilor pentru a identifica și evalua amenințările la adresa securității informației.
- Pe baza evaluării riscurilor, se vor implementa controale adecvate pentru a reduce riscurile la un nivel acceptabil.

3. Controlul accesului:

- Accesul la datele sensibile ale pacienților trebuie să fie restricționat doar la personalul autorizat.
- Se vor implementa controale de acces, cum ar fi parolele, autentificarea multi-factor și criptarea datelor.

4. Incidente de securitate:

- Este necesară o procedură clară pentru gestionarea incidentelor de securitate.
- Procedura va include instrucțiuni pentru identificarea, raportarea și investigarea incidentelor de securitate.

5. Sensibilizare și instruire:

- Personalul trebuie instruit periodic cu privire la politicile și procedurile de securitate a informației.
- Instruirea va include informații despre amenințările la adresa securității informației, controalele de securitate și modul de raportare a incidentelor de securitate.

Pentru implementarea acestui model se propun pașii, care pot fi vizualizați în figura 2.

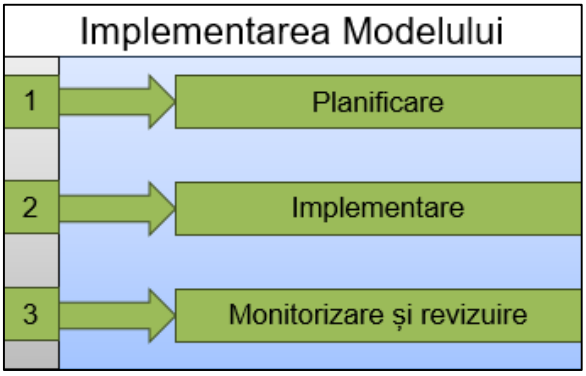


Figura 2. Pașii de implementare a modelului

Acești pași sunt descriși ca :

1. Planificare:

- Este necesară elaborarea unui plan de implementare care să definească etapele, resursele și responsabilitățile.

2. Implementare:

- Implementarea controalelor de securitate identificate în urma evaluării riscurilor.

3. Monitorizare și revizuire:

- Monitorizarea periodică a performanței modelului de securitate.
- Revizuirea periodică a modelului de securitate pentru a se asigura că este actualizat și adecvat.

Implementarea ISO/IEC 27014:2020 în IMSP AMT Centru

Instituția Medico-Sanitară Publică Asociația Medicală Teritorială Centru acordă asistenţa medicală profilactică şi curativ-diagnostică populaţiei sectorului Centru şi orăşelului Codru a municipiului Chişinău. Concomitent, acordă servicii consultative şi diagnostice la adresarea directă a populaţiei mun. Chişinău, cât şi în baza contractelor de asigurări medicale facultative încheiate cu diferite companii de asigurări sau la direct cu agenţii economici. A fost luată decizia să se implementeze ISO/IEC 27014:2020 pentru a îmbunătăți protecția datelor sensibile ale pacienților și pentru a se conforma reglementărilor din domeniul medical.

Obiectivele implementării:

- Îmbunătățirea protecției datelor sensibile ale pacienților
- Creșterea încrederii pacientului
- Respectarea reglementărilor din domeniul medical
- Reducerea costurilor asociate cu incidentele de securitate

Metodologie:

S-a format o echipă de proiect formată din reprezentanți din diferite departamente, inclusiv IT, conducerea, medici și personalul administrativ. Echipa de proiect a identificat următoarele etape:

1. **Planificare:** Echipa de proiect a elaborat un plan de implementare care a definit etapele, resursele și responsabilitățile.
2. **Evaluarea riscurilor:** A fost efectuată o evaluare a riscurilor pentru a identifica și evalua amenințările la adresa securității informației.
3. **Implementarea controalelor:** Au fost implementate controale de securitate adecvate pentru a reduce riscurile la un nivel acceptabil.
4. **Sensibilizare și instruire:** Personalul a fost instruit periodic cu privire la politicile și procedurile de securitate a informației.
5. **Monitorizare și revizuire:** Performanța modelului de securitate a fost monitorizată periodic. Modelul a fost revizuit periodic pentru a se asigura că este actualizat și adecvat.

Rezultate:

Implementarea ISO/IEC 27014:2020 a adus următoarele beneficii Instituției Medicale:

1. **Protecția sporită a datelor sensibile ale pacienților:** Accesul la datele sensibile ale pacienților este acum restricționat doar la personalul autorizat. Datele sunt criptate atât în repaus, cât și în tranzit.
2. **Creșterea încrederii pacientului:** Pacienții au acum o mai mare încredere în instituția medicală pentru a le proteja datele sensibile.
3. **Respectarea reglementărilor din domeniul medical:** IMSP AMT Centru este acum în conformitate cu reglementările din domeniul medical, cum ar fi GDPR.
4. **Reducerea costurilor asociate cu incidentele de securitate:** Implementarea controalelor de securitate a redus riscul de incidente de securitate, ceea ce a dus la o reducere a costurilor asociate cu gestionarea incidentelor.

Concluzii:

Implementarea ISO/IEC 27014:2020 este un succes pentru IMSP AMT Centru. Modelul de securitate a îmbunătățit semnificativ protecția datelor sensibile ale pacienților, a crescut încrederea pacientului și a ajutat spitalul să respecte reglementările din domeniul medical. Menționez că în cadrul instituții medicale specificate nu este prezent standardul ISO/IEC 2700:20221 și sa decis trecerea implementarea în mod individual al ISO/IEC 27014:2020, deoarece, cel din urmă este mai simplu la implementare față de ISO/IEC 27001:2022, în care este necesar de creat un sistem de management al securității informaționale (ISMS) și respectiv necesită mai puține resurse intelectuale și financiare. Un alt argument ar fi implicarea nemijlocită a conducătorului organizației. În final reieșind din faptul că sistemele informaționale care oferă acces la date personale sensibile sunt din afara instituției și nu pot fi administrate local, standardul ISO/IEC 27014:2020 este mai actual prin ghidarea în domeniul guvernării proceselor de securitate și nu implicit controlul asupra lor.

Principale lecții învățate sunt :

- Implementarea ISO/IEC 27014:2020 este un proces complex care necesită implicarea activă a conducerii de vârf.
- Este important să se realizeze o evaluare a riscurilor cuprinzătoare pentru a identifica și evalua amenințările la adresa securității informației.
- Personalul trebuie instruit periodic cu privire la politicile și procedurile de securitate a informației.
- Performanța modelului de securitate trebuie monitorizată periodic și revizuită pentru a se asigura că este actualizat și adecvat.

Se recomandă ca:

- Alte instituții medicale să ia în considerare implementarea ISO/IEC 27014:2020 pentru a-și îmbunătăți protecția datelor sensibile ale pacienților și pentru a se conforma reglementărilor din domeniul medical.
- Este important să se consulte cu experți în securitate informațională pentru a obține sprijin

Bibliografie:

[1] „Strategia de Transformare Digitală 2023-2030 – Ministerul Dezvoltării Economice și Digitalizării”. Data accesării: 1 martie 2024. [Online]. Disponibil la: https://mded.gov.md/transparenta/64373-2/

[2] „ISO - International Organization for Standardization”, ISO. Data accesării: 1 martie 2024. [Online]. Disponibil la: https://www.iso.org/home.html

[3] 14:00-17:00, „ISO/IEC 27014:2020”, ISO. Data accesării: 1 martie 2024. [Online]. Disponibil la: https://www.iso.org/standard/74046.html

GENERAREA DE COD CU AJUTORUL INTELIGENȚEI ARTIFICIALE: RISCURI ȘI BENEFICII

Artiom COMANAC

Ingineria Software și Automatică, SI-231M, Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

Autorul corespondent: Comanac Artiom, comanac.artiom@isa.utm.md

Îndrumătorul/coordonatorul științific **Rodica BULAI**, lector universitar

Rezumat. *Articolul analizează modelele de inteligență artificială pentru generarea codului, devenite extrem de populare și actuale. Aceste instrumente promit să revoluționeze dezvoltarea software-ului și să înlocuiască un număr mare de programatori, doar ca utilizarea lor este asociată cu un număr mare de riscuri de securitate și necesită să fie minuțios analizată. În lucrare sunt prezentate cele mai populare instrumente de generare a codului, cum ar fi GitHub Copilot, CodiumAI, Amazon CodeWhisperer și cel mai recent apărut, Devin. Cercetarea este axată pe generarea securizată a codului și asigurarea confidențialității lui. Sunt evidențiate avantajele și dezavantajele aplicării inteligenței artificiale în dezvoltarea software-ului, inclusiv utilizarea lor în companii mari și zone critice. De asemenea, sunt scoase în evidență posibilele erori care apar la generarea automată a codului, vulnerabilitățile sau scurgerile de date sensibile datorită modelelor de învățare automată.*

Cuvinte cheie: *inteligența artificială, instrumente de generare automată a codului, copilot, devin, codium.*

Inteligența artificială si generarea codului

În ultimii ani, inteligența artificială și prelucrarea limbajului natural au înregistrat progrese semnificative [1]. Acest lucru a condus la dezvoltarea rapidă și activă a inteligenței artificiale generative, pe baza căreia au fost construite majoritatea instrumentelor pentru generarea de cod. În prezent, există deja o mulțime de astfel de asistenți, cum ar fi GitHub Copilot [2], CodiumAI [3], Amazon CodeWhisperer și recentul Devin, al cărui creatori îl numesc primul dezvoltator autonom de cod [4]. În funcție de necesitați, capacități și resurse, dezvoltatorii și companiile aleg diverse instrumente, majoritatea dintre acestea permit lucrul în mediul „enterprise” [5]. Popularitatea și utilizarea acestor instrumente crește vizibil conform cercetărilor pe piață privind IA generativă, figura 1.



Figura 1. Cercetarea utilizării inteligentei artificiale în dezvoltarea softului [6]

Acești asistenți promit să revoluționeze lumea programării și dezvoltării de software, oferind diverse îmbunătățiri și asistență dezvoltatorilor, dar în același timp ascund diverse riscuri și pericole, care trebuie luate în considerare în timpul lucrului cu ei.

Generarea vulnerabilităților si erori in cod

Utilizarea instrumentelor de generare a codului bazate pe inteligență artificială este asociată cu diverse riscuri, ceea ce impune anumite restricții în utilizarea acestor instrumente. Unul dintre riscurile asociate cu utilizarea instrumentelor bazate pe inteligență artificială este generarea erorilor în cod. Modelele de generare a codului au fost antrenate pe un set de cod mare, însă nu întreg setul de date pentru învățare reprezintă un exemplu de bune practici (best practice), iar în același timp este dificil să se determine ce reprezintă o practică bună, deoarece acestea se modifica și se completează foarte des. De exemplu, pentru învățarea GitHub Copilot au fost utilizate toate repozitoriu-rile deschise din GitHub, și nu există nicio garanție că a fost utilizat doar cod adecvat [7]. În același timp, pentru generarea codului, instrumentele au nevoie de un context, adică o parte a codului pentru care trebuie să genereze sau să modifice codul, ceea ce înseamnă că aceste instrumente pot completa codul eronat scris de utilizator. Acest lucru duce la faptul că instrumentele generează cod eronat pe baza a ceea ce are utilizatorul, ceea ce implică riscul creșterii codului cu erori și a timpului de dezvoltare, deoarece este necesar timp suplimentar pentru identificarea și corectarea erorilor.

De asemenea, există riscul că instrumentele vor genera și diferite vulnerabilități în cod. Cel mai des acest lucru este specific codului în care există deja vulnerabilități. Instrumentele de generare utilizează codul cu vulnerabilități ca cod de bază și creează noi vulnerabilități în cod. De exemplu, dacă în proiect sunt folosite interogări către baza de date în mod direct, fără a folosi „placeholder”, acest cod este vulnerabil și există riscul destul de înalt că dacă se va folosi GitHub Copilot pentru a scrie cod pentru o nouă interogare, acesta ar putea lua ca bază codul existent cu vulnerabilități, iar acest lucru duce la crearea unei noi vulnerabilități în cod [8].

Un exemplu al unei astfel de generări poate fi observat în următorul exemplu:

```
String query = "SELECT * FROM items WHERE LOWER(name) like '%" + name
```

Cod existent cu posibile vulnerabilități

```
// create query to match item with description

String query = "SELECT * FROM items WHERE LOWER(description) like '%"
```

Prompt si cod generat de IA

Uneori instrumentele de generare nu recunosc vulnerabilități în codul existent și generează cod cu vulnerabilități noi. Acest lucru indică faptul că pentru a utiliza asistenții în scrierea codului este întotdeauna necesar verificarea rezultatul oferit de instrument.

Scurgerile de date

La baza fiecărui instrument și asistent în generarea codului se află o cantitate mare de date, pe baza cărora rețelele neuronale generează date noi. Pentru învățare, sunt folosite adesea date publice, cum ar fi repozitoriu-urile deschise, răspunsurile pe forumuri și altele. Foarte des, în timpul auto-învățării instrumentelor generative, nu sunt luate în considerare drepturile de utilizare a codului deschis, așa cum s-a descoperit, de exemplu, că GitHub Copilot a fost antrenat pe repozitoriu-urile deschise fără a ține cont de licențele lor. Acest lucru poate duce la faptul că în anumite cazuri, instrumentele pe baza inteligenței artificiale pot furniza o copie completă a codului sau chiar a comentariilor din cod. Acest lucru pune în pericol securitatea proprietății

intelectuale a programatorilor și a companiilor, deoarece nu există nicio garanție că codul privat nu va fi folosit pentru antrenarea rețelelor neuronale.

Cu toate acestea, conform asigurărilor creatorilor, citarea completă a codului este foarte rară și apare în doar 0.1% din cazuri [9]. Conform informațiilor din documentația Copilot, în cazul versiunilor Business și Enterprise, instrumentul nu folosește codul și datele introduse pentru învățare, dar în celelalte cazuri aceste date sunt utilizate pentru crearea setului de date pentru auto-învățarea rețelelor neuronale [10]. În același timp, instrumentele promit filtrarea datelor, cheilor API și altor chei de acces și fără furnizarea acestora în niciun fel.

Beneficii

Implementarea generatorilor de cod în dezvoltarea codului, în ciuda riscurilor și restricțiilor, poate ajuta specialistul să-și accelereze munca cu sarcini rutine, permițând să își dedice mai mult timp altor sarcini mai importante și mai consumatoare de resurse.

De exemplu, folosind generatorii de cod și diverse chat-uri Copilot, se poate accelera munca cu noi biblioteci și SDK-uri, precum și generarea rapidă a exemplelor de cod pentru lucrul cu diferite funcționalități. Acest lucru poate contribui la accelerarea lucrului cu codul nou și la integrarea mai rapidă a noilor funcționalități în cod [11].

Cu ajutorul instrumentelor bazate pe inteligență artificială, se poate efectua o analiză a codului pe baza principiilor și regulilor companiei, cum ar fi efectuarea unei revizuiri preliminare a codului [12]. Acest lucru poate ajuta la evitarea unui număr mare de erori simple și poate îmbunătăți stilul codului. De asemenea, acest lucru poate contribui la reducerea încărcării atunci când se verifică codul de către oameni reali, permițându-le să se concentreze asupra logicii mai complexe.

Testarea codului necesită adesea o cantitate mare de timp și poate fi automatizată cu ajutorul generatorilor de cod bazate pe inteligență artificială. Generatorii de cod pot crea teste foarte rapid și destul de precise pentru diferite funcții și clase în cod [13].

Un alt avantaj și posibilă aplicare a inteligenței artificiale este utilizarea sa pentru documentarea codului și scrierea comentariilor pentru funcții și clase. Economisirea timpului va permite concentrarea mai mare asupra scrierii codului, în loc să se documenteze acesta.

Concluzii

Integrarea în procesul de dezvoltare a instrumentelor pentru generarea codului bazate pe inteligență artificială aduce atât numeroase avantaje, cât și multe riscuri, majoritatea, în prezent, fiind dificil de evaluat. Pe de o parte, utilizarea acestor instrumente permite reducerea timpului de dezvoltare, concentrarea pe elemente mai importante și critice, familiarizarea mai rapidă cu modulele și bibliotecile noi. Ele facilitează analiza codului și găsirea soluțiilor mai optimizate.

Pe de altă parte, este necesar ca utilizatorii sa fie extrem de atenți și pregătiți pentru diverse erori în cod, erori de generare, precum și pentru posibile vulnerabilități în cod. Este esențială verificarea codul propus de aceste instrumente.

Utilizarea responsabilă a instrumentelor bazate pe inteligență artificială poate îmbunătăți productivitatea, reduce sarcina de muncă și optimizează colaborarea în echipă, dar în prezent nu e posibil bazarea completă pe dezvoltarea codului de către IA și întotdeauna este necesar ca codul generat să fie verificat cu atenție și să fie analizate toate riscurile asociate utilizării acestor instrumente.

Referințe

[1] O. Asare, M. Nagappan, și N. Asokan, „Is GitHub’s Copilot as bad as humans at introducing vulnerabilities in code?”, *Empir Software Eng*, vol. 28, nr. 6, p. 129, sep. 2023, doi: 10.1007/s10664-023-10380-1.

[2] Z. C. Ani, Z. A. Hamid, și N. N. Zhamri, „The Recent Trends of Research on GitHub Copilot: A Systematic Review”, în *Computing and Informatics*, N. H. Zakaria, N. S.

Mansor, H. Husni, și F. Mohammed, Ed., Singapore: Springer Nature, 2024, pp. 355–366. doi: 10.1007/978-981-99-9589-9_27.
[3] „Meaningful Code Tests for Busy Devs | CodiumAI”. Data accesării: 23 martie 2024. [Online]. Disponibil la: https://www.codium.ai/
[4] „Devin AI Website - The First AI Software Engineer Cognition”. Data accesării: 23 martie 2024. [Online]. Disponibil la: https://devinai.ai/
[5] „Your AI-powered chat for the Web with commercial data protection | Microsoft Copilot”. Data accesării: 23 martie 2024. [Online]. Disponibil la: https://www.microsoft.com/en-us/bing/chat/enterprise/
[6] „Generative AI in Software Development Market Size & Share 2024”, MarketResearch.biz. Data accesării: 23 martie 2024. [Online]. Disponibil la: https://marketresearch.biz/report/generative-ai-in-software-development-market/
[7] „GitHub Copilot Trust Center - GitHub Resources”. Data accesării: 23 martie 2024. [Online]. Disponibil la: https://resources.github.com/copilot-trust-center/
[8] „Copilot amplifies insecure codebases by replicating vulnerabilities in your projects | Snyk”. Data accesării: 23 martie 2024. [Online]. Disponibil la: https://snyk.io/blog/copilot-amplifies-insecure-codebases-by-replicating-vulnerabilities/
[9] A. Ziegler, „GitHub Copilot research recitation”, The GitHub Blog. Data accesării: 23 martie 2024. [Online]. Disponibil la: https://github.blog/2021-06-30-github-copilot-research-recitation/
[10] „GitHub Copilot replicating vulnerabilities, insecure code | TechTarget”, Security. Data accesării: 23 martie 2024. [Online]. Disponibil la: https://www.techtarget.com/searchsecurity/news/366571117/GitHub-Copilot-replicating-vulnerabilities-insecure-code
[11] „Optimising the Software Development Process with Artificial Intelligence | SpringerLink”. Data accesării: 23 martie 2024. [Online]. Disponibil la: https://link.springer.com/book/10.1007/978-981-19-9948-2
[12] syedzainnasir, „Generative AI in Software Development: Boosting IT Productivity - The Engineering Projects”. Data accesării: 23 martie 2024. [Online]. Disponibil la: https://www.theengineeringprojects.com/2023/10/generative-ai-in-software-development-boosting-it-productivity.html
[13] A. Graaff, D. Smit, și S. Eybers, „Let’s Play Games: Using No-Code AI to Reduce Human Cognitive Load During AI Solution Development”, în *Artificial Intelligence Research*, A. Pillay, E. Jembere, și A. J. Gerber, Ed., Cham: Springer Nature Switzerland, 2023, pp. 86–99. doi: 10.1007/978-3-031-49002-6_7.

ÎMBUNĂTĂȚIREA CONTROLULUI CALITĂȚII AERULUI PRIN FOLOSIREA SENZORILOR IoT

Gheorghe ISAC

Departamentul Ingineria Software și Automatică, grupa TI-231M, FCIM, Facultatea Calculatoare Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

Autorul corespondent: Gheorghe Isac, isac.gheorghe@isa.utm.md

Îndrumătorul/coordonatorul științific **Radu CIOBANU**, dr., conf. univ.

Rezumat. *Cercetările privind creșterea poluării atmosferice se concentrează pe îmbunătățirea calității aerului prin utilizarea senzorilor IoT. Acest studiu analizează modul în care tehnologia Internetului lucrurilor ajută la monitorizarea și gestionarea calității aerului. Această lucrare se concentrează pe colectarea datelor în timp real despre concentrațiile diferiților poluanți atmosferici, senzorii IoT oferă o metodă eficientă și accesibilă. Pentru aceasta, în total trei noduri IoT de cost redus monitorizează parametrul (PM), care reprezintă unul dintre cei mai comuni poluanți din zona de cercetare. Datele respective obținute de la aceste noduri sunt colectate mai mult de două luni. Integrarea acestor senzori în rețele inteligente permite monitorizarea continuă și precisă a calității aerului, ceea ce permite intervențiile rapide în cazul poluării excesive. Articolul subliniază modul în care tehnologia Internetului lucrurilor ajută la reducerea efectelor poluării asupra sănătății umane și a mediului înconjurător. În plus, se vorbește despre obstacolele și oportunitățile viitoare legate de implementarea și dezvoltarea sistemelor de monitorizare a calității aerului.*

Cuvinte cheie: *poluare atmosferică, monitorizarea calității aerului, date în timp real, rețele inteligente, impact asupra sănătății umane.*

Introducere

În era tehnologii avansate, Internetul Lucrurilor (IoT) devine tot mai prezent în viața noastră, oferind soluții inovatoare pentru diverse provocări ale societăților moderne. Unul dintre domeniile de interes major este monitorizarea calității aerului ambiental, având în vedere impactul sănătății umane și al mediului înconjurător. Calitatea aerului este un aspect esențial pentru bunăstarea noastră și pentru mediul înconjurător. Poluarea atmosferică poate avea consecințe semnificative asupra sănătății, contribuind la apariția și exacerbarea unor afecțiuni respiratorii și cardiovasculare. Prin implementarea unui proiect IoT dedicat monitorizării calității aerului ambient, putem aduce contribuții semnificative în gestionarea și crearea acestui aspect crucial.

Scopul acestui articol este de a cerceta sistemul inteligent de monitorizare a calității aerului, de îngrijire a senzorilor IoT avansați pentru a colecta și transmite date în timp real. Sistemul permite colectarea informațiilor referitoare la concentrațiile de poluare a particulelor fine.

Prin intermediul tehnologiei IoT, este creată o rețea interconectată de senzori plasați în diferite zone geografice, furnizând date precise și actualizate cu privire la calitatea aerului. Aceste informații vor fi accesibile publicului larg prin intermediul unei platforme online intuitive și unei aplicații mobile, oferă utilizatorilor posibilități de a lua decizii informate cu privire la activitățile zilnice și la contribuția la conștientizarea problemelor de mediu [1]. Prin acest articol, propunem să aducem o contribuție semnificativă la protejarea sănătăți lor publice și a mediului înconjurător, oferind instrumente eficiente pentru monitorizarea și gestionarea calității aerului. Implementarea acestui sistem IoT include un pas important către o societate mai sustenabilă și informată, în care fiecare individ poate contribui la crearea unei atmosfere mai curate și mai sănătoase pentru toți. Acest domeniu se concentrează pe colectarea, analiza și interpretarea

datelor privind compoziția aerului, în special a poluanților atmosferici și a altor factori care pot influența calitatea aerului. Importanța sănătății umane: Calitatea aerului are un impact semnificativ asupra sănătății umane. Poluanții atmosferici, cum ar fi particulele fine, dioxidul de azot, monoxidul de carbon și compușii organici volatili, pot provoca boli respiratorii, cardiovasculare și chiar cancer. Un sistem de monitorizare a calității aerului poate ajuta la identificarea zonelor cu niveluri ridicate de poluare și la luarea măsurilor corective pentru a proteja sănătatea publică.

Impactul asupra mediului: Calitatea aerului afectează și mediul. Poluanții atmosferici pot contribui la schimbările climatice, la degradarea ecosistemelor și la reducerea biodiversității. Sistemele de monitorizare a calității aerului contribuie la evaluarea impactului poluării asupra mediului și la dezvoltarea strategiilor de conservare a resurselor naturale.

Proiectul dezvoltat va fi un utilitar care va fi destinat tuturor utilizatorilor care doresc să profite la maximum de calitatea aerului pe care îl respiră, care este mult prea mult poluat, dar care la rândul său este un component vital pentru toții. Sistemul va putea construi un profil zilnic statistic de calitate a aerului exterior bazat pe mulți parametri, luând în considerare toate datele acumulate de instalație [2]. În acest sens, aplicația care va furniza această analiză, prioritizează utilizatorii care vor putea înțelege cu ușurință ce fel de aer va respira în ziua respectivă, cu doar câteva clicuri sau raportând corecții. În plus, sistemul va putea fi modificat la dorință pentru a putea comunica cu alte aplicații/sisteme. Scopul proiectului este de a ușura și a diversifica procesul de monitorizare a calității aerului din mediul ambiant. Pe măsură ce se apropie iarna, aerul care atârnă deasupra noastră se îngroașă cu fum și emisii de gaze din câmpurile în ardere, fabricile industriale și traficul de vehicule, blocând soarele și făcând respirația dificilă. Experții spun că nivelurile ridicate de poluare a aerului și pandemia de COVID-19 pot fi un amestec periculos, care poate avea consecințe grave.

Necesitatea monitorizării în timp real a calității aerului este foarte evidentă. Oricare din noi ar dori să fie ocupat cu ceva diferit toată ziua, însă nu toții au posibilitatea de a-și gestiona și optimiza cum utilizează timpul, din diverse motive. Acest sistem IoT va oferi o nouă viziune și o altă posibilitatea de a seta un filtru în aerul pe care îl respirăm, la nivel național nu sunt foarte multe exemple importante de realizare a unor sisteme de acest gen. Se propune ca rezultat să se obțină un rezultat important în efectuarea procesului de colectarea a tuturor parametrilor și datelor relevante despre aer, care va permite deschiderea unui spectru mai mare de viziuni despre acest domeniu.

Implementarea nodului senzorului

Reprezentările la acest subcapitol se concentrează asupra prezentării unei imagini generale a sistemului propus, oferind o perspectivă detaliată asupra arhitecturii bloc și a diagramei de circuit asociat. Diagrama de circuit constituie fundamentul tehnic al sistemului propus, evidențiind interconexiunile și funcționalitățile cheie ale componentelor. De la senzori avansați pentru detectarea poluanților atmosferici la modulele de comunicare și platforma centrală de prelucrare a datelor, fiecare element este integrat strategic pentru a asigura o monitorizare precisă și eficientă a calității aerului ambiant. Această diagramă este utilă pentru a oferi o reprezentare grafică a conexiunilor și a componentelor unui sistem electronic. Aceasta servește la ilustrarea modului în care dispozitivele și elementele interacționează între ele pentru îndeplinirea unui anumit scop.

Arhitectura bloc oferă o perspectivă structurală sistemului, identificând categoriile principale asupra componentelor și relațiilor dintre acestea. Prin intermediul blocurilor funcționale, precum senzorizarea, procesarea datelor, stocarea și interfața utilizatorului, arhitectura este proiectată pentru a facilita fluxul optim al informațiilor și a asigura un control eficient asupra întregului ecosistem IoT [3].

Acest subcapitol explorează detaliile bloc component, evidențiind rolul și importanța acestuia în cadrul sistemului general. Fiecare etapă, de la captarea datelor la prezentarea acestora

într-un mod accesibil și comprehensibil pentru utilizatori, este ilustrată în cadrul acestui bloc de arhitecturi.

Prin prezentarea acestei imagini generale a diagramei de circuit completată de arhitectura bloc a sistemul, se propune un cadru conceptual solid pentru dezvoltarea modului în care fiecare componentă contribuie la funcționarea armonioasă a sistemului IoT pentru monitorizarea calității aerului ambiental. Este un punct de plecare pentru dezvoltarea detaliată a unui aspect tehnic și funcțional în capitolele ulterioare, contribuind astfel la realizarea unei soluții integrate și eficiente pentru gestionarea calității aerului în mediul ambiant.

Reprezentarea schematică a arhitecturi sistemului poate fi găsită în figura 1.

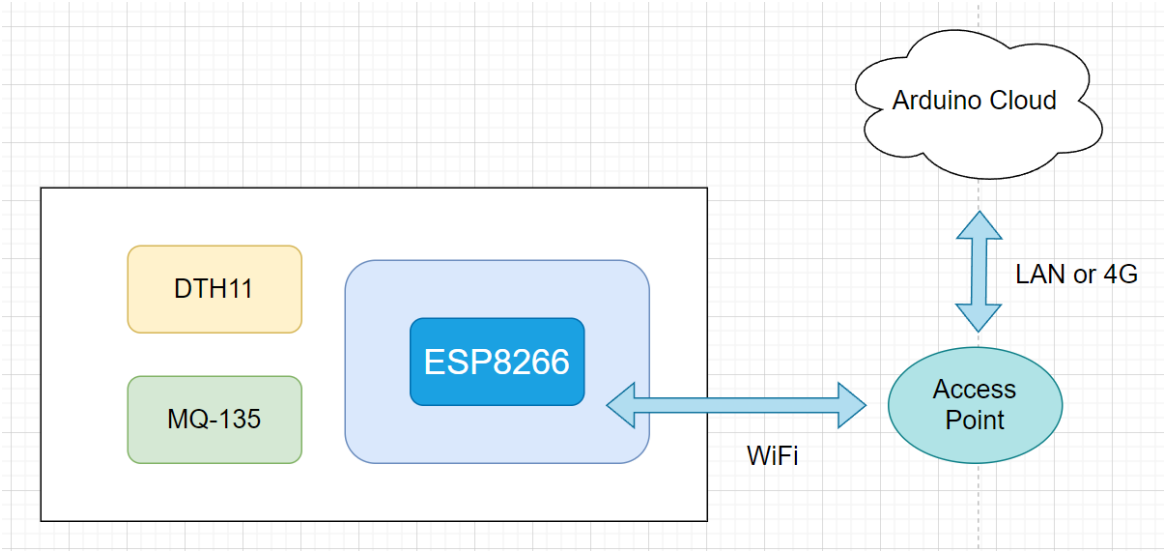


Figura 1. Arhitectura sistemului

O reprezentare grafică a interacțiunilor care au loc între diferitele componente ale unui sistem este foarte importantă în dezvoltarea sistemului IoT pentru monitorizarea AQI. Senzorul DHT11 și senzorul MQ-135 sunt alimentați cu +3V. Pinii emițătorului și receptorului DHT 11 sunt conectați la D2 din ESP8266. Pinul de ieșire analogic al senzorului MQ-135 este conectat la A0. Conexiunile senzorilor la placa ESP8255 este reprezentat mai detaliat fiecare conexiune în tabelele 1-2.

Conexiunile sunt prezentate în tabelul de mai jos:

Tabelul 1

NR.	DHT 11 PIN	ESP8266 PIN
1	VCC	3V
2	GND	G
3	OUT	D2

Tabelul 2

NR.	MQ-135 PIN	ESP8266 PIN
1	A0	A0
2	GND	G
3	VCC	3V

Colectarea și prelucrarea datelor

Implementarea unui sistem de monitorizare a calității aerului, bazat pe senzori de temperatură, umiditate și calitatea aerului, presupune o etapă crucială și complexă - integrarea senzorilor în structura sistemului. Acest capitol se afișează pe detaliile acestui proces esențial, care propune să creeze o legătură fluidă între dispozitivele de colectare a datelor și platformei centrale, asigurând funcționarea eficientă și precizie în transmiterea informațiilor. Selectarea și conectarea adecvată a senzorilor la plăcile de dezvoltare primul pas esențial în procesul de integrare. O atenție deosebită este acordată alegerii plăcilor, asigurându-ne că acestea sunt compatibile cu senzorii selectați și că oferă interfețe de comunicare eficientă. Pentru a extrage informații valoroase ale senzorului, este necesară dezvoltarea unui cod sursă inteligent, capabil să interpreteze datele citite. Aici, se explorează diverse protocoale de comunicare, iar logica de gestionare a erorilor este integrată pentru a garanta fiabilitatea în colectarea datelor. Detaliem utilizarea tehnologiilor de comunicare fără fir, precum Wi-Fi sau Bluetooth, pentru a asigura o transmitere eficientă și securizată a datelor către platforma centrală. Implementarea unui protocol de comunicare solid și proceduri de securitate sunt elemente esențiale pentru o transmitere corectă. Un accent deosebit de pus pe realizarea unor teste riguroase pentru a evalua stabilitatea comunicării între senzori și platformă centrală. În acest stadiu, identificarea și remedierea potențialelor probleme de transmisie sunt aspecte cruciale pentru asigurarea unui flux constant și fiabil de date [4].

Configurarea și integrarea cu o bază de date sunt abordate în această secțiune pentru a stoca eficientă a datelor. O interfață de integrare este dezvoltată pentru a facilita transferul eficient de date între senzori și baza de date, contribuind astfel la gestiunea coerentă a informațiilor colectate.

În cadrul proiectului sunt 4 variabile principale care afișează datele colectate de la senzori care sunt afișate în figura 2.

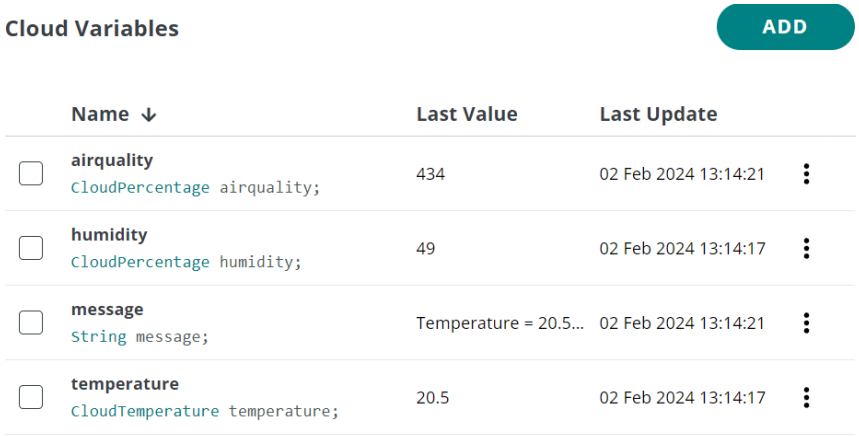


Figura 2. Variabilele Cloud

Afișarea informației colectate de senzori este disponibilă pentru vizualizare și monitorizare pe platforma Arduino Cloud versiunea desktop sau pe aplicația mobilă Arduino Remote direct de pe smartphone. În figura 3 este reprezentată fereastra de bază a aplicației unde ca funcționalitățile principale sunt vizualizarea rapidă a datelor cum ar fi temperatura umiditatea și nivelul AQI al calității aerului ambiant. adăugarea unui task nou și vizualizarea în calendar a tuturor activităților introduse anterior

Pe lângă afișarea digitală putem analiza informația și sub formă grafică care este furnizată de grafice pentru fiecare compartiment de date aparte, unde se poate de gestionat evoluția datelor în timp real la o oră sau la câteva zile respective. Aceasta da posibilitatea de a crea un tablou mai amplu în cea ce ține de modificarea calității aerului pe parcursului unor zile sau săptămâni.

Analiza grafică este reprezentată în figura 4 unde de asemenea este și realizat și funcționalitatea de mesagerie unde primim mesaje despre modificarea datelor în timp real, mesajele pot servi la rândul lor o bază bună de analiză a evoluției datelor pe o perioadă scurtă de timp, fiind și foarte comod de vizualizat sub această formă de text.

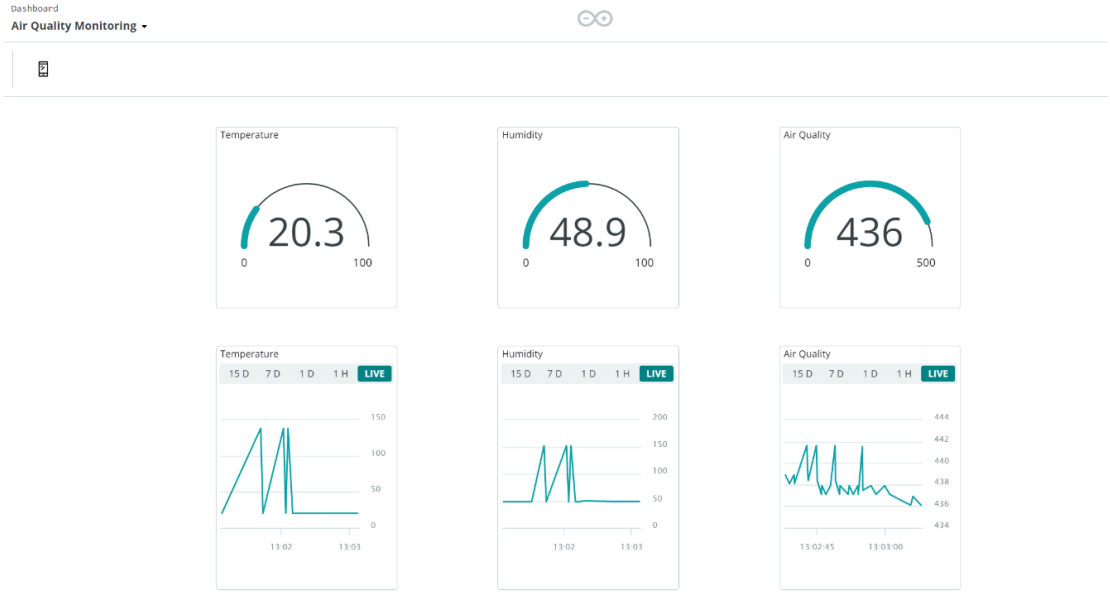


Figura 3. Afișarea datelor în dashboard

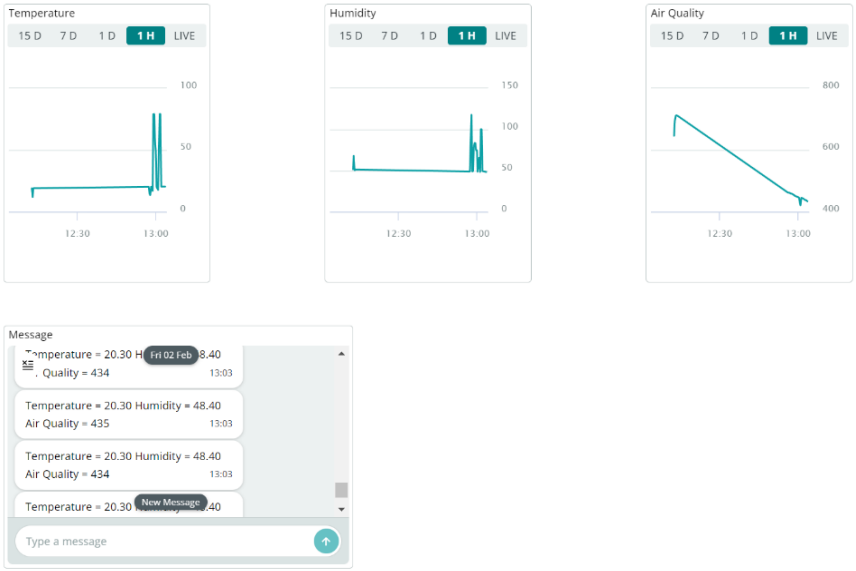


Figura 4. Grafice ale datelor colectate

Concluzii

Este esențial să devenim pricepuți în arta managementului calității aerului ambiant în era digitală actuală, dacă vrem să ne realizăm întregul potențial în activitățile care cuprind viața noastră de zi cu zi. Dezvoltarea unei sistem pentru a monitorizarea calității aerului ar face posibil ca utilizatorii să cunoască real cu ce aer respiră, prin această se poate de îmbunătățit calitatea vieții fiecarui utilizator a sistemului dat IoT care la moment sunt foarte populare și eficiente.

Atunci când se dezvoltă un sistem eficient, este absolut necesar să se țină cont de preferințele utilizatorilor și să se adauge funcții care nu sunt doar simple de utilizat, ci și clare în designul lor. Dacă se doreste ca clienții să fie mulțumiți de produsul realizat, trebuie de asigurat că proiectul realizat este compatibil cu o mare varietate de platforme de calcul și sisteme de

operare și, de asemenea, trebuie oferite opțiuni substanțiale de personalizare. Acest proiect aduce beneficii semnificative prin furnizarea de date precise și în timp real privind umiditatea, temperatura și calitatea aerului. ESP8266 asigură conectivitatea la rețelele Wi-Fi, permițând accesul la informații despre distanță, iar senzorii DHT11 și MQ135 oferă măsurători detaliate și fiabile. Utilizarea platformei Arduino Cloud aduce un nivel înalt de accesibilitate, facilitând monitorizarea și interpretarea datelor prin interfețe prietenoase cu utilizatorul. Astfel, utilizatorii pot obține informații despre esențiale despre aerul ambient în real și pot lua decizii informații pentru a-și face timp mediu înconjurător. Acest proiect o punte între tehnologia IoT și crearea calității vieții, deschizând calea către utilizarea inteligenței artificiale pentru a gestiona și a crea mediul nostru de viață. Este fezabil de a obține cele mai bune rezultate posibile doar cu un produs care nu este doar bine concepută și ușor de utilizat, ci ia în considerare și prioritățile persoanelor care o vor folosi. Ținta principală este ca utilizatorii să fie mulțumiți de efectul produs asupra lor [5].

Prin colectarea și analiza datelor în timp real, sistemul nu doar furnizează informații despre mediu, ci și promovează conștientizarea asupra impactului pe care calitatea aerului îl poate avea asupra sănătății și bunăstării individuale. aspect devine crucial într-un context global în care se preocupă pentru mediu și sănătate publică. Aceasta poate contribui la reducerea stresului, creșterea productivității și îmbunătățirea calității vieții. Prin promovarea unui stil de viață sănătos și sustenabil, acest sistem IoT nu aduce doar beneficii individuale, ci contribuie și la formarea unei comunități informate și preocupate de calitatea mediului înconjurător. Astfel, prin realizarea acestui articol, nu doar demonstrează eficiența cercetării tehnologiei IoT în monitorizarea calității aerului, ci și subliniază potențialul de transformare a contribuției la societățile noastre.

Referinţe

[1] Science Direct: Air pollution monitoring system using IoT, ©2021 [citat 23.02.2024]. Disponibil: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221478532104966X
[2] AUTODESK Instructables: Connecting Arduino WiFi to the Cloud Using ESP8266, ©2024 [citat 23.02.2024]. Disponibil: https://www.instructables.com/Connecting-Arduino-WiFi-to-the-Cloud-Using-ESP8266/
[3] P. Landrigan et al., “The Lancet Commission on Pollution and Health,” Lancet, vol. 391, pp. 464–512, 2018.
[4] National Air Quality Index, [citat 10.04.2024], Disponibil: https://app.cpcbccr. com/
[5] Airveda Outdoor Air Quality Monitor, [citat 01.04.2024], Disponibil: https: //www.airveda.com/outdoor-air-quality-monitor.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

Владимир ВЕРЕТКО

Департамент Программная Инженерия и Автоматика, группа TI-231M, Факультет Вычислительной Техники, Информатики и Микроэлектроники, Технический Университет Молдовы, Кишинев, Молдова

Автор корреспондент: Владимир ВЕРЕТКО, email: vladimir.veretco@isa.utm.md

Научный руководитель **Галина МАРУСИК**, PhD, DISA, UTM

Аннотация. *В статье рассмотрены основные методы анализа и моделирования отрезков временных рядов метеорологических величин. К ним относят метод полиномиальной аппроксимации, разложение вектора по собственным векторам ковариационной матрицы и метод периодических составляющих. Приведены описания этих методов на примере их использования в процессе обработки климатических данных. В ходе сравнительного анализа полученных результатов был сделан вывод о применимости данных методов при построении математических моделей и составлении долгосрочных прогнозов. В качестве исходных данных были взяты временные ряды значений приземной температуры воздуха, полученные за период наблюдений.*

Ключевые слова: *Временной ряд, аппроксимация, собственный вектор, ковариационная матрица, периодические составляющие.*

Введение

Временной ряд определяется как расположенные в хронологической последовательности данные измерений одной или нескольких величин и включает в себя два элемента - отметку времени вдоль оси X и значение величины ряда вдоль оси Y, соответствующее указанной отметке времени. В качестве показателя времени в рядах могут указываться как периоды наблюдений, так и отдельные моменты времени. Временной ряд характеризуется длиной, то количеством входящих в него уровней, где уровень - каждое новое наблюдение [1].

С применением ограниченного объема информации - временного ряда конечной длины - исследования дают возможность описать функцию, порождающую ряд, проанализировать его структуру и предсказать будущее поведение величины ряда на основании ее прошлых значений.

Временной ряд приземной температуры воздуха может быть получен с помощью автоматической метеорологической станции, собирающей и отправляющей данные в режиме реального времени или осуществляющей сохранение их в целях последующего восстановления [2]. Также они поступают в центры обработки данных, где используются метеорологами для составления долгосрочных прогнозов погоды и учеными для изучения климатических изменений в мире.

К основным математическим методам моделирования временных рядов относят метод полиномиальной аппроксимации, метод разложения ряда по собственным векторам ковариационной матрицы, а также метод моделирования временного ряда с помощью периодических составляющих.

Метод полиномиальной аппроксимации

Метод полиномиальной аппроксимации состоит в замене значений временного ряда функцией в виде полинома выбранной степени (Ур. (1)).

$$y(t_i) = a_0 + a_1 t_i + a_2 t_i^2 + \cdots + a_m t_i^m + \varepsilon \quad (1)$$

В ходе аппроксимации определяется функция, график которой представляет собой гладкую непрерывную кривую, при этом не обязательно проходящую через все узловые точки, но наилучшим образом соответствующую им. Для экспериментальных данных, полученных в результате измерений, применяется сглаживание случайных ошибок. Коэффициенты искомой математической модели находятся из минимизации целевой функции (Ур. (2)):

$$S = \sum_{i=1}^{n} (y_i - \hat{y}_i)^2 = min \quad (2)$$

В качестве исходных данных был выбран временной ряд среднесуточной приземной температуры воздуха за март этого года [3]. В ходе аппроксимации временного ряда был получены следующие результаты (Рис. 1):

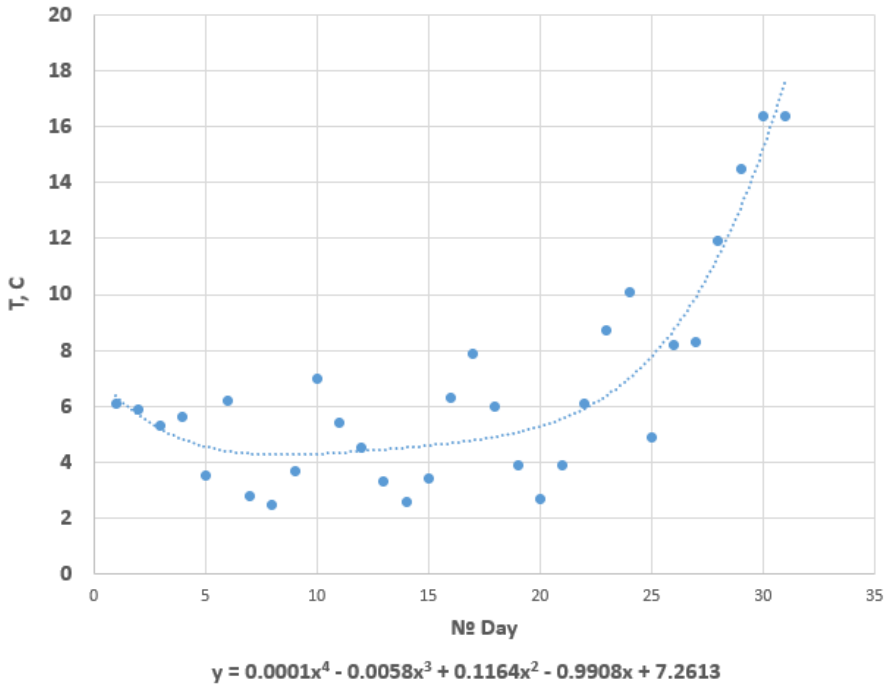


Рисунок 1. График среднесуточных температур воздуха в Кишиневе за март 2024 г.

В качестве аппроксимирующей функции был выбран многочлен четвертой степени. С увеличением степени многочлена погрешность при аппроксимации убывает. Синяя линия, представляющая собой график полиномиальной функцией, является линией тренда и указывает общую динамику среднесуточных температур в марте. При этом в отдельные сутки температура может значительно отличаться от линии тренда как в большую, так и в меньшую сторону.

Разложение временного ряда по собственным векторам

Метод разложения временного ряда по собственным векторам ковариационной матрицы включает в себя нескольких этапов, а именно генерирование ансамбля временных радов, составление ковариационной матрицы, расчет собственных значений и векторов матрицы для построения графика математической модели [4].

Собственный вектор матрицы обладает данной особенностью (Ур. 3), где l - собственное значение матрицы, являющееся действительным числом:

$$A\vec{x} = \lambda\vec{x} \quad (3)$$

При этом ковариационная матрица A представляет собой матрицу, составленную из попарных ковариаций элементов случайных векторов. В случае, если вектор состоит из одной величины, ковариационная матрица показывает дисперсию этой случайной величины [5].

Для построения математической модели был выбран ансамбль временных рядов среднесуточной приземной температуры воздуха в Кишиневе первой недели марта за последние пять лет (Таблица 1).

Таблица 1

Среднесуточная температура воздуха в период 1 - 7 марта разных лет

Дата	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.
01. 03	5.1	1.2	0.3	2.3	6.1
02. 03	6.4	4.5	-0.3	2.1	5.9
03. 03	11.0	5.7	0.4	2.5	5.3
04. 03	12.5	5.9	1.6	4.2	5.6
05. 03	7.7	8.5	-0.1	3.1	3.5
06. 03	7.8	1.6	-0.1	3.6	6.2
07. 03	10.3	-0.5	-0.6	4.9	2.8

Приведены вычисления собственных векторов и значений ковариационной матрицы, составленной на основе ансамбля временных рядов (Рис. 2), при этом собственные значения располагаются в порядке возрастания.

Собственные значения	1.67	6.17	9.5
Собственные вектора	0.27	-4.26	-8.36
	0.12	2.06	-17.68
	0.41	-0.26	-2.24
	-0.25	-1.7	0.32
	1	1	1

Рисунок 2. Собственные значения и вектора ковариационной матрицы

На основе матрицы, полученной из собственных векторов, была построена модель временного ряда. Точность модели увеличивается с увеличением размера ансамбля исходных временных рядов, а также количества уровней в каждом из них.

Метод периодических составляющих

Метод периодических составляющих применяется в случае периодических колебаний значений временного ряда и может включать в себя как одну, так и несколько компонент, образующих математическую модель. Компонентой (сезонной составляющей) называют величину временного ряда, описывающую изменяющуюся часть всего объема данных. Каждая компонента представляет собой синусоиду и задается уравнением гармонических колебаний (Ур. 4):

$$y = A * sin(\varphi_0 + \omega t) + b \quad (4)$$

, где A - амплитуда колебаний, j_0 - начальная фаза, w - циклическая частота, показывающая количество колебаний за единицу времени [6].

При использовании метода были взяты данные среднемесячных температур за 2022 - 2023 год [7], описывающие сезонные колебания приземной температуры воздуха в течение года и, с небольшой погрешностью, являющиеся циклическими (Рис. 3). Одно из преимуществ данного метода – возможность составления долгосрочных прогнозов погоды на большой период времени.

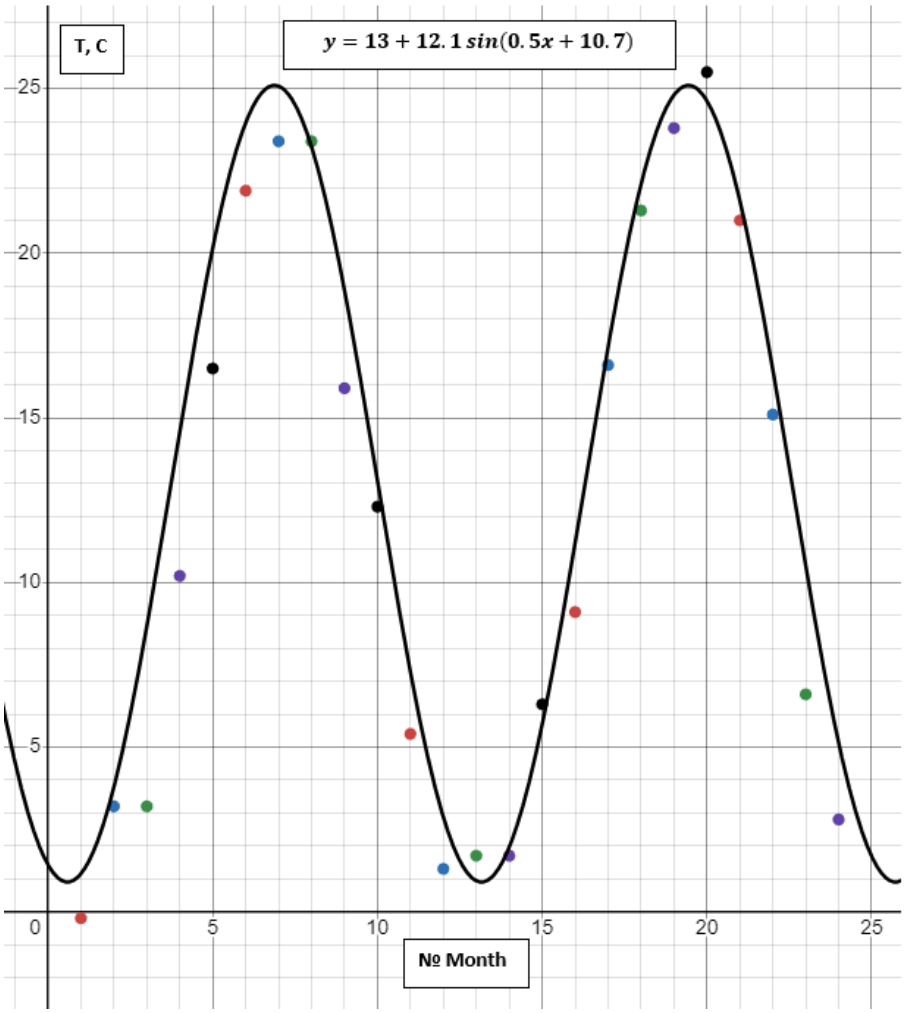


Рисунок 3. Математическая модель сезонных колебаний температуры воздуха

Выводы

Математические методы моделирования временных рядов, рассмотренные в данной статье, играют существенную роль в анализе климатических данных, позволяя получить модель их поведения на протяжении длительного периода времени. На ее основе возможно с высокой степенью точности составить долгосрочный прогноз без учета текущих характеристик погоды.

Важно, чтобы была возможность выбора нескольких методов для составления данной модели. В первом варианте был использован лишь один реальный временной ряд и была определены степень полинома для аппроксимации. При использовании метода разложения вектора по собственным векторам ковариационной матрицы предварительно потребовалось создать ансамбль временных рядов и провести расчет вспомогательных характеристик. Метод периодических составляющих предполагал представление временного ряда в виде функции гармонических колебаний.

Было выявлено, что у каждого из методов есть свои особенности. Так, метод полиномиальной аппроксимации обладает меньшей чувствительностью к аномальным

значениям временного ряда при небольшой степени полинома. Метод с использованием ковариационной матрицы наиболее сложен, поскольку реализуется поэтапно и требует генерацию дополнительных ансамблей временных рядов. В то же время метод периодических составляющих применим исключительно к временным рядам с большой длиной и сезонным трендом.

Библиография

[1] Т.В. Саженкова, И.В. Пономарѐв, С.П. Пронь, “Методы анализа временных рядов,” *Издательство Алтайского Государственного университета*, Барнаул, 2020.
[2] К. Л. Восканян, “Исследование статистических характеристик временных рядов значений приземной температуры воздуха,” *Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук*, Санкт-Петербург, 2013.
[3] “Монитор погоды в Кишиневе,” [Онлайн]. Доступно: http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=33815&month=3&year=2023.
[4] К. Л. Восканян, Т. И. Иванова, А. Д. Кузнецов, О. С. Сероухова, “К вопросу о математическом моделировании временных рядов приземной температуры воздуха,” *Российский Государственный Гидрометеорологический университет*, 2017.
[5] Г. М. Чечин, М. Ю. Захцер, “Собственные значения и собственные векторы матриц,” *Издательство Ростовского Государственного университета*, Ростов-на-Дону, 2006.
[6] Ю. Ф. Пугачев, “Колебания и волны,” *Ульяновское высшее авиационное училище*, Ульяновск, 2004.
[7] “Национальное бюро статистики Республики Молдова,” [Онлайн]. Доступно: https://statbank.statistica.md/PxWeb/pxweb/ro/10%20Mediul%20inconjurator/?rxid=b2ff27d7-0b96-43c9-934b-42e1a2a9a774.

ТЕСТИРОВАНИЕ В ОБЛАЧНЫХ СРЕДАХ. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДХОДОВ И МЕТОДОВ ТЕСТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ В ОБЛАЧНЫХ СРЕДАХ, ТАКИХ КАК AMAZON WEB SERVICES (AWS), MICROSOFT AZURE И GOOGLE CLOUD PLATFORM

Максим САВЕЛЬЕВ

Департамент Программной Инженерии и Автоматики, Группа TI-217, Факультет Вычислительной Техники и Микроэлектроники, Технический Университет Молдовы, Кишинёв, Республика Молдова

Автор: Максим Савельев, maxim.saveliev@isa.utm.md

Научный руководитель: **Татьяна СКОРОХОДОВА**, ТУМ

Аннотация: *В статье рассматриваются проблемы и методологии тестирования программного обеспечения в облачных средах Amazon Web Services, Microsoft Azure и Google Cloud Platform. Отмечается важность учитывать уникальные характеристики каждого облачного провайдера, включая уровни отказоустойчивости, географическое распределение данных и реализованные механизмы безопасности.*

Ключевые слова: *Облачные среды, AWS, Microsoft Azure, Google Cloud Platform, тестирование, безопасность, масштабируемость.*

Введение

Тестирование программного обеспечения, развернутого в облачной инфраструктуре, представляет собой сложную задачу, требующую специализированных подходов. Динамическая природа облачных сред, их масштабируемость и распределенный характер вынуждают пересматривать традиционные методики обеспечения качества. В данной работе исследуются ключевые стратегии и практики, необходимые для всестороннего тестирования облачных приложений на предмет функциональности, производительности, надежности и безопасности.

Особый акцент делается на внедрении автоматизированных наборов тестов, способных гибко адаптироваться к меняющимся условиям виртуализированной среды выполнения при одновременном снижении затрат и повышении эффективности процесса верификации. Рассматриваются механизмы интегрированного мониторинга и сбора данных для выявления проблем в режиме реального времени.

Актуальность облачных сервисов

Облачные вычисления представляют собой модель предоставления вычислительных ресурсов и сервисов через интернет по требованию. Вместо приобретения и обслуживания собственной дорогостоящей инфраструктуры, организации арендуют необходимые мощности у облачных провайдеров.

В облачных вычислениях различают несколько видов сервисов [1, 2]:

- Инфраструктура как сервис (IaaS) - предоставление виртуализированных вычислительных ресурсов, таких как серверы, сетевое оборудование и хранилища данных.
- Платформа как сервис (PaaS) - среда для разработки, тестирования и развертывания приложений, включая операционные системы, базы данных и инструменты разработки.

- Программное обеспечение как сервис (SaaS) - готовые к использованию приложения, доступные через Интернет на основе подписки.

Ведущими облачными провайдерами являются Amazon Web Services (AWS), Microsoft Azure и Google Cloud Platform (GCP). Эти гиганты обеспечивают глобальную доступность и широкий спектр услуг, упрощающих миграцию в облако. На рисунке 1 приведен тренд доли рынка облачных провайдеров.

Впечатляющий рост данных сервисов обусловлен многочисленными преимуществами облачных технологий, включая масштабируемость, экономию ресурсов, высокую доступность и ускорение цифровой трансформации предприятий.

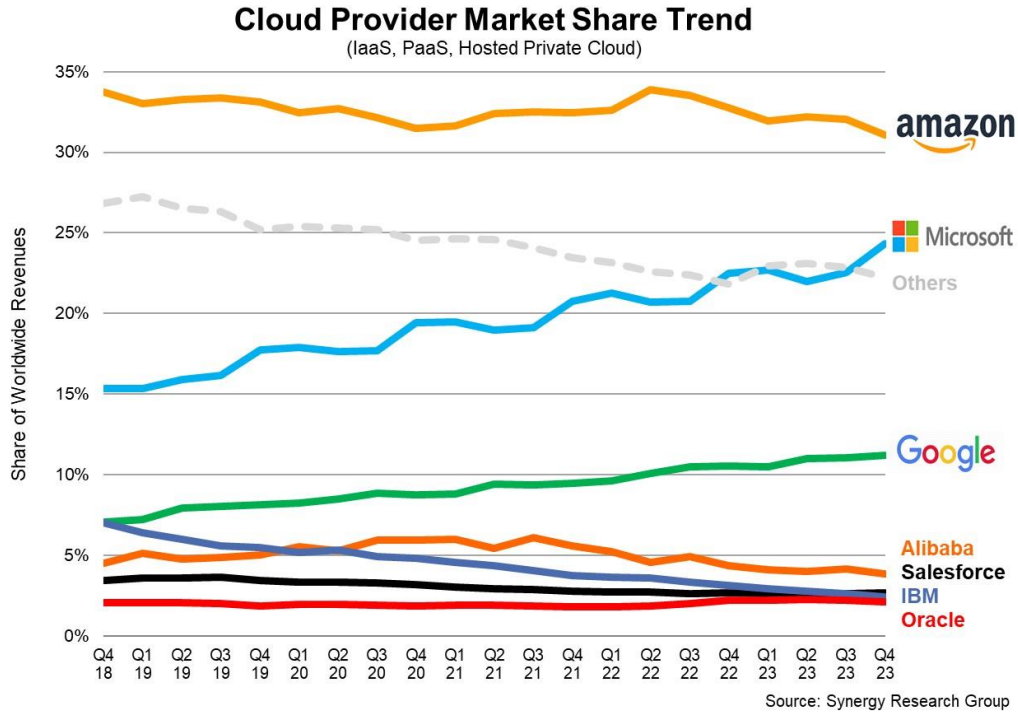


Рисунок 1. Тренд доли рынка облачных провайдеров (2018-2023) [3]

Облачные гиганты

Рынок облачных вычислений на сегодняшний день представлен тремя доминирующими игроками - Amazon Web Services, Microsoft Azure и Google Cloud Platform. Эти технологические гиганты предлагают обширные портфели облачных сервисов, стремясь обеспечить всестороннее решение для самых разнообразных требований клиентов.

Amazon Web Services (AWS) [4]

AWS, запущенный в 2006 году, является пионером в области облачных вычислений. Эта платформа предлагает более 200 полнофункциональных сервисов, охватывающих практически все потребности в области IaaS, PaaS и SaaS. От вычислительных мощностей и хранения данных до аналитики, машинного обучения и Интернета вещей - AWS обеспечивает широчайший выбор возможностей.

Ключевые сервисы AWS включают EC2 (Elastic Compute Cloud) для виртуальных машин, S3 (Simple Storage Service) для объектных хранилищ данных, а также облачную платформу для контейнеров и микросервисов AWS Fargate. AWS располагает обширной сетью региональных центров обработки данных по всему миру.

Microsoft Azure [5]

Облачная платформа Azure от Microsoft, запущенная в 2010 году, стремительно набирает популярность. Она предлагает широкий спектр облачных сервисов, включая

виртуальные машины, контейнеризацию, хранение данных, базы данных, аналитику и искусственный интеллект.

Ключевыми преимуществами Azure являются тесная интеграция с другими продуктами Microsoft, такими как Windows Server и .NET, а также гибридные облачные возможности для соединения локальной инфраструктуры с облачными ресурсами. Популярные сервисы Azure включают Virtual Machines, Azure Kubernetes Service и Azure Cosmos DB.

Google Cloud Platform (GCP) [6]

Выйдя на рынок облачных услуг в 2011 году, GCP быстро превратилась в серьезного конкурента AWS и Azure. Эта платформа опирается на масштабную инфраструктуру Google и предлагает передовые сервисы для искусственного интеллекта, машинного обучения, больших данных и аналитики.

Среди ключевых сервисов GCP можно выделить Compute Engine для виртуальных машин, Kubernetes Engine для контейнеризации, BigQuery для обработки больших данных, а также CloudML и TensorFlow для задач машинного обучения. GCP также предоставляет облачные игровые сервисы и облачную платформу для обработки геопространственных данных.

Все три гиганта постоянно развивают свои облачные предложения, внедряя инновационные сервисы и технологии. Выбор конкретного провайдера часто определяется существующей инфраструктурой, техническими требованиями, а также необходимыми функциональными возможностями и ценовой политикой.

Организации процесса тестирования в облачной среде

В облачной среде рекомендуется придерживаться следующих практик для организации процесса тестирования:

a) определение требований и целей тестирования;
b) выбор и настройка облачной среды тестирования;
c) разработка и реализация тестовых сценариев;
d) выполнение тестов;
e) анализ результатов тестирования и отчётность;
f) оптимизация и улучшение процесса тестирования;
g) повторное тестирование и мониторинг.

Следование данным практикам позволит создать эффективный процесс тестирования, хорошо интегрированный с облачной средой и DevOps-подходом, что обеспечит высокое качество, быструю доставку приложений и соответствие современным стандартам разработки программного обеспечения.

Ключевые аспекты тестирования облачных приложений

В облачных средах можно реализовать несколько типов тестирования, которые позволят проверить каждый аспект системы и создать качественный продукт [7].

Функциональное тестирование

В облачных средах функциональное тестирование приобретает дополнительную сложность из-за распределенной природы приложений и многочисленных взаимодействий между компонентами. Необходимо тщательно проверять работоспособность всех функций, а также интеграцию с различными облачными сервисами, такими как хранилища данных, очереди сообщений и API. Автоматизированные тесты с применением методологий поведенческого тестирования (Behavior Driven Development) могут значительно повысить эффективность функционального тестирования.

Тестирование производительности и нагрузочное тестирование

Масштабируемость является одним из ключевых преимуществ облачных решений. Поэтому критически важно проводить нагрузочное тестирование для имитации высоких

нагрузок и оценки производительности приложения в разных сценариях. Следует учитывать особенности облачной инфраструктуры, такие как автоматическое масштабирование ресурсов и балансировка нагрузки между несколькими узлами. Инструменты Apache JMeter и Gatling могут использоваться для создания нагрузочных тестов.

Проверка надежности и отказоустойчивости

Облачные приложения должны быть способны восстанавливаться после сбоев и продолжать работать даже при отказе отдельных компонентов. Тестирование надежности и отказоустойчивости предполагает моделирование различных сценариев отказов, таких как сбои сети, недоступность сервисов или выход из строя виртуальных машин. Необходимо проверять реакцию системы, механизмы автоматического восстановления и сохранность данных.

Регрессионное тестирование

Регулярные обновления облачной инфраструктуры и сервисов могут привести к непредвиденным последствиям для развернутых приложений. Регрессионное тестирование помогает выявить нарушения в ранее работающий функциональности, вызванные изменениями. Использование автоматизированных тестов крайне важно для эффективного регрессионного тестирования в облачных средах.

Тестирование безопасности и соответствия нормативным требованиям

Безопасность является одной из ключевых проблем при использовании общедоступных облачных сервисов. Необходимо проводить тестирование на предмет уязвимостей, таких как незащищенные конечные точки API, недостаточная авторизация и аутентификация, а также утечки данных. Также важно обеспечить соответствие облачных приложений отраслевым стандартам и нормативным требованиям, например, GDPR или HIPAA в сфере здравоохранения.

Автоматизированное тестирование в облаке

Динамическая природа облачных сред и постоянное развитие облачных технологий требуют пересмотра традиционных подходов к тестированию программного обеспечения. Ручное тестирование становится все более трудоемким и неэффективным по мере роста сложности приложений. В этом контексте автоматизация процессов тестирования приобретает критическую важность для обеспечения качества облачных решений.

Ключевым преимуществом автоматизированного тестирования в облаке является его масштабируемость. Благодаря возможности динамического выделения вычислительных ресурсов, автоматизированные тесты могут параллельно выполняться на множестве виртуальных машин или контейнеров, значительно сокращая общее время тестирования.

Для реализации автоматизированного тестирования в облаке используются различные инструменты и фреймворки, охватывающие все виды тестирования - от модульного до нагрузочного. Среди популярных инструментов можно выделить Selenium для автоматизации веб-приложений, Appium для мобильного тестирования, JMeter для нагрузочного тестирования, а также фреймворки для разработки тестов на основе поведения (Behavior Driven Development), такие как Cucumber и SpecFlow. Кроме того, ведущие облачные провайдеры предлагают специализированные сервисы для тестирования, например, AWS Device Farm для тестирования мобильных приложений.

Эффективная интеграция автоматизированного тестирования в процесс разработки облачных приложений является ключом к обеспечению высокого качества программного обеспечения, соответствия требованиям и своевременной доставки новых версий продукта.

Сервисы тестирования для основных облачных провайдеров

В современных облачных технологиях лидерами рынка являются Amazon Web Services (AWS), Microsoft Azure и Google Cloud Platform (GCP). Эти провайдеры завоевали доверие миллионов организаций по всему миру, предлагая обширные портфолио сервисов и инструментов для создания масштабируемых и надежных облачных решений. На рисунке 2 представлено корпоративное использование поставщиков общедоступных облаков.

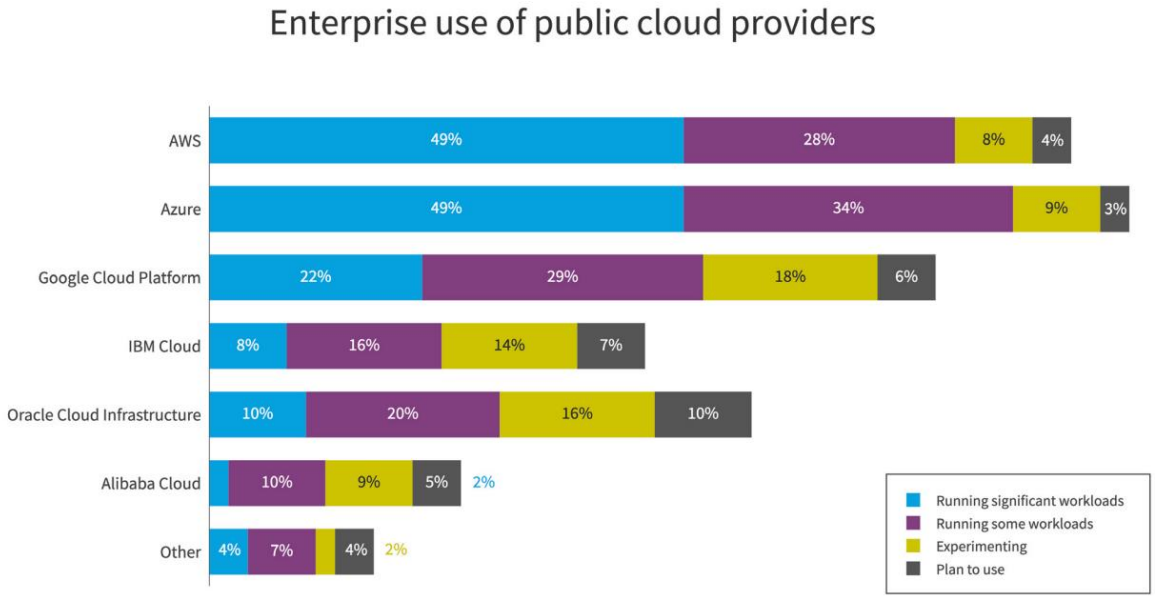


Рисунок 2. Корпоративное использование поставщиков общедоступных облаков [8]

Несмотря на общие принципы тестирования облачных приложений, подходы могут существенно различаться в зависимости от используемой облачной платформы. Ведущие провайдеры, такие как AWS, Azure и GCP, предлагают собственные наборы инструментов и сервисов для тестирования, оптимизированных под их специфические возможности и архитектуру.

В таблице 1 представлены типы тестирования и соответствующие инструменты для трех облачных гигантов.

Проанализировав данные, представленные в таблице 1, можно сделать вывод, что Google Cloud Platform и AWS имеют преимущества благодаря масштабируемости и производительности для функционального тестирования, тестирования производительности и нагрузочного тестирования. Microsoft Azure выделяется инструментами для имитации сбоев и быстрого восстановления, что делает ее предпочтительной для проверки надежности и отказоустойчивости. AWS CodeBuild и CodePipeline обеспечивают интеграцию с множеством сервисов, что может дать преимущество для регрессионного тестирования. AWS Security Hub интегрируется с партнерскими решениями безопасности, что может сделать AWS предпочтительным выбором для комплексного тестирования безопасности и соответствия требованиям.

Помимо выбора подходящих инструментов при тестировании в конкретной облачной среде необходимо учитывать особенности уровней доступности сервисов, географического распределения данных и реализованных механизмов безопасности. Уровни доступности сервисов в облаке варьируются от одной зоны доступности до нескольких зон в пределах одного региона или даже объединения нескольких географически распределенных регионов. Например, для обеспечения соответствия требованиям по отказоустойчивости следует тестировать приложение в разных регионах и зонах доступности, имитируя сбои и проверяя, как приложение справляется с автоматическим переключением на резервные ресурсы.

Таблица 1.

Облачные сервисы для различных типов тестирования

Вид тестирования	**Amazon Web Services (AWS)**	**Microsoft Azure**	**Google Cloud Platform (GCP)**
Функциональное тестирование	AWS Device Farm - поддерживает более 200 реальных физических устройств, AWS Lambda - допускает до 1000 одновременных исполнений	Azure Test Plans - интегрируется с более чем 50 типами тестов, Azure DevOps - масштабируется до 50 000 пользователей	Cloud Functions - масштабируется до 1 миллиона экземпляров с автоматической балансировкой нагрузки
Тестирование производительности и нагрузочное тестирование	AWS CloudWatch - собирает и обрабатывает миллионы метрик ежесекундно, AWS Auto Scaling - масштабируется от одной до сотен виртуальных машин	Azure Load Testing - обеспечивает до 5 миллионов виртуальных пользователей, Azure Monitor - поддерживает до 500 метрик на каждый указанный ресурс	Cloud Monitoring - обрабатывает миллионы операций записи в секунду, Cloud Load Testing - поддерживает синхронную отладку до 8 контейнеров одновременно
Проверка надежности и отказоустойчивости	AWS Fault Injection Simulator - поддерживает более 25 типов сбоев, Amazon ECS - обеспечивает среднее время безотказной работы более 99,99%	Azure Chaos Studio - может генерировать комбинации из более чем 30 различных типов сбоев, Azure Service Fabric - предоставляет среднее время восстановления менее 30 секунд	Cloud Chaos Mesh - поддерживает более 20 видов ошибок, Cloud Operations - обеспечивает защиту от простоя через автоматическое восстановление
Регрессионное тестирование	AWS CodeBuild - масштабируется до десятков тысяч параллельных задач сборки, AWS CodePipeline - интегрируется с десятками сервисов развертывания	Azure Pipelines - поддерживает до 1 миллиона задач в месяц в самом высокотарифном плане, Azure Test Plans - может выполнять миллионы тестовых кейсов	Cloud Build - может масштабироваться до 120 000 виртуальных машин в течение 15 минут при максимальной нагрузке, Cloud Code - поддерживает тестирование на виртуальных машинах Google Compute Engine
Тестирование безопасности и соответствия требованиям	AWS Security Hub - интегрируется с десятками партнерских решений безопасности, AWS Config - проверяет миллионы ресурсов облака на соответствие	Azure Security Center - анализирует триллионы событий облака ежедневно, Azure Policy - автоматизирует управление более чем 1000 встроенных политик соответствия	Cloud Security Command Center - охватывает активы по нескольким облачным проектам, папкам и организациям, Cloud Asset Inventory - осуществляет мониторинг активов в режиме реального времени

Географическое распределение данных в облаке зависит от нормативных требований, производительности и предпочтений клиентов. Данные могут храниться в определенных регионах или реплицироваться между несколькими локациями. При тестировании необходимо оценить, как приложение работает с распределенными данными, проверить задержки, производительность и корректность репликации. Безопасность облачных решений должна проверяться с учетом применяемых провайдером мер защиты данных и контроля доступа. Облачные провайдеры предлагают различные механизмы безопасности, такие как шифрование данных, брандмауэры, контроль доступа на основе ролей, средства обнаружения вторжений. Тестирование должно включать проверку того, как приложение взаимодействует с этими механизмами, а также имитацию различных сценариев атак и попыток несанкционированного доступа.

Выбор наиболее подходящей стратегии тестирования часто зависит от имеющегося опыта работы с конкретным облачным провайдером, существующих ограничений и целевых показателей качества для разрабатываемого приложения.

Заключение

В эпоху стремительного роста облачных вычислений и повсеместного перехода организаций к использованию облачных сервисов вопросы обеспечения качества и надежности облачных приложений становятся критически важными. В данной статье исследованы ключевые проблемы и передовые методологии тестирования программного обеспечения, развернутого в облачных средах таких ведущих провайдеров, как Amazon Web Services, Microsoft Azure и Google Cloud Platform.

Был проведен анализ облачных сервисов для различных типов тестирования. Анализ показал, что для эффективной верификации облачных решений необходим комплексный подход, охватывающий функциональное и нагрузочное тестирования, тестирование безопасности и отказоустойчивости с акцентом на автоматизацию процессов. Использование гибких автоматизированных наборов тестов, интегрированных с механизмами мониторинга и выявления проблем в реальном времени, позволяет обеспечить высокое качество и своевременную доставку приложений в динамичных облачных средах.

По мере дальнейшего развития облачных технологий и расширения их использования в критически важных системах потребность в передовых подходах к тестированию облачных решений будет только возрастать. Результаты исследования могут послужить основой для разработки более совершенных методологий и инструментов, обеспечивающих высочайший уровень качества и отказоустойчивости приложений в облачных средах.

Библиография:

[1] QA_Bible [электронный ресурс]. Режим доступа:https://vladislaveremeev.gitbook.io/qa_bible/testirovanie-v-raznykh-sferakh-oblastyakh-testing-different-domains/testirovanie-oblachnykh-reshenii-cloud-testing

[2] IBM - [электронный ресурс].- Режим доступа: https://www.ibm.com/blog/public-cloud-use-cases/

[3] Synergy Research Group [электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.srgresearch.com/articles/cloud-market-gets-its-mojo-back-q4-increase-in-cloud-spending-reaches-new-highs

[4] Amazon Web Services (AWS) [электронный ресурс]. Режим доступа: https://aws.amazon.com/
[5] Microsoft Azure [электронный ресурс]. Режим доступа: https://azure.microsoft.com/
[6] Google Cloud Platform (GCP) [электронный ресурс]. Режим доступа: https://cloud.google.com/
[7] Guru 99 [электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.guru99.com/cloud-testing-tutorial-with-saas-testing-primer.html
[8] Flexera [электронный ресурс]. Режим доступа: https://info.flexera.com/CM-REPORT-State-of-the-Cloud?lead_source=Organic%20Search

ASIGURAREA SECURITĂȚII ȘI CALITĂȚII SISTEMELOR INFORMATICE PRIN TEHNICI DE INGINERIE INVERSĂ

Octavian MAGDEI

Departamentul Inginerie Software și Automatică, SI-231M, Facultatea Calculatoare Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

Autorul corespondent: Octavian Magdei, magdei.octavian@isa.utm.md

Îndrumătorul/coordonatorul științific **Rodica BULAI**, lector universitar

Rezumat. *Ingineria inversă este o tehnică utilizată de dezvoltatori software, „etical hackeri" pentru a descoperi erori, vulnerabilități, înainte ca părțile răufăcătoare să le descopere. Ingineria inversă contribuie la îmbunătățirea securității și la identificarea punctelor tari și slabe ale sistemului informatic optimizând securitatea acestora. De asemenea, facilitează crearea de noi produse și versiuni ce contribuie la asigurarea calității produsului. Totuși, cât de util nu ar fi pentru dezvoltatori ingineria inversă, aceasta poate fi folosită și în scopuri negative, cum ar fi crearea de clone de malware, versiuni trojanizare ale softurilor legitime. Articolul scoate in evidență beneficiile aduse de ingineria inversă ca unealtă care poate fi folosită atât pentru îmbunătățirea securității și calității sistemelor informatice, cât și ca recomandări privind prevenirea utilizării abuzive și neetice.*

Cuvinte cheie: *securitate cibernetică, inginerie inversă, identificarea vulnerabilităților, remedierea erorilor.*

Introducere

Ingineria inversă este procesul de analiză și înțelegere a designului, structurii și funcționalității unui produs sau sistem, lucrând înapoi de la forma sa finală [1].

Aceasta implică dezasamblarea unui obiect sau software pentru a-i descoperi funcționarea interioară și a înțelege cum a fost creat.

Cu toate acestea, este important de reținut că, deși ingineria inversă în sine este legală, utilizarea acesteia pentru a încălca drepturile de proprietate intelectuală, cum ar fi copierea produselor brevetate sau a software-ului proprietar, este ilegală.

Tehnica de inginerie inversă

Sunt cunoscute două tipuri de inginerie inversă:

Inginerie inversă statică Aceasta implica examinarea codului fără a-l executa. Cu analiza statică, experții analizează codul binar sau sursă pentru a extrage informații despre variabile, funcții și multe altele, ce le permite sa identifice vulnerabilități și să înțeleagă structura soft-ului [2].

Inginerie inversă dinamică. Implică examinarea comportamentului și funcționalității unui sistem sau software în timpul rulării, ceea ce permite experților să înțeleagă modul cum interacționează cu diferite componente și să identifice funcționalități ascunse [3].

Pașii ingineriei inverse reprezintă esența procesului de inginerie inversă, furnizând o metodologie riguroasă și sistematică pentru analiza detaliată și înțelegerea sistemelor și software-urilor:

Examinarea software-ului sau sistemului. Acest pas implică efectuarea unei examinări meticuloase a software-ului sau sistemului. Obiectivul este de a identifica și de a analiza funcționalitățile, componente și alte aspecte relevante ale sistemului, pentru a obține o înțelegere comprehensivă a funcționării sale înainte de a iniția analiza detaliată.

Analiza și cercetarea. În această etapă, se efectuează o analiză exhaustivă a componentelor și funcționalităților sistemului. Acest proces implică consultarea documentației relevante, examinarea codului sursă (dacă este disponibil), utilizarea instrumentelor de analiză statică sau dinamică și alte metode de investigare pentru a obține o înțelegere detaliată a arhitecturii și funcționalităților sistemului [4].

Dezasamblarea. Dezasamblarea este procesul de conversie a codului binar al sistemului într-o formă mai accesibilă pentru analiză. Această etapă poate implica utilizarea unor instrumente specializate pentru a traduce codul binar în limbaj de asamblare sau într-un cod sursă similar, care este mai ușor de înțeles și de analizat decât codul binar brut. Instrumentele fiind Ghidra, IDA, și altele [5].

Extragerea informațiilor. În această etapă, se extrag informațiile relevante sau semnificative din codul dezasamblat sau din alte surse de date obținute în timpul analizei. Această activitate poate implica identificarea algoritmilor esențiali, a funcțiilor critice, a vulnerabilităților de securitate sau a altor aspecte relevante ale sistemului, care pot fi valoroase pentru înțelegerea sa sau pentru realizarea de modificări sau îmbunătățiri.

Utilizarea ingineriei inverse și resurse existente

Sunt utilizate următoarele instrumente de inginerie inversă:

Debugger(dbg). Este un depanator de programare care poate fi folosit și pentru a face inginerie inversă a codului binar. Permite analiza conținutul registrelor și memoriei în timp ce se execută codul de asamblare [6]. Punctele de întrerupere pot fi plasate oriunde în program.

Disassemblers. Un „disassembler” este o unealtă software utilizată pentru a traduce codul mașină al unui program în codul asamblare corespunzător. Aceasta permite utilizatorilor să analizeze și să înțeleagă comportamentul programului, să identifice vulnerabilități și să efectueze depanarea.

Decompilatoare. Un „decompiler” este o unealtă software utilizată pentru a traduce codul mașină al unui program într-un limbaj de nivel înalt sau în cod sursă. Acesta facilitează înțelegerea și modificarea programelor.

Ingineria inversă poate fi utilizată pentru a efectua o serie de sarcini de securitate cibernetică, inclusiv găsirea defectelor sistemului, cercetarea programelor malware și a virușilor și determinarea și recuperarea algoritmilor software critici care pot ajuta la prevenirea fraudei [7]. Aceasta este, de asemenea, valoroasă pentru colectarea de informații precise, crearea de modele și prototipuri [8].

Ingineria inversă este o modalitate excelenta de a înțelege limitările unui proiect. Ca exemplu dezvoltarea unui produs pentru platformele iOS sau Android, dar nu exista aplicații pentru nici una din ele, aceasta înseamnă ca acestei tehnologii îi este greu sa imite funcționalitatea aplicației pentru aceste platforme [9].

Integrarea cu succes a api-urilor terțe. Problema constă în bibliotecile învechite sau fără documentație. Daca aplicația nu rulează cum trebuie, va fi dificil de a detecta sau remedia, aici ingineria inversă ne va permite sa analizam biblioteca și sa găsim de ce eșuează.

Concluzii și beneficii

Dintre beneficiile analizate pot fi menționate:

- Găsirea și corectarea erorilor din programele la care dezvoltatorii nu au acces la codul sursă;
- Analiza virușilor pentru a crea software antivirus;
- Îmbunătățirea funcționalității aplicației atunci când este imposibil de contactat dezvoltatorul anterior;
- Învățare: dacă un dezvoltator nu înțelege o parte din produsul său, el poate analiza alt cod și poate trage concluzii despre funcționarea acestuia.

În concluzii, ingineria inversă este o metodă eficientă de a accelera dezvoltarea unui soft și a micșora costurile. Este o metodă eficienta de a găsi limitele unui soft, de a găsi probleme de performanță și de securitate. Ingineria inversă ajută la îmbunătățirea, codului vechi, dar și poate inspira pentru a utiliza idei din acel proiect mai vechi.

Referințe

[1] M. K. Khachouch, A. Korchi, și Y. Lakhrissi, „Architecture Driven Modernization: A Review on Reverse Engineering Techniques based on Models' Approach", *WSEAS Transactions on Information Science and Applications*, vol. Volume 20, 2023, pp. 293–302, oct. 2023, doi: 10.37394/23209.2023.20.32.

[2] A. S. Basutakara, „A Review of Static Code Analysis Methods for Detecting Security Flaws", vol. 23, nr. 6, 2021.

[3] „A Deep Dive into Static vs Dynamic Code Analysis", BuildPiper. Data accesării: 15 aprilie 2024. [Online]. Disponibil la: https://www.buildpiper.io/blogs/a-deep-dive-into-static-vs-dynamic-code-analysis/

[4] S. Sotnik, V. Lyashenko, și T. Schakurova, „Modern Integrated Software Development Environments", vol. 5, nr. 10, 2021.

[5] Z. Chen, E. Brophy, și T. Ward, „Malware Classification Using Static Disassembly and Machine Learning". arXiv, 10 decembrie 2021. doi: 10.48550/arXiv.2201.07649.

[6] A. Pereberina, A. Kostyushko, și A. Tormasov, „An approach to dynamic malware analysis based on system and application code split", *J Comput Virol Hack Tech*, vol. 18, nr. 3, pp. 231–241, sep. 2022, doi: 10.1007/s11416-021-00412-z.

[7] X. He și R. Li, „Malware detection for container runtime based on virtual machine introspection", *J Supercomput*, vol. 80, nr. 6, pp. 7245–7268, apr. 2024, doi: 10.1007/s11227-023-05727-w.

[8] S. Supriyono, „Software Testing with the approach of Blackbox Testing on the Academic Information System", *IJISTECH (International Journal of Information System and Technology)*, vol. 3, nr. 2, Art. nr. 2, mai 2020, doi: 10.30645/ijistech.v3i2.54.

[9] M. Anusha și M. Karthika, „A Comprehensive Analysis on Various Deep Learning Techniques for Malware Detection in Android Mobile Devices", *SN COMPUT. SCI.*, vol. 4, nr. 5, p. 593, aug. 2023, doi: 10.1007/s42979-023-01894-y.

LARGE LANGUAGE MODELS IN ACADEMIA: A CASE STUDY AT THE TECHNICAL UNIVERSITY OF MOLDOVA

Daria POPOVA[1*], Viorel MUNTEANU[2]

[1]*Department of Computer Science and Systems Engineering, group IA-213, Faculty of Computer Informatics and Microelectronics, Technical University of Moldova, Chisinau, Republic of Moldova*
[2]*Bioinformatics Laboratory, Faculty of Computer Informatics and Microelectronics, Technical University of Moldova, Chisinau, Republic of Moldova*

* Corresponding authors: Daria Popova, daria.popova@iis.utm.md , Viorel Munteanu, viorel.munteanu@lt.utm.md

Abstract*. Large Language Models (LLMs) have significantly impacted academic settings, presenting an innovative opportunity for learning and research, alongside challenges related to accuracy and ethics issues. To assess the effectiveness and acceptance of LLMs in educational environments, we conducted a comprehensive survey on 510 participants, including 470 students and 40 teaching staff, followed by a detailed exploratory data analysis of the results. The results show that LLMs exhibit parity in usage between men and women, while there is a strong imbalance in the frequency of LLM usage between students and teaching staff. Additionally, we observe a notable discrepancy in the daily usage rates, with 50% of students, employing LLMs on a daily basis, in contrast to only 18% of teaching staff. Both students and teaching staff predominantly use LLMs for searching information (21%), information analysis (20%) and code generation and editing (18%). Furthermore, the majority of participants express satisfaction with LLMs, with 91% of students and 85% of teaching staff recommending their usage. This high level of endorsement underscores the perceived value and utility of LLMs in academic contexts.*

Key words: *Large Language Models, survey, academia, data visualization*

Introduction

With the advancement of technology in natural language processing and artificial intelligence, Large Language Models (LLMs) have become a tool of significant value in the world of science and education [1-3]. These powerful instruments, based on deep learning, are capable of generating texts, analyzing data, and performing a variety of other tasks with high accuracy efficiency and task execution speed. One of the inherent benefits of LLMs is their scalability. Once trained, they can handle a vast amount of text data and user interactions without the need for proportional increases in human resources [4]. LLMs also displays proficiency at tasks designed to test rapid adaption or on-the-fly reasoning, which include unscrambling words, performing arithmetic, and using novel words in a sentence after seeing them defined only once [5].

LLMs are capable of interpreting text and producing derived context, like annotations and summaries. The same applies for data analysis - AI can process almost any data input and propose hypotheses that should fit the given data. This set of capabilities makes these models a perfect copilot for educational purposes, aimed to provide assistance for students and academic staff in research, essay writing, and problem-solving. “Teachers were spooked when ChatGPT was launched a year ago. The artificial-intelligence (AI) chatbot can write lucid, apparently well-researched essays in response to assignment questions, forcing educators around the world to rethink their evaluation methods. A few countries brought back pen-and-paper exams. And some schools are ‘flipping’ the classroom model: students do their assignments at school, after learning about a subject at home [6].”

In addition, LLMs are also very capable of handling code related tasks. LLMs can automate repetitive coding tasks, generate complex algorithms, and even offer insights into optimizing existing codebases. Large Language Models (LLMs) for code generation are transforming the way software is developed. These AI-powered tools offer intelligent code

completion, error detection, and code refactoring, saving developers time and effort [7, 8]. Furthermore, their ability to understand and interpret programming languages enables them to adapt to various development environments, making them indispensable assets for developers across different domains [9, 10]. Whether it's speeding up development cycles, enhancing code quality, or fostering creativity in problem-solving, the impact of code generation by LLMs is reshaping the landscape of software development [11].

Language plays a fundamental role in facilitating communication and self-expression for humans, and likewise, communication holds paramount importance for machines in their interactions with humans and other systems[12]. Large Language Models have emerged as cutting-edge artificial intelligence systems designed to process and generate text, aiming to communicate coherently [13, 14]. They are capable of generating naturally sounding text, making them useful for streamlining routine tasks, such as writing emails, compiling reports, and formulating textual responses in other languages[15, 16].

The purpose of our study was to assess students and university teaching staff proficiency and familiarity with Large Language Models (LLMs) and determine their preferences for the models in education and research. We created a comprehensive survey directed to gauge the extent of engagement with LLMs among participants and to identify any existing gaps in their utilization. The result showed that most of the people (48%) using LLMs use them on a daily basis, the main purposes of using LLMs are information searching, data analysis and code creation and editing (all around 20% of total answers). In addition, participants noted the significant utility of using LLMs to explain material in a more accessible way. Our study highlights the growing interest in the use of LLMs for educational and research purposes, but also emphasizes the importance of addressing the associated challenges to maximize effectiveness.

1. Materials and Methods

The survey methodology involved distributing an online questionnaire among members of the Faculty of Computer Engineering, Informatics, and Microelectronics (FCIM), including both teaching staff with a total of 40 people and 470 students. The online survey form included questions about the goals and frequency of LLM usage, their suitability for specific tasks, their impact on idea generation processes, as well as the speed of access for students and faculty members to necessary and useful information.

The analysis was performed using the R programming language [17].

Firstly, we cleaned preliminary data to eliminate any anomalies or incomplete records. Second step was converting raw data of type "character" into "factor," as many statistical models in R operate more efficiently with factor variables. Additionally, the number of missing values was checked. There were no missing values in the dataset, indicating responsible survey form completion for each of the groups. Data visualization [18] gives us comparative analysis of both groups by purpose and frequency of LLM usage and preferred variation of the LLM tool.

2. Results

Two datasets were collected, comprising responses to survey questions provided by two categories of respondents: students and teachers. Some questions included in the questionnaire for both groups were analogous, such as "*which model do you use most often*", "*purpose of usage*", or "*would you recommend it to colleagues*" while there were also specific questions, for example for teachers, regarding whether they utilize Large Language Models to enhance their educational materials.

Analysis of the respondents' personal data shows that general distribution by gender aligns with general distribution observed by the survey hosting faculty. According to the official data of the FCIM, the student enrollment is usually 70% male and 30% female, given the specificity of the professions. It is noted that a similar variation is evident in the statistics

collected, where 67% males and 33% females are represented in the students group (Figure 1A), which confirms the sustainability of the mentioned dynamics in the context of student enrollment in this faculty. Among the faculty members male group is even more represented with 75% of the total respondents (Figure 1B).

The majority of respondents in the students group are 1st- and 2nd-graders of Bachelor's degree (Figure 1C). The faculty members, following the trend, prevail with Bachelor's and Master's education (Figure 1D), which indicates the interest of young faculty members in this type of research.

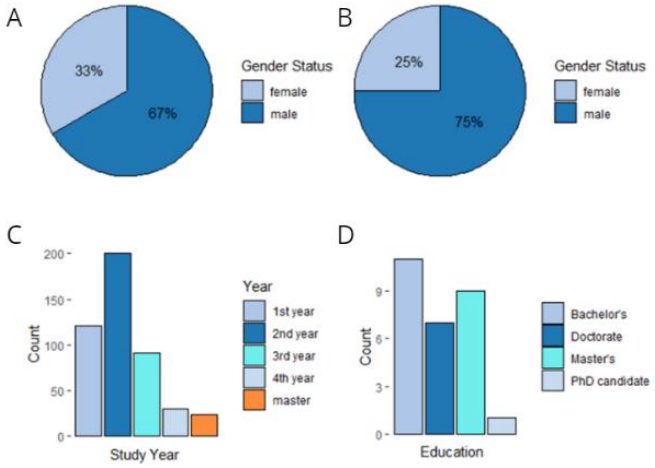


Figure 1. Overview of participants in LLMs survey. (A), (B) Distribution of the Gender among Students and Teaching Staff; (C) Distribution of Study Year among Students; (D) Distribution of Education among Teaching Staff

One of the crucial aspects of the survey was the question about the frequency of LLM model usage by the participants in their daily tasks. Respondents were asked to choose one of three response options reflecting the frequency of usage: "always" (use every day), "sometimes" (a couple of times a week), and "very rarely" (less than once a month or almost never use). Data analysis presented in Figure 2 indicates that half of the students reported daily usage of LLM models, while half of the teachers resort to them a couple of times a week . In the results 94% students use it and only 6% of them stated their very rare usage of such models, indicating that they are an integral part of students' lives.

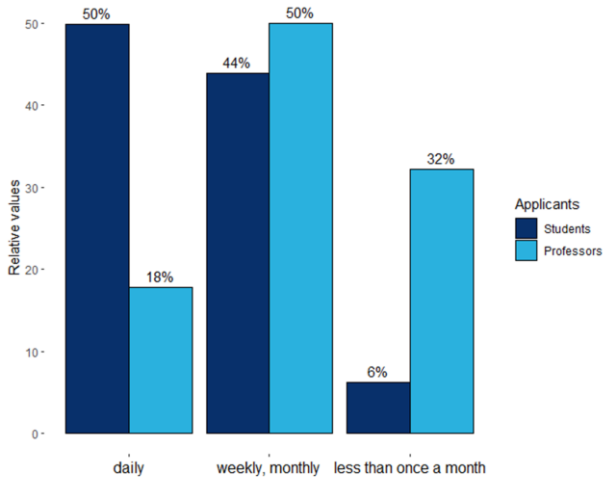


Figure 2. Survey summary frequency use of LLMs models by students and teaching staff

Analysis of LLM usage purposes shows the wide versatility of such tools. Both segments of academia commonly use Large Language Models as a more efficient and quick way to access information, where for every question, users can find a brief and concise answer. This is believed by 22% of students and 19% of academic staff. Due to the large volume of information, both teachers and students find it difficult to 'digest,' as it requires too many resources. For this reason, they turn to models again for help, which are capable of condensing and analyzing the key aspects of the material. Thus, information analysis is also important for both groups, accounting for 21.69% among professors and 18.56% among students. It is not surprising that 20% of FCIM faculty students most often use models for writing and editing code, as almost 70% of their subjects involve programming skills. For 10% of teachers, translating text from one language to another is more important. These results are clearly presented in Figure 3.

There were also goals that were relevant for one group's usage but not interesting for the other. For example, in the context of students, 8% noted the use of LLM for entertainment purposes, while 3% indicated using it for 'learning new stuff.' In contrast, teachers were less likely to resort to these goals, but 10% of them used it for 'topic exploration,' and 4% used it for preparing PowerPoint presentations and testing hypotheses. Among other goals, 8% of teachers noted the use of LLM as a tool in the process of writing letters or articles, while only 3% of students engaged in this.

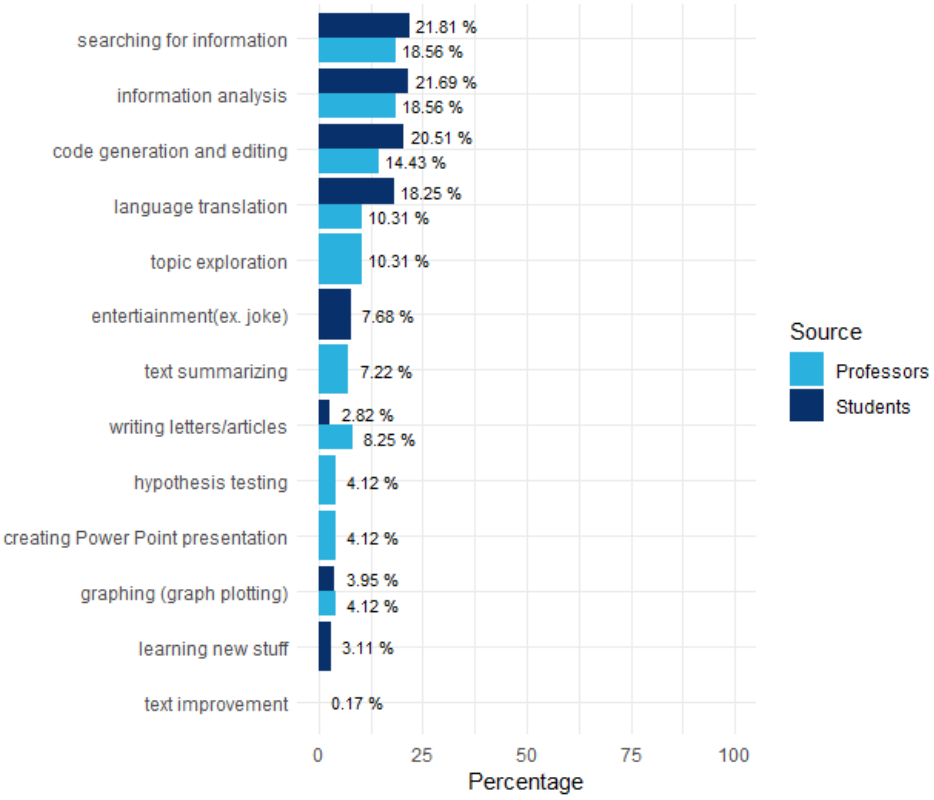


Figure 3. The summary of purposes for using of LLMs in academia

As part of the experiment, the choice of the most frequently used LLM models was also investigated, and as a result of this question, several language models could be selected among those presented: GPT, BARD (now known as Gemini), Cohere, and Falcon, plus with the option to specify one's own preferred variant.

Survey results showed that the GPT model was the most preferred among both students and teachers (Figure 4). This model stands out for its ease of use and wide adoption, appealing to almost 80% of students and 70% of academic staff. Following in popularity for both groups was BARD (now known as Gemini), with an average usage percentage of 14%.

The Falcon model attracted 8% of academic staff and 3% of students. Its feature of attaching original source links to responses helps to obtain additional information on the given topic, indicating that the first group may also value independently verifying the accuracy of the obtained results. Bing was the most common language model mentioned by respondents. The proportion of students choosing this model was 2%, and among academic staff, it was 4%, suggesting its continued relevance since it was not forgotten by respondents.

Among students, there was also a group labeled "Others," comprising 4% of the total respondents, including models such as "Cohere," "Claude," "Handmade," "BlackBox," "Chatsonic," and "Quillbot." Usage of these models was noted by fewer than 5 individuals, indicating a variety of preferences. Of particular interest is the mention of the "Handmade" model, indicating students' interest in personalizing the model to address personal tasks.

It was also observed that among academic staff, there was a group labeled "None," accounting for 3% of the total, indicating that some respondents do not use language models in their work at all. No instances of this group were noted among students, suggesting their familiarity with modern educational resources.

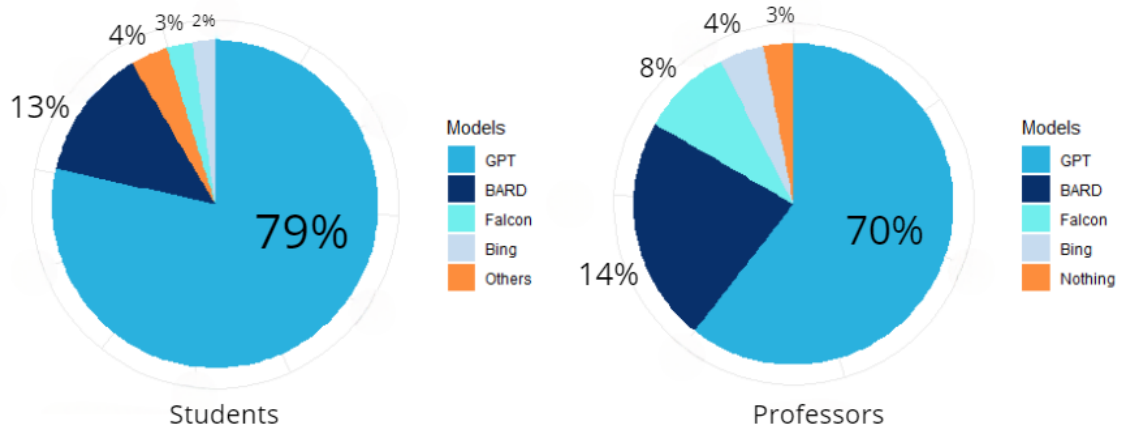


Figure 4. The summary of preferences for LLMs use in academia

In addition to similar questions, both groups were also subjected to separate, more specific inquiries. For example, students were asked whether they had ever used LLM language models to obtain explanations or additional information on topics covered in their courses. According to the survey data, 54% of students noted that they used LLMs because the presented material was difficult and unclear to them. 37% of students stated that they used language models solely to check their own understanding, while 9% claimed that they had fully grasped the subject matter through lectures alone. Thus, it can be concluded that the overwhelming majority of students experience difficulties in mastering the material and require additional explanations beyond lectures, with models serving as aides in this regard. Also 90% of students noted that the use of LLM models significantly improved their learning experience.

Additionally, 320 students (70 %) expressed the opinion that the use of Large Language Models in the learning process should be permitted, as it facilitates understanding of the material. Teacher opinions on this matter were evenly split, with 50% in favor and 50% against.

The speed of receiving responses by users was also a subject of investigation. According to the results, 70% both among students and teachers encountered frequent difficulties when using chats, noting the need to repeat the question twice due to unsatisfactory answers. Only 12% of students and 10% of academic staff are fully satisfied with the process of receiving answers.

The majority of teachers' opinions were divided regarding the integration of models into their teaching methodologies: one-half aims for the organic integration of these models into their teaching methods with minimal burden on students (53%), while the other half is not yet ready to

change their teaching approaches (47%). Additionally, 45% of teachers note some improvement in students' knowledge levels with the implementation of these technologies.

The next step was to ask whether they recommend or will recommend these technologies to others. From Figure 5, it is noticeable that the majority of participants express satisfaction with working with LLMs, with over 91% of students and 85% of teachers recommending their use. Such a high level of approval underscores the value and usefulness of LLMs in academic circles.

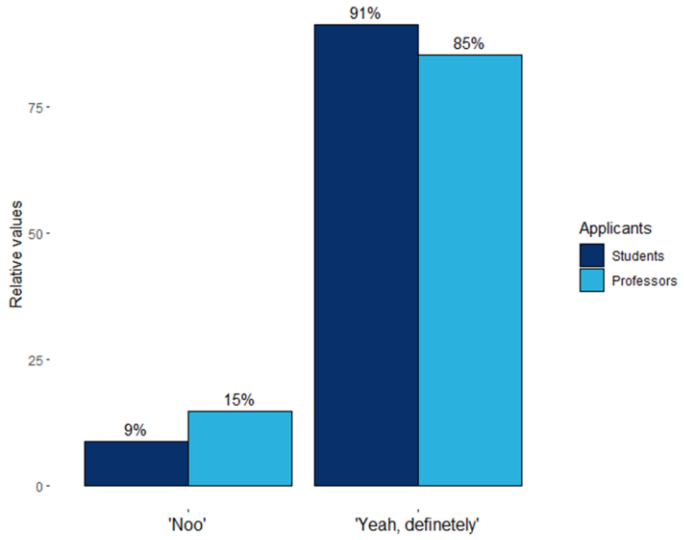


Figure 5. Summary of recommended and non-recommended practices for utilizing LLMs by students and teachers groups.

This finding indicates widespread confidence in the effectiveness of these technologies and their potential benefits for other users, underscoring their significance and prospects in the context of academic and practical applications.

Discussion

Our analysis shows that study on the use of Large Language Models (LLMs) in the academic environment provide important insights into understanding the role and impact of using these models on learning and teaching processes, as well as the scientific research. The survey results conducted among teachers and students have revealed several key aspects. Firstly, the GPT model emerged as the most preferred among the study participants, confirming its significance and widespread application in the academic environment. This underscores GPT's effectiveness as both a tool for quick access to information and for text generation[19, 20]. Secondly, the use of LLMs, especially among students, is associated with an improvement in understanding study materials [21]. This highlights the potential of these models for educational purposes and their ability to assist students in grasping complex concepts. Language models can indeed assist teachers in various ways to enhance the learning experience for students. By providing additional details, examples, and explanations, LLMs can supplement classroom instruction and help students grasp concepts more effectively. This assistance can range from generating extra practice problems to offering alternative explanations tailored to individual learning styles. With LLMs supporting teachers, students can benefit from a more personalized and comprehensive educational experience.

The study results underscore the importance of further research of application of LLMs in the academic context, like in problems of research assistance, writing support, study aid, language learning, coding and math assistance and accessibility. The obtained results will have practical significance for developing effective strategies for implementing LLMs in the academic

environment providing support for personalized interactive lessons and personalized feedback, facilitate problem-solving, and deepen students' understanding of complex concepts across various subjects from educational curricula.

In contrast, uninformed and irresponsible use of LLMs can lead to unpleasant outcomes. These tools can't be fully trusted, especially for fact checking. Another issue is educational cheating with LLMs, which not only distorts the professor's understanding of students' academic performance, but also disables learning mechanisms for the students themselves.

Overall, the development of large language models represents a significant breakthrough in the field of artificial intelligence and natural language processing, opening up new opportunities for scientific and educational research.

Bibliography

[1] EduChat: A Large-Scale Language Model-based Chatbot System for Intelligent Education", by Yuhao Dan, Zhikai Lei , Yiyang Gu, https://arxiv.org/pdf/2308.02773.pdf

[2] Extance, Andy. "ChatGPT has entered the classroom: how LLMs could transform education." Nature 623.7987 (2023): 474-477.doi: https://doi.org/10.1038/d41586-023-03507-3

[3] Xiao C. et al. Evaluating reading comprehension exercises generated by LLMs: A showcase of ChatGPT in education applications //Proceedings of the 18th Workshop on Innovative Use of NLP for Building Educational Applications (BEA 2023). – 2023. – C. 610-625.https://aclanthology.org/2023.bea-1.52.pdf

[4] The Benefits of Consuming Large Language Models (LLMs) like ChatGPT, by Ian Hardi, https://bootcamp.uxdesign.cc/the-benefits-of-consuming-large-language-models-llms-like-chatgpt-5ac4f3957d24

[5] Brown T. et al. Language models are few-shot learners //Advances in neural information processing systems. – 2020. – T. 33. – C. 1877-1901. https://proceedings.neurips.cc/paper_files/paper/2020/file/1457c0d6bfcb4967418bfb8ac142f64a-Paper.pdf

[6] "Why teachers should explore ChatGPT's potential — despite the risks", [Online]. Available:https://www.nature.com/articles/d41586-023-03505-5?utm_medium=Social&utm_campaign=nature&utm_source=Facebook#Echobox=1700046722-1

[7] Mohd Javaid, Abid Haleem, Ravi Pratap Singh, Shahbaz Khan, Ibrahim Haleem Khan, Unlocking the opportunities through ChatGPT Tool towards ameliorating the education system, BenchCouncil Transactions on Benchmarks, Standards and Evaluations, Volume 3, Issue 2, 2023, 100115, ISSN 2772-4859, https://doi.org/10.1016/j.tbench.2023.100115.

[8] Meng-Lin Tsai, Chong Wei Ong, Cheng-Liang Chen, Exploring the use of large language models (LLMs) in chemical engineering education: Building core course problem models with Chat-GPT, Education for Chemical Engineers, Volume 44, 2023, Pages 71-95, ISSN 1749-7728, https://doi.org/10.1016/j.ece.2023.05.001

[9] Jingfeng Yang, Hongye Jin, Ruixiang Tang, Xiaotian Han, Qizhang Feng, Haoming Jiang, Shaochen Zhong, Bing Yin, and Xia Hu. 2024. Harnessing the Power of LLMs in Practice: A Survey on ChatGPT and Beyond. ACM Trans. Knowl. Discov. Data Just Accepted (February 2024). https://doi.org/10.1145/3649506

[10] Sukhpal Singh Gill, Minxian Xu, Panos Patros, Huaming Wu, Rupinder Kaur, Kamalpreet Kaur, Stephanie Fuller, Manmeet Singh, Priyansh Arora, Ajith Kumar Parlikad, Vlado Stankovski, Ajith Abraham, Soumya K. Ghosh, Hanan Lutfiyya, Salil S. Kanhere, Rami Bahsoon, Omer Rana, Schahram Dustdar, Rizos Sakellariou, Steve Uhlig, Rajkumar Buyya, Transformative effects of ChatGPT on modern education: Emerging Era of AI Chatbots, Internet of Things and Cyber-Physical Systems, Volume 4, 2024, Pages 19-23, ISSN 2667-3452, https://doi.org/10.1016/j.iotcps.2023.06.002.

[11] Polverini G., Gregorcic B. How understanding large language models can inform the use of ChatGPT in physics education //European Journal of Physics. – 2024. – Т. 45. – №. 2. – С. 025701.https://doi.org/10.1088/1361-6404/ad1420
[12] Chris Bopp, Anne Foerst, and Brian Kellogg. 2024. The Case for LLM Workshops. In Proceedings of the 55th ACM Technical Symposium on Computer Science Education V. 1 (SIGCSE 2024). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 130–136. https://doi.org/10.1145/3626252.3630941
[13] Elbanna, S. and Armstrong, L. (2024), "Exploring the integration of ChatGPT in education: adapting for the future", Management & Sustainability: An Arab Review, Vol. 3 No. 1, pp. 16-29. https://doi.org/10.1108/MSAR-03-2023-0016
[14] Kirwan, A. (2023). ChatGPT and university teaching, learning and assessment: some initial reflections on teaching academic integrity in the age of Large Language Models. Irish Educational Studies, 1–18. https://doi.org/10.1080/03323315.2023.2284901
[15] Large Language Models for Code Generation, by Ketan [Online]. Available: https://blog.fabrichq.ai/large-language-models-for-code-generation-f95f93fe7de4
[16] Naveed H. et al. A comprehensive overview of large language models //arXiv preprint arXiv:2307.06435. – 2023. https://doi.org/10.48550/arXiv.2307.06435
[17] The R Project for Statistical Computing,[Online]. Available: https://www.r-project.org/
[18] The R Graph Gallery,[Online]. Available: https://r-graph-gallery.com/
[19] Achiam J. et al. Gpt-4 technical report //arXiv preprint arXiv:2303.08774. – 2023, https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.08774
[20] Liang W. et al. Can large language models provide useful feedback on research papers? A large-scale empirical analysis //arXiv preprint arXiv:2310.01783. – 2023. https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.08774
[21] Barachini, F., & Stary, C. (2023, November). WHAT IS THE IMPACT OF CHATGPT ON FACILITATING KNOWLEDGE PROVISION AND CREATION?: EXAMPLES AND CRITICALITIES IN CLASSROOM EDUCATION. In Anais do Congresso Internacional de Conhecimento e Inovação–ciki.https://proceeding.ciki.ufsc.br/index.php/ciki/article/view/1419/828

A COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF SEQUENCE READ ARCHIVE METADATA COMPLETENESS

Albert BAS[1*], Viorel MUNTEANU[2]

[1] *Department of Computer Science and Systems Engineering, group IA-213, Faculty of Computer Informatics and Microelectronics, Technical University of Moldova, Chisinau, Republic of Moldova*
[2]*Bioinformatics Laboratory, Faculty of Computer Informatics and Microelectronics, Technical University of Moldova, Chisinau, Republic of Moldova*

*Corresponding authors: Albert Bas, albert.bas@iis.utm.md , Viorel Munteanu, viorel.munteanu@lt.utm.md

Abstract. *Recent advances in high-throughput sequencing technologies have enabled the collection and sharing of a vast amount of omics data, along with its associated metadata. Enhancing the availability of this metadata is crucial to ensure the reusability and reproducibility of raw data, as well as for facilitating novel biomedical discoveries through efficient data reuse. In this study, we performed a comprehensive assessment of metadata completeness by analyzing over 26,000,000 experiments shared in the Sequence Read Archive (SRA) from 2008 to 2023. Our results show that the countries of Central Europe, the USA and China show dominance in generating sequencing data, corresponding to 45%, 16% and correspondingly 8% of total data in the SRA repository, the most frequently used platform is ILLUMINA (90%). Identified that some of the metadata contains inconsistencies in completeness: the absence of temporary identifiers (5.2%), the lack of assigned TaxonomyID (5%), and the absence of library strategy (8%). Our results highlight the urgent need for improved metadata sharing practices and the standardization of reporting.*

Key words: *Metadata, data reusability, Sequence Read Archive, sequencing*

Introduction

The quantity and diversity of genomic data continues to grow exponentially, it is essential that these data are discoverable, accessible, interoperable and reusable [1]. Metadata is information about data that describes its content, structure, and other characteristics. Metadata plays a crucial role in understanding accompanied data, as it provides essential information necessary to reproduce the data accurately [2-4]. Since the completion of the human genome and the creation of the second commercial next generation sequencing platform, DNA sequencing databases have been actively growing [5, 6] and outpacing Moore's Law [7]. Recent estimates indicate that the global market for microbiome sequencing will continue growing. Unfortunately, most public databases rely on user input and do not have methods for identifying errors in the provided metadata, leading to the potential for error propagation and exacerbating issues of incompleteness or lack of standardization [8]. Poor metadata can significantly lower the value of sequencing experiments by limiting the reproducibility of the study and its reuse in meta analyses [9].

In order to delve into the nuances of data types and their sources, our objective is to procure the existing metadata from the SRA repository. This endeavor aims to evaluate both the comprehensiveness and quality of the data, thereby fostering a deeper comprehension of the research conducted. Such an assessment not only facilitates researchers in reusing findings and data in subsequent projects but also contributes to the broader scholarly discourse. Our study based on SRA data will elucidate the technological, geographical, temporal, and methodological intricacies of sequencing with indication of the completeness of the metadata.

1. Materials and Methods

We used the SRA Toolkit to extract information on 25.2 million experiments. Additional data on study descriptions, protocols, and design obtained by parsing information from the NCBI web resource with python scripts. Searching NCBI web resources also identified 1,467,839 new records, highlighting differences between the online version and the database accessible through the SRA Toolkit. This demonstrated a 94% correspondence between the sources. Information on the countries in which sequencing was performed was obtained from the domains of sites that Bing returned for queries of the organization's name, specified in metadata. The data were also subjected to country categorization using ChatGPT 3.5. The country was determined for 39916 (91%) of 43543 organizations covering 25909854 sequencing runs (92%) of 28124436. Manual evaluation on 100 samples showed that the accuracy of the country determination method is 90%.

2. Results

The metadata obtained from SRA by November 15, 2023, include describe about 28,124,436 sequencing runs conducted within 26,767,311 experiments on 23,692,425 unique samples from 184,134 organisms during the period from 2008 to 2023 had been obtained, utilizing 80 different sequencing models across 11 platforms. The experiments were conducted by 43540 research centers.

Between 2008 and 2012, fewer than 100,000 sequencing runs were recorded annually. Since 2013, there has been a significant increase in genomic sequencing, with sequencing runs reaching 1 million per year by 2016. By 2020, 3 million sequencing runs per year had been completed, with a record of over 6 million sequencing runs in 2022 (Fig.1), driven by the COVID-19 pandemic, 47% of all sequencing runs for 2022 was for coronavirus.

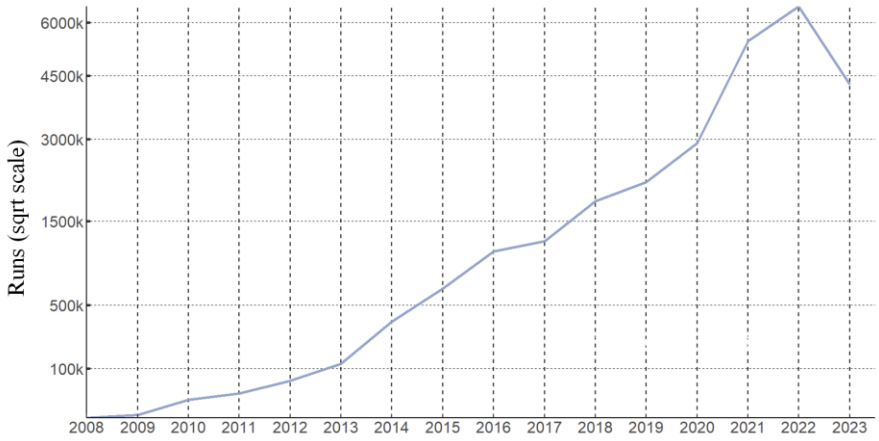


Figure 1. Increase in the number of sequencing runs over time in the SRA repository

North American and European countries conduct 51.5% and 32.8% of sequencing runs, respectively (Fig. 2b). The U.S. leads in the number of studies conducted with 12,725,632 sequencing runs, accounting for 45% of the total data in SRA. The top 3 countries with the highest number of runs include England with 4,731,180 (16%) sequencing runs and China with 2,318,559 (8%) sequencing runs (Fig. 2c). The US has generated over 1 petabyte of information annually since 2018. As of 2018, China generates 250 to 500 terabytes of data annually, while England generates between 100 and 250 terabytes per year (Fig. 2a). Other countries such as Germany, Canada, Switzerland, Japan, Australia, and France also contributed to SRA data deposition, together submitting between 20,000 and 200,000 sequencing runs per year and generating between 10 and 50 terabytes of data per year (Fig. 2a).

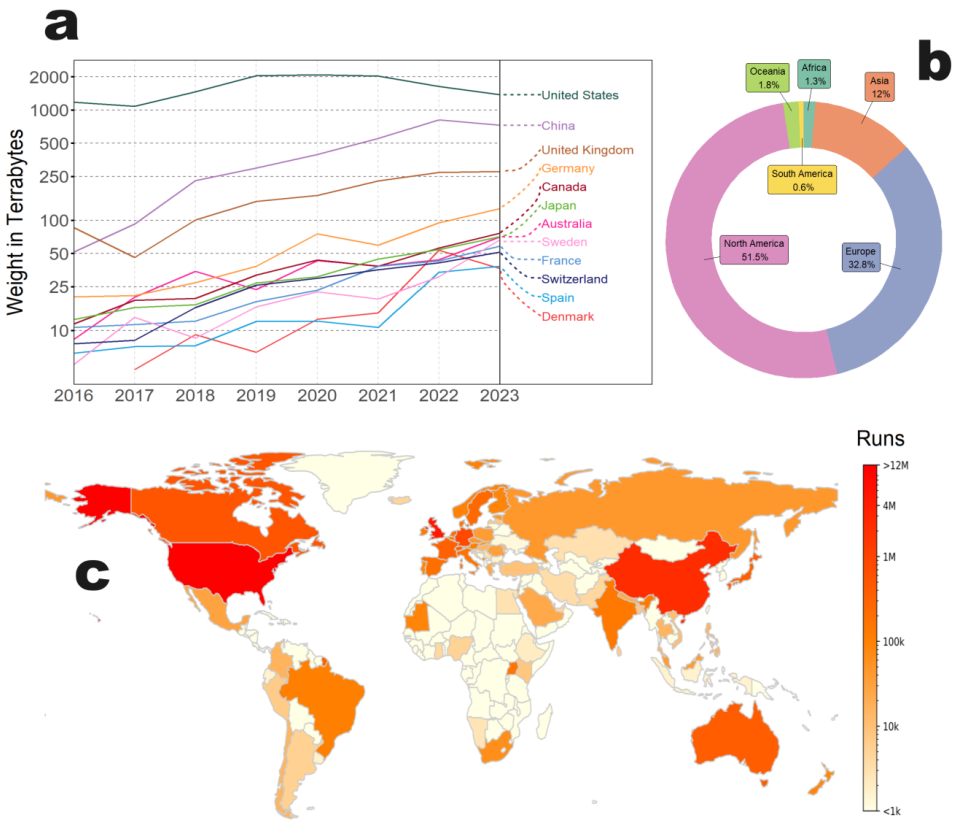


Figure 2. Overall distribution of SRA runs. (a) Change in the amount of generated data for countries over time (sqrt scale for weight); (b) Share of regions by number of sequencing; (c) Heatmap for countries by number of sequences

The Illumina platform accounts for 90% of sequencing cases and data volume, indicating the widespread use of short-read sequencing. The PacBio and Oxford Nanopore platforms are used for sequencing with shares of 2.6% and 2.3% respectively. The Ion Torrent share is 1.6%, while LS454 and Capillary each account for 1.3% (Figure 3). Other sequencing platforms collectively account for less than 0.5% of research. In terms of data generated, the new platforms BGIseq and DNBseq account for 2.1% and 1.5% respectively. PacBio represents 1.8%, while Oxford Nanopore accounts for 1.1%. The share of other platforms in the total data volume does not exceed 0.4% (Figure 3).

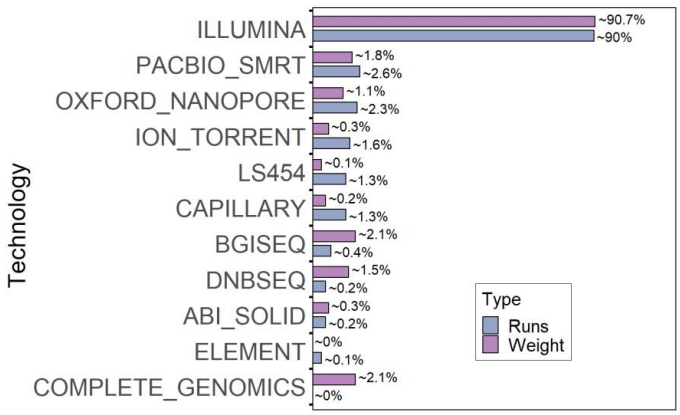


Figure 3. Percentage of sequencing platforms by number of sequencing (Runs) and by volume of data generated (Weight)

The NovaSeq 6000 and MiSeq models lead in the number of sequencing runs generated, producing 7 million and 6.2 million sequencing runs, respectively (Fig. 4d). Other models range from 1.3 million to 3.4 million sequencing runs. The expensive X Ten model conducted 1 million sequencing runs (Fig. 4d) but leads in the total data volume - 7000 terabytes, 1800 terabytes more than the NovaSeq 6000 (Fig. 4a). The HiSeq 2000, 2500, 4000 generated 3500, 3200, and 1800 terabytes of data, respectively. Together, all other models including Miseq produced less than 2600 terabytes of data (Fig. 4a).

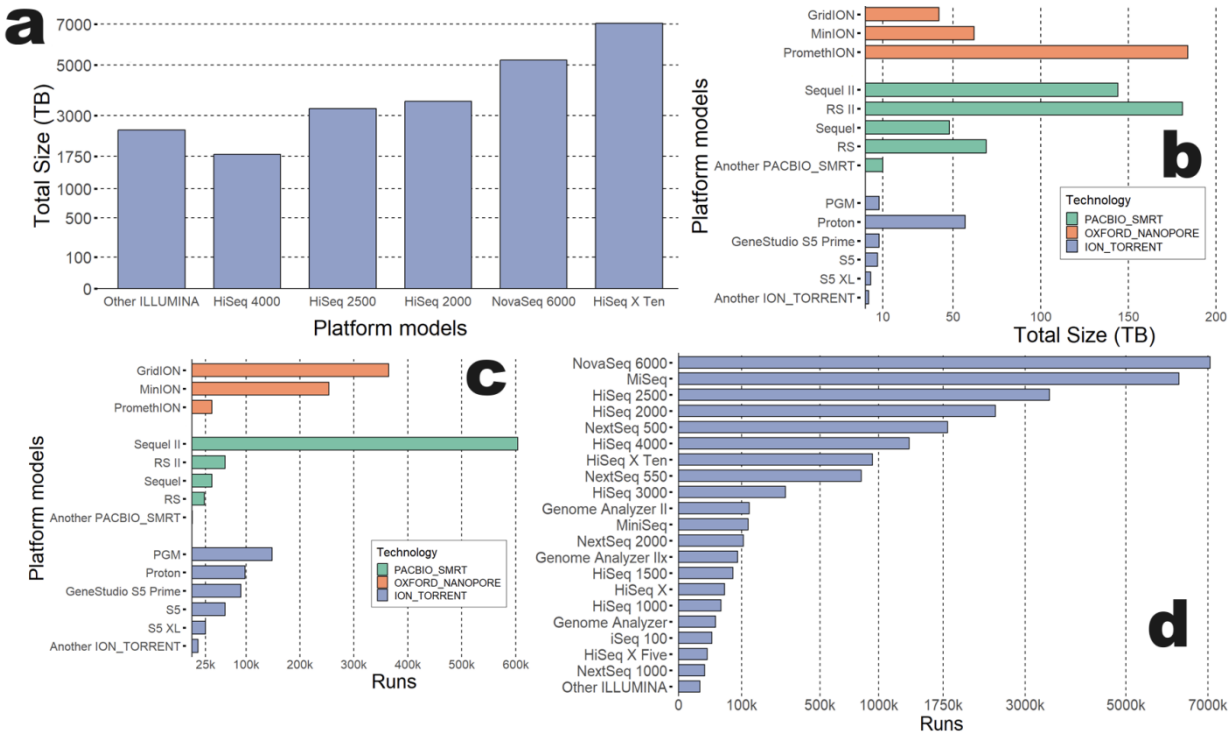


Figure 4. Distribution of the number of sequencing runs and the amount of data generated by the sequencing model. (a) Number of data generated by ILLUMINA models; (b) Number of data generated by Pacbio, Oxford Nanopore, Ion Torrent models. (c) Number of sequencing by Pacbio, Oxford Nanopore, Ion Torrent models; (d) Number of sequencing runs by ILLUMINA models

Models such as Sequel II from Pacific Biosciences, Personal Genome Machine (PGM) from Ion Torrent, and GridION from Oxford Nanopore Platforms stand out among less common technologies, demonstrating volumes of 150,000 to 600,000 sequencing runs (Fig. 4c). In terms of the volumes of generated data, models like PromethION, Sequel II, and RS II generate between 145 and 180 terabytes of data (Fig. 4b).

Analyzing methodologies we noticed that researchers primarily focus on whole-genome sequencing studies, achieving 9 million sequencing runs, leading with the human genome. With the onset of the coronavirus pandemic, 6.1 million viral RNA sequencing runs were conducted, of which more than 95% were related to the SARS-CoV-2. Transcriptomic and metagenomic studies show similar volumes, with about 4.6-4.7 million sequencing runs each. Other research directions attract significantly less interest, with a total volume of less than 800,000 sequencing runs.

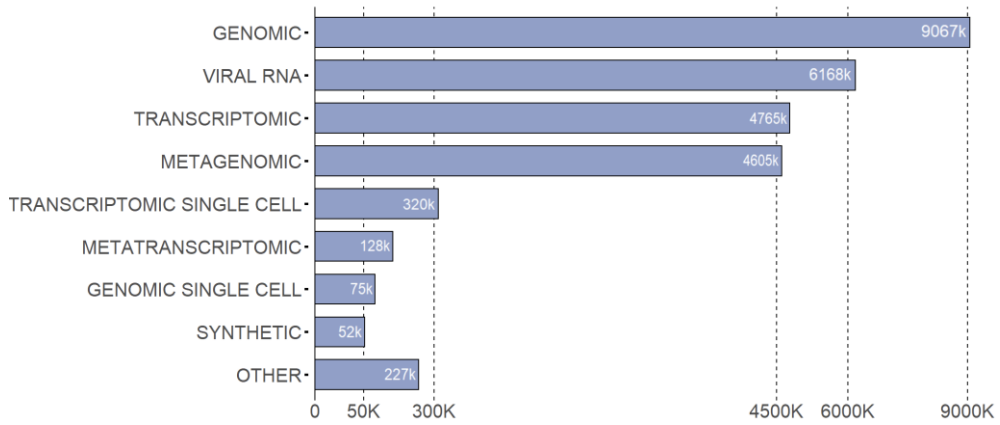


Figure 5. Distribution of sequencing runs by study section

Amplicon sequencing, which targets specific genomic regions, is the most common library strategy with 12 million cases (Fig. 6). RNA-seq and Whole Genome Sequencing (WGS) were used in 4.8 million and 4.4 million sequencing runs, respectively. Less common methods find application in a range from 30,000 to 43,000 sequencing runs.

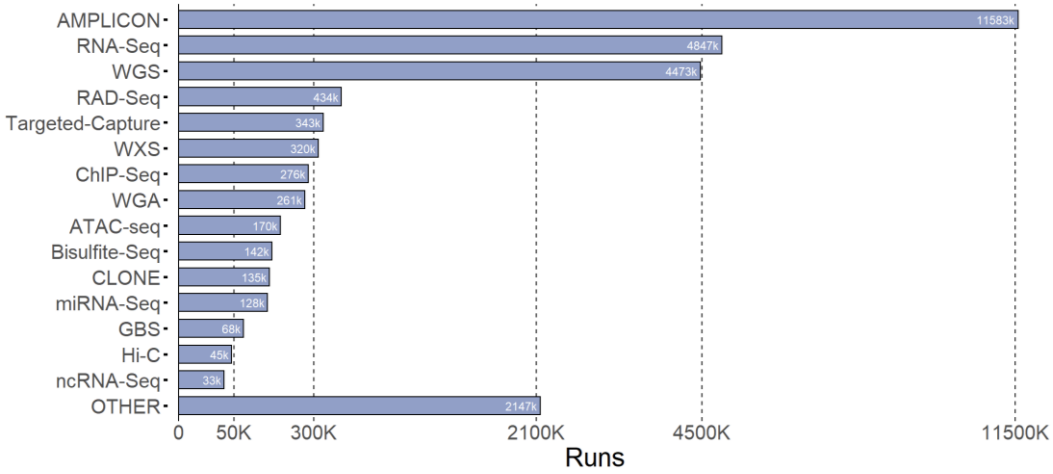


Figure 6. Distribution of runs by sequencing strategy

Analysis of the SRA database revealed 183,102 unique organisms classified into vertebrates, invertebrates, metagenomes, bacteria, viruses, fungi, protists, and archaea taxonomic groups. A total of 9,100,000 vertebrate sequencing runs were conducted (Fig. 7), with a combined volume of 18,000 terabytes, primarily focusing on human (*Homo sapiens*) genomes (5.1 million) and mice (*Mus musculus*) (2.6 million). A significant number of studies have also been conducted on domestic animals, in particular cattle (*Bos taurus*), pigs (*Sus scrofa*), chickens (*Gallus Gallus*) and dogs (*Canis lupus familiaris*), ranging from 37,000 to 87,000 sequencing runs. Viruses underwent 6.7 million sequencing runs (Fig. 7) with a total data volume of 555 terabytes, predominantly targeting the SARS-CoV-2 (95%). Cultivated plants such as rice (*Oryza sativa*), wheat (*Triticum Aestivum*), barley (*Hordeum vulgare*), as well as model plants like *Arabidopsis thaliana*, underwent sequencing runs ranging from 50,000 to 180,000. Invertebrates of particular interest include mosquitoes (*Anopheles gambiae*) and fruit flies (*Drosophila melanogaster*) with 65,000 and 165,000 sequencing runs respectively, as well as organisms similar to *Hydra* with 3,000 sequencing. Bacterial research focused on pathogenic microbes such as *Salmonella* (609k), *E. coli* (390k), *Streptococcus* (208k), *Mycobacterium tuberculosis* (202k), and *Staphylococcus* (150k). Among fungi, yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) the most interest with 200,000 sequencing runs. Among protists, *Plasmodium falciparum*, which causes malaria in humans, stood out with 247000 sequencing runs.

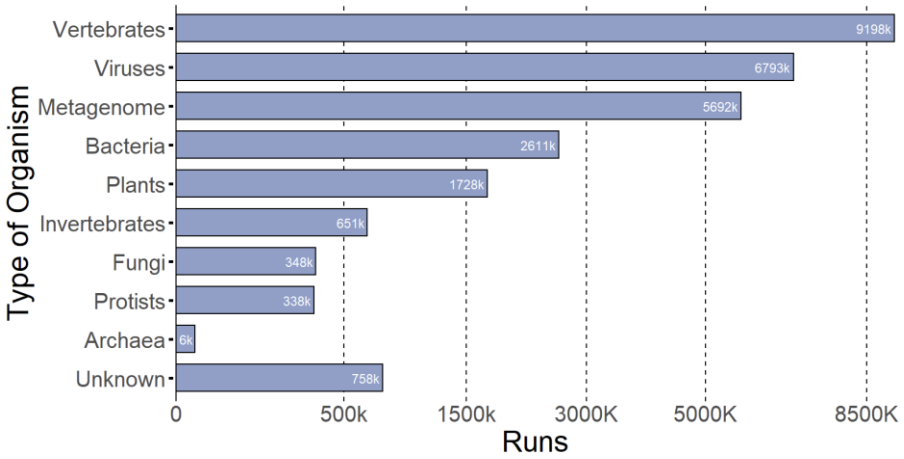


Figure 7. Distribution of sequencing runs by organism classes in SRA repository

Metagenomic analysis comprised 5,690,000 sequencing runs (Fig. 7), representing 350 unique metagenome samples in the SRA database. Researchers are particularly interested in human metagenomes, for instance, the study of gut metagenomes led to 1 million sequencing runs. Metagenomes from the oral cavity and skin also attracted attention, with 120,000 and 72,000 sequencing runs respectively. Among environmental metagenomes, soil research stands out, encompassing 778,000 sequencing runs. Various aquatic metagenomes also pique interest, ranging from 15,000 to 176,000 sequencing runs. Mouse metagenomes are frequently encountered in animal studies, with 253,000 sequencing runs conducted, along with metagenomes from pigs, cattle, and insects ranging from 63,000 to 66,000 sequencing runs. In artificial environments, researchers conduct runs on human waste and wastewater, totaling 90 terabytes in data volume.

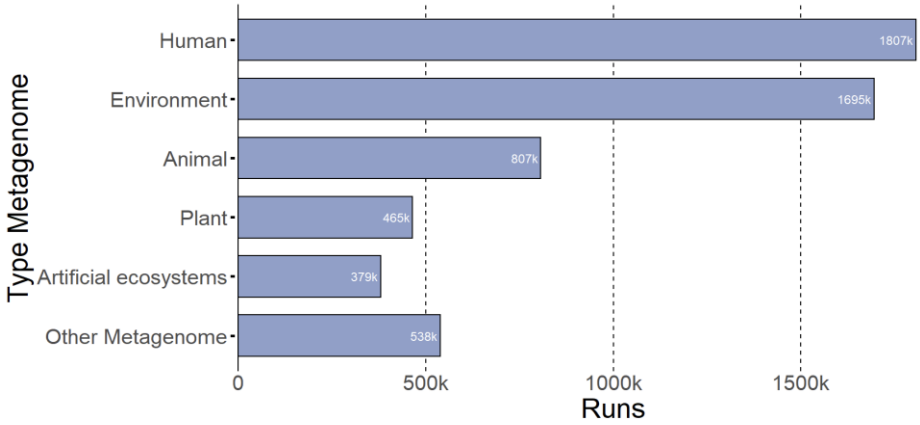


Figure 8. Distribution of metagenome sequencing runs by organism classes

The SRA database contains detailed descriptions of the data, methods, technologies and organisms studied. However, in some cases there are gaps or incomplete metadata. Although the completeness of the source data is high, even 0.85% of missing data represents 200 thousand mislabeled data, which is significant for certain domains and data reusability. We found that 5.2% for XXX samples lack submission date information. Additionally, XXX samples that represent 9% lack submitter information. About 9.4% of the metagenomic data are incompletely described, lacking an indication of where a particular metagenome was derived from, for 8% of the data the library strategies used are unknown. Also, 5% of the metadata do not have a specified taxid and 41% of the data do not have information on the attribute that specifies the design of the conducted experiment. For 2% of the data there is no description, it should be noted that this is not always critical. A small amount of metadata includes information about the presence of diseases, present in less than 1% of the human metadata.

Discussion

Our study based on the SRA database demonstrates that many countries are involved in DNA research. ILLUMINA-based models are the most commonly used, but long reads-based models are gradually increasing in popularity. A large amount of research is focused on the human genome, pathogens, and organisms that are pets or used as food. Among metagenomes, human body parts, soil, and wastewater account for a large proportion. The absence of standardized metadata schema compounds issues the veracity of experiments design and downstream analysis, hampering efforts to harness datasets for advanced computational analyses and integrative bioinformatics approaches. Metadata accompanying the raw data in public repositories allows us to better understand global trends in DNA research and reuse it for new-hypothesis testing analyses and more advanced studies, however, it has been found that some of the data contains critical lacks in the metadata, making it difficult to reuse. The incompleteness of the metadata identified by the submission date makes it difficult to compare results and assess the consistency between different genetic changes and different phenotypic or environmental conditions occurring in the world. The absence of a taxonomyID that describes the object of study makes the data themselves unusable. Variations in the quality and organization of metadata yield considerable analytical uncertainties and can trigger a cascade of interpretative inaccuracies. Such inconsistencies could be major obstacles to the reproducibility of research findings and their subsequent extension into new scientific inquiries. It is necessary to ensure the data meets minimum requirements specified in the metadata standards. We also highlight the significant benefits that the improved availability and quality of metadata can offer, facilitating broader reuse within the scientific community. Improvement over data partitioning will improve the quality and completeness index of databases, this in turn will have a positive impact on storage efficiency, speed of research and information retrieval and data reuse.

Bibliography

[1] Yilmaz P (2017) Metadata Standards for Genomic Sequence Data: Past and Future of MIxS Standards Family. Proceedings of TDWG 1: e20423. https://doi.org/10.3897/tdwgproceedings.1.20423

[2] Matsuda T. Importance of experimental information (metadata) for archived sequence data: case of specific gene bias due to lag time between sample harvest and RNA protection in RNA sequencing. PeerJ. 2021 Aug 25;9:e11875. doi: 10.7717/peerj.11875. PMID: 34527435; PMCID: PMC8401820.

[3] "Metadata, FAIR principles, and their importance in genomics." [Online]. Avalaible: https://genestack.com/assets/pdfs/The%20importance%20of%20metadata%20in%20genomics%20and%20the%20FAIR%20principles%20ebook.pdf

[4] Moresis, A., Restivo, L., Bromilow, S. et al. A minimal metadata set (MNMS) to repurpose nonclinical in vivo data for biomedical research. Lab Anim 53, 67–79 (2024). https://doi.org/10.1038/s41684-024-01335-0

[5] Kodama Y, Shumway M, Leinonen R; International Nucleotide Sequence Database Collaboration. The Sequence Read Archive: explosive growth of sequencing data. Nucleic Acids Res. 2012 Jan;40(Database issue):D54-6. doi: 10.1093/nar/gkr854. Epub 2011 Oct 18. PMID: 22009675; PMCID: PMC3245110.

[6] Satam, H.; Joshi, K.; Mangrolia, U.; Waghoo, S.; Zaidi, G.; Rawool, S.; Thakare, R.P.; Banday, S.; Mishra, A.K.; Das, G.; et al. Next-Generation Sequencing Technology: Current Trends and Advancements. Biology 2023, 12, 997. https://doi.org/10.3390/biology12070997

[7] Edgar, R.C., Taylor, B., Lin, V. et al. Petabase-scale sequence alignment catalyses viral discovery. Nature 602, 142–147 (2022). https://doi.org/10.1038/s41586-021-04332-2

[8] Bagheri H, Severin AJ, Rajan H. Detecting and correcting misclassified sequences in the large-scale public databases. Bioinformatics. 2020 Sep 15;36(18):4699-4705. doi: 10.1093/bioinformatics/btaa586. PMID: 32579213; PMCID: PMC7821992.

[9] Stevens I, Mukarram AK, Hörtenhuber M, Meehan TF, Rung J, Daub CO. Ten simple rules for annotating sequencing experiments. PLoS Comput Biol. 2020 Oct 5;16(10):e1008260. doi: 10.1371/journal.pcbi.1008260. PMID: 33017400; PMCID: PMC7535046.

SISTEM INTELIGENT DE INSTRUIRE BAZAT PE MODELUL DE STARE A FLUXULUI CONDUS DE INTELIGENȚA ARTIFICIALĂ

Sergiu SCROB*, Inga LISNIC

Departamentul Ingineria Software și Automatică, doctorand școala doctorală UTM, Facultatea Calculatoare Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

*Autorul corespondent: Sergiu Scrob, sergiu.scrob@ati.utm.md

Rezumat. *În domeniul educației care evoluează rapid, inteligența artificială joacă un rol cheie în schimbarea experienței de învățare. O aplicație notabilă este dezvoltarea sistemelor inteligente de învățare, în special învățarea adaptivă bazată pe chestionare, care vizează furnizarea de căi de învățare personalizate și eficiente pentru studenți. În acest articol ne propunem să relatăm despre o nouă abordare inovatoare care valorifică puterea inteligenței artificiale pentru a crea experiențe educaționale dinamice și personalizate folosind modelul stării fluxului propus de Mihalyi Csikszentmihalyi. Sistemul folosește un model cu mai multe fațete care include recunoașterea emoțiilor, analiza stării fluxului și o rețea neuronală pentru a adapta experiența de învățare pentru fiecare student. Detectarea emoțiilor folosind modele precum MobileNetV2, ResNet-50, EfficientNetB3 permite sistemului să măsoare starea emoțională a unui elev în timp real. Aceste date, combinate cu un calcul cuprinzător al indicelui fluxului, asigură că materialul de învățare este adaptat nevoilor emoționale și cognitive ale cursantului. Scopul final este menținerea unei stări de flux pozitiv pentru o perioadă de timp cât mai mare, sporind angajamentul și prevenind plictiseala sau frustrarea.*

Cuvinte cheie: *învățarea adaptivă, inteligența artificială, sisteme inteligente de învățare, modelul stării fluxului.*

Introducere

Nevoia de învățare personalizată a devenit primordială în contextul în care elevii cu stiluri și ritmuri de învățare diferite au nevoie de abordări personalizate care să răspundă nevoilor lor individuale [1]. Învățarea adaptivă face învățarea mai eficientă și mai captivantă, și trece dincolo de o singură paradigmă, recunoscând punctele forte, punctele slabe și preferințele unice ale fiecărui cursant. Această recunoaștere a dus la integrarea tehnologiilor avansate, în special a inteligenței artificiale, pentru a schimba peisajul educațional.

Învățarea prin test adaptiv bazată pe Inteligență Artificială (IA) reprezintă o abordare inovatoare care valorifică puterea IA pentru a oferi nu doar conținut educațional static, ci și învățare interactivă și dinamică. Acesta adaptează traseul educațional pentru fiecare elev, recunoscând importanța luării în considerare a competențelor individuale și a stărilor emoționale. Scopul final fiind menținerea unei stări de flux pozitive pentru o perioadă de timp cât mai mare, sporind angajamentul și prevenind plictiseala sau frustrarea elevului.

Pe măsură ce ne aprofundăm în complexitatea îndrumării cu chestionare adaptive bazate pe inteligență artificială, pornim într-o călătorie care face legătura între domeniile educației și tehnologiei, într-un efort de a redefini modul în care predarea și învățarea au loc. Această introducere pune bazele pentru explorarea unui viitor în care educația nu este doar informativă, ci și profund adaptivă și personalizată, iar inteligența artificială devine un catalizator al schimbărilor transformatoare în educație.

Fundamentul învățării adaptive

Învățarea adaptivă este o metodă de predare care utilizează computerele și diverse tehnologii pentru a facilita înțelegerea și reținerea materialului pe baza nevoilor unice ale cursantului [2]. Conceptul de învățare adaptivă a fost creat de B.F. Skinner, care a proiectat o

mașină de învățare care sa concentrat pe învățarea eficientă, mai degrabă decât pe memorarea noilor concepte. Învățarea adaptivă se bazează pe următoarele principii:

- **Individualizare**, sistemul este conceput pentru a satisface nevoile, abilitățile și preferințele unice ale fiecărui elev.
- **Analitica datelor și inteligența artificială**, aceste tehnologii sunt folosite pentru a procesa datele elevilor și pentru a crea căi de învățare personalizate.
- **Evaluare continuă**, evaluările regulate oferă feedback în timp real și servesc drept bază pentru procesul de adaptare a sistemului.
- **Setări de conținut**, materialul educațional este adaptat nivelului de cunoștințe, ritmului de învățare și preferințelor fiecărui elev.
- **Feedback adaptiv și corecție**, sistemul oferă feedback bazat pe performanța elevului și sugerează conținut corectiv atunci când este necesar.
- **Flexibilitate, interactivitate, scalabilitate și accesibilitate**, sistemul este conceput pentru a fi flexibil, interactiv, scalabil și accesibil pentru o gamă largă de studenți.
- **Cercetare și practică bazată pe dovezi**, dezvoltarea și implementarea sistemului se bazează pe cercetări educaționale și pe practici dovedite.

Sistem inteligent de predare

Un sistem inteligent de predare, din engleză Intelligent Tutoring Systems (ITS), este cel mai avansat tip de sistem din această categorie care folosește algoritmi de inteligență artificială pentru a evalua, monitoriza și răspunde la performanța elevilor, creând o metodologie educațională personalizată [3]. Ele pot oferi studenților asistență imediată, resurse adaptate nevoilor lor de învățare și feedback relevant de care ar putea avea nevoie studenții. Învățarea adaptivă are loc de obicei pe o platformă web. Platforma poate fi sub forma unei interfețe, a unui program interactiv sau a unui proces de învățare. Software-ul conține toate informațiile importante legate de clasă și poate ajuta elevii în procesul lor de învățare. Odată ce un student își încheie munca pe platformă, software-ul poate lua decizii informate cu privire la cel mai bun plan de acțiune pentru student.

Fiecare sistem de învățare adaptiv este unic în ceea ce privește detaliile și designul. Cu toate acestea, majoritatea acestor sisteme constau de obicei din trei componente principale:

- modelul de conținut
- modelul de învățare
- modelul de instruire

Acest sistem de învățare asigură că materialul de învățare nu este doar informativ, ci și adaptat nevoilor în schimbare ale fiecărui elev. Acest lucru oferă un nivel de adaptabilitate și personalizare pe care metodele tradiționale se străduiesc să-l atingă. Îndrumarea prin chestionare adaptive, ca parte a unei game mai largi de ITS, urmărește să atingă câteva obiective educaționale cheie:

- personalizare, pentru a oferi o experiență de învățare personalizată care se adaptează la stilurile și abilitățile unice de învățare ale elevilor individuali.
- implicare, promovarea implicării prin ajustarea dinamică a dificultății întrebărilor din test în funcție de nivelul de cunoștințe al elevului, prevenind plictiseala și frustrarea.
- conștientizarea emoțională, integrarea capacităților de detectare a emoțiilor, creând o platformă care recunoaște și răspunde stărilor emoționale ale elevilor, îmbunătățind experiența educațională generală.
- cale eficientă de învățare, optimizarea experienței de învățare prin anticiparea și furnizarea de conținut care se potrivește cu nivelul de abilități și preferințele curente ale cursantului.

Componentele cheie din ITS

A. Interfață interactivă. O experiență de utilizator fluidă și intuitivă este de cea mai mare importanță în orice aplicație de tip chestionar, care include multe elemente web interactive prin Document Object Model (DOM). Aplicația afișează întrebarea și câteva opțiuni de răspuns, iar în caz că utilizatorul răspunde greșit, îi oferă posibilitatea de a studia materialul didactic relevant cu întrebarea adresată. A se vedea figura 1.

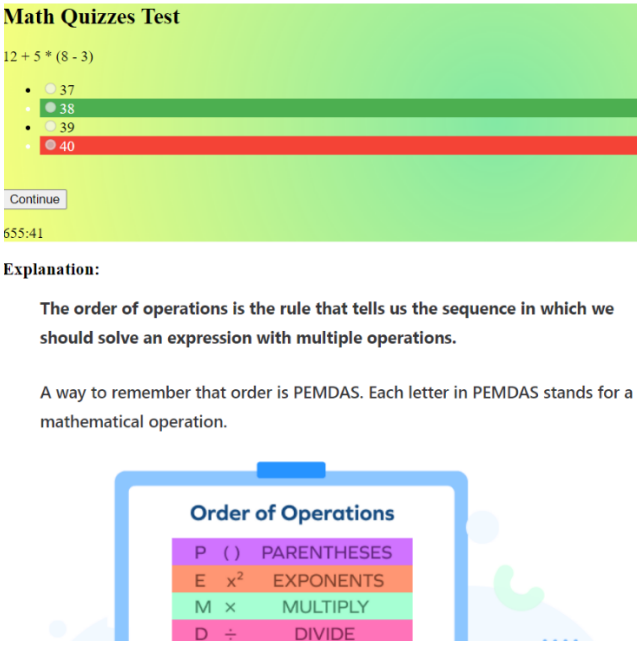


Figura 1. Interfața web pentru chestionar și feedback

B. Gestionarea și colectarea datelor. Aplicația excelează în gestionarea unei game variate de întrebări care formează conținut testului. Încărcând întrebări dintr-un fișier JSON, sistemul populează o matrice cu diferite tipuri de întrebări, opțiuni și scoruri asociate. Capacitatea de a salva și încărca întrebări oferă flexibilitate la crearea conținutului, creând un mediu ușor de utilizat. Această versatilitate permite includerea diferitelor formate de întrebări, făcând sistemul adaptabil la diferite scenarii de chestionare. Aplicația colectează datele utilizatorului precum: opțiunea aleasă, timpul de răspuns, scorul testului, nivelul de aptitudine și provocare, capturi de imagini prin camera video.

C. Extragerea emoțiilor. Emoțiile joacă un rol esențial în procesul de învățare, influențând angajamentul cognitiv și receptivitatea la materialul educațional. Aplicația utilizează biblioteca TensorFlow.js și modelul MobileNetV2, pentru a prelucra imaginele colectate extragerea caracteristicilor din fiecare cadru la intervale specificate asigurând că sistemul poate capta în mod dinamic informații în timpul testului, contribuind la experiența generală de învățare. Pentru o gestionare optimă a memorie și timpul de procesare a imaginilor, aplicația folosește în mod implicit dimensiunea imaginilor de 96x96 pixeli, limita de cadre este de 120 cadre per secundă. MobileNetV2 va returna un vector de 1280.

D. Modelul asociat cu starea de flux. Scopul acestui model este de a corela emoțiile cu indicii actuali și precedenți de flux, aptitudine și provocare. Indicele de flux joacă rol de controlor care determină sensul, pasul și viteza fluxului, astfel după etapa de antrenare a modelului acest parametru va fi utilizat pentru a manipula modelul. Datele de intrare sunt constituite în mod implicit din 120 vectori, fiecare cu lungimea 1280, obținuți la extragerea caracteristicilor folosind modelul MobileNetV2. Tot aici se adaugă indicele de flux actual, nivelurile precedente de aptitudine și provocare. Datele de ieșire sunt constituite din nivelurile actuale de aptitudine și provocare.

Modelul de conținut

Model de conținut reprezintă un set de întrebări și răspunsuri pentru a evalua cunoștințele și înțelegerea elevilor în ceea ce privește diverse subiecte dintr-un domeniu precum matematică. Acest model poate fi utilizat în sistemele inteligente de predare pentru a oferi întrebări adaptative și feedback adecvat în funcție de performanța elevilor în adunarea simplă. Algoritmul adaptiv ar putea selecta întrebări în funcție de nivelul de competență al elevului și ar putea oferi explicații suplimentare sau resurse de învățare în funcție de răspunsurile date. În figura 2 este ilustrat modelul de conținut al sistemului de învățare adaptiv.

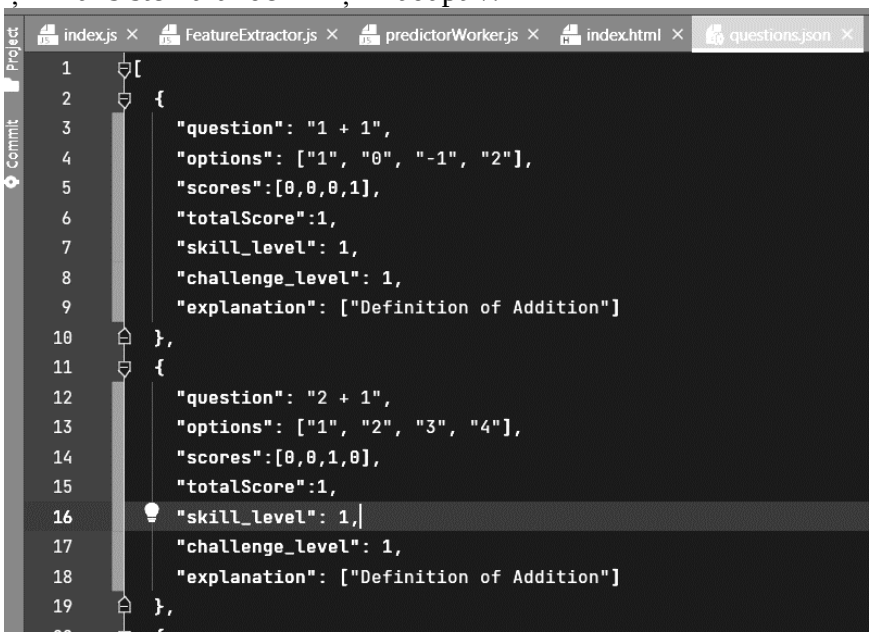


Figura 2. Model de conținut pentru sistemul de învățare

Modelul de conținut are următoarele elementele:

- Întrebare (question), fiecare întrebare reprezintă o problemă de operație matematică, cum ar fi "1 + 1" sau "2 + 1".
- Opțiuni (options), pentru fiecare întrebare, există mai multe opțiuni de răspuns, dintre care una este corectă și celelalte sunt greșite. De exemplu, pentru "2 + 1", opțiunile sunt ["1", "2", "3", "4"].
- Scoruri (scores), acesta indică punctajele asociate cu fiecare opțiune de răspuns. De exemplu, pentru "2 + 1", opțiunea corectă ("3") are un scor de 1, iar celelalte opțiuni au scoruri de 0.
- Scor total (totalScore), acesta reprezintă scorul total disponibil pentru fiecare întrebare. În acest caz, fiecare întrebare are un scor total de 1.
- Nivelul de aptitudine (skill_level), acesta indică nivelul de dificultate al întrebării. În acest model, toate întrebările au același nivel de competență (skill_level: 1), ceea ce sugerează că sunt concepute pentru începători sau pentru a evalua cunoștințe de bază.
- Nivelul de provocare (challenge_level), acesta poate indica gradul de dificultate sau de provocare al întrebării. În acest caz, toate întrebările au același nivel de provocare (challenge_level: 1).
- Explicație (explanation), aceasta furnizează o explicație asociată cu întrebarea și răspunsul corect. În acest caz, toate întrebările au aceeași explicație, care este "Definiția adunării".

Modelul de învățare

În contextul învățării prin test adaptiv, inteligența artificială servește drept creier al sistemului. Capacitatea IA de a procesa cantități masive de date în timp real despre emoțiile, performanța și preferințele elevilor, de a recunoaște tipare și de a face predicții informate se aliniază perfect cu nevoile diverse ale studenților, permițând platformei să ajusteze dinamic conținutul și sarcinile. În figura 3 este prezentată diagrama de componente a modelului de învățare.

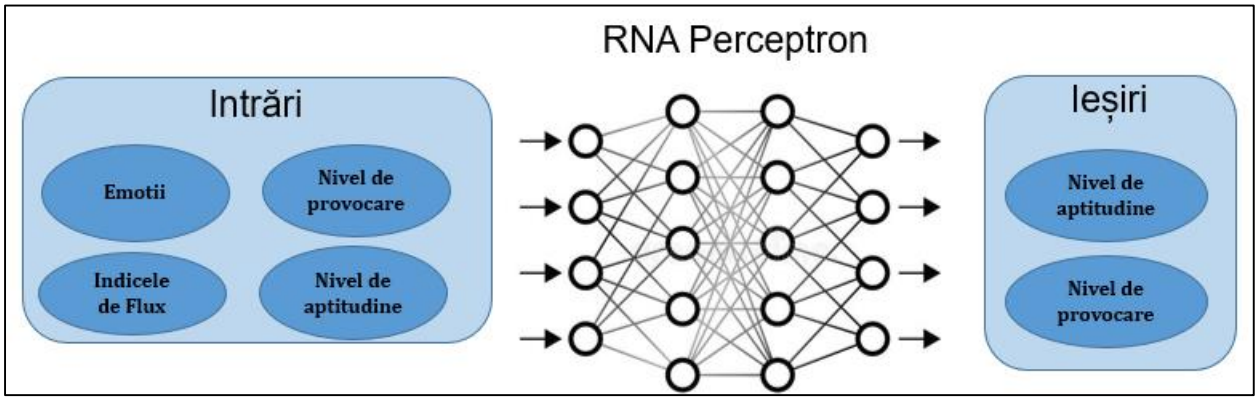


Figura 3. Modelul de învățare bazat pe inteligența artificială

Rețeaua neuronală artificială utilizată pentru modelul de învățare este de tip perceptron având un strat de intrare, două straturi ascunse complet conectate și un strat de ieșire. După cum se vede în figura 4, este un model cu o arhitectură simplă și minimalistă, deoarece scopul este de a înțelege și testa dacă datele de intrare din setul de antrenare sunt relevante pentru a forma tipare cu datele de ieșire. Forma și dimensiunea datelor de intrare depinde de:

limita de cadre (nr. emoții), numărul de imagini din care se extrage lista de emoții faciale

intervalul de captare a cadrelor, frecvența cu care se captează cadrele de camera web

lungimea ferestrei de context, lungimea maximală constantă de cadre(emoții) pentru fiecare întrebare multiplicat la un număr maximal de întrebări care formează o serie de emoții poziționate și corelate prin relația: precedent-curent-următor.

Layer (type)	Input Shape	Output shape	Param #
dense_Dense1 (Dense)	[[null,153603]]	[null,10]	1536040
dense_Dense2 (Dense)	[[null,10]]	[null,100]	1100
dense_Dense3 (Dense)	[[null,100]]	[null,2]	202

Total params: 1537342
Trainable params: 1537342
Non-trainable params: 0

Figura 4. Modelul rețelei neurale artificială

Starea de flux

Înțelegerea și menținerea stării de flux a unui cursant este esențială pentru un angajament susținut și o învățare eficientă. Starea de flux, așa cum este conceptualizată de Csikszentmihalyi, reprezintă echilibrul optim între provocare și abilitate, ceea ce duce la o concentrare sporită și captivantă. Analiza stării fluxului implică evaluarea performanței, satisfacției și angajării cursantului cu fiecare întrebare. Prin calcularea unui indice de flux care ia în considerare factori precum corectitudinea, timpul de răspuns și stările istorice ale fluxului, sistemul asigură că

experiența de învățare este adaptată continuu pentru a se potrivi nevoilor și abilităților în evoluție ale elevului. Pentru a ilustra cele menționate, a se vedea figura 5.

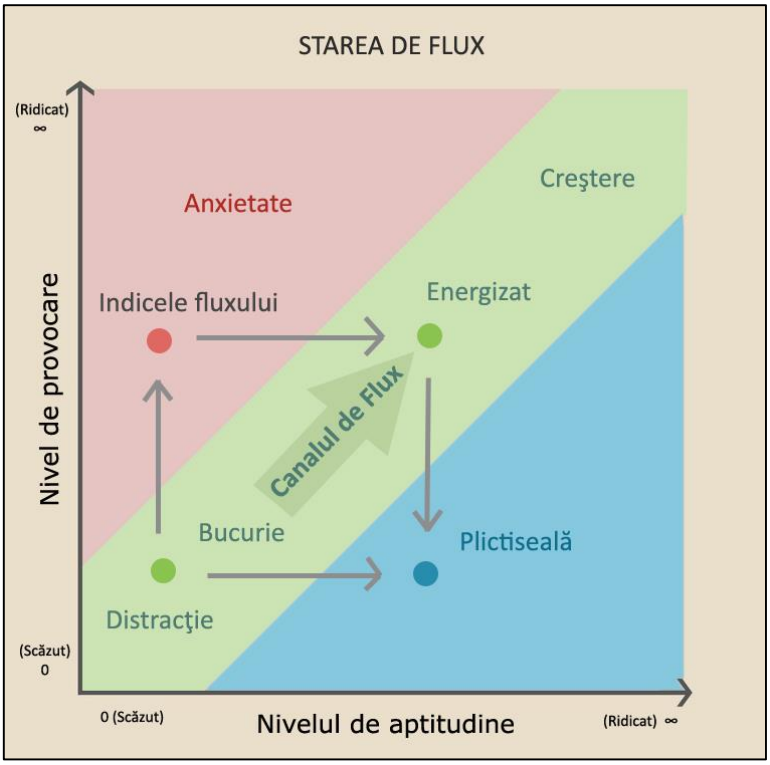


Figura 5. Starea de flux

În contextul nostru, nivelul de aptitudine și provocare pot fi utilizate ca identificatori pentru următoarea întrebare din chestionar. Starea de flux ne va ajuta să înțelegem cum asociem tensorii pentru antrenarea modelului neuronal artificial, suficient pentru identificare tiparelor. Astfel indicele de flux în creștere în raport cu emoțiile actuale ale elevului determină sensul și direcția fluxului. Sensul poate fi pozitiv sau negativ, iar direcția este descrisă de vectorul rezultant al sumei dintre vectorul de aptitudine și promovare. La etapa de inferență, indicele de flux ne va permite să identifică nivelurile de aptitudine și provocare optimale pentru identificare următoarei întrebări.

Modele de convoluție

Modele de convoluție disponibile împreună cu ponderi pre-antrenate pot fi utilizate pentru antrenare și inferență în probleme de clasificare a imaginilor, detectare a obiectelor din imagini, extragerea de caracteristici și reglarea fină, dar și pentru detectarea emoțiilor umane. În tabelul 1 sunt prezentate performanțele diferitor modele de convoluție pe setul de date ImageNet.

Precizia top-1 și top-5 se referă la performanța modelului pe setul de date de validare ImageNet. Adâncimea se referă la adâncimea topologică a rețelei. Aceasta include straturi de activare, straturi de normalizare a loturilor etc. Timpul per pas de inferență este media a 30 de loturi și 10 repetări. Adâncimea numără numărul de straturi cu parametri.

Tabelul 1

Performanța modelelor de convoluție pe setul de date ImageNet [1-8].

Modelul	Size (MB)	Top-1 Accuracy	Top-5 Accuracy	Parameters	Depth	Time (ms) per inference step (CPU)	Time (ms) per inference step (GPU)
Xception	88	79.0%	94.5%	22.9M	81	109.4	8.1
VGG16	528	71.3%	90.1%	138.4M	16	69.5	4.2
VGG19	549	71.3%	90.0%	143.7M	19	84.8	4.4
ResNet50	98	74.9%	92.1%	25.6M	107	58.2	4.6
ResNet50V2	98	76.0%	93.0%	25.6M	103	45.6	4.4
ResNet101	171	76.4%	92.8%	44.7M	209	89.6	5.2
ResNet101V2	171	77.2%	93.8%	44.7M	205	72.7	5.4
ResNet152	232	76.6%	93.1%	60.4M	311	127.4	6.5
ResNet152V2	232	78.0%	94.2%	60.4M	307	107.5	6.6
InceptionV3	92	77.9%	93.7%	23.9M	189	42.2	6.9
InceptionResNetV2	215	80.3%	95.3%	55.9M	449	130.2	10.0
MobileNet	16	70.4%	89.5%	4.3M	55	22.6	3.4
MobileNetV2	14	71.3%	90.1%	3.5M	105	25.9	3.8
DenseNet121	33	75.0%	92.3%	8.1M	242	77.1	5.4
DenseNet169	57	76.2%	93.2%	14.3M	338	96.4	6.3
DenseNet201	80	77.3%	93.6%	20.2M	402	127.2	6.7
NASNetMobile	23	74.4%	91.9%	5.3M	389	27.0	6.7
NASNetLarge	343	82.5%	96.0%	88.9M	533	344.5	20.0
EfficientNetB0	29	77.1%	93.3%	5.3M	132	46.0	4.9
EfficientNetB1	31	79.1%	94.4%	7.9M	186	60.2	5.6
EfficientNetB2	36	80.1%	94.9%	9.2M	186	80.8	6.5
EfficientNetB3	48	81.6%	95.7%	12.3M	210	140.0	8.8
EfficientNetB4	75	82.9%	96.4%	19.5M	258	308.3	15.1
EfficientNetB5	118	83.6%	96.7%	30.6M	312	579.2	25.3
EfficientNetB6	166	84.0%	96.8%	43.3M	360	958.1	40.4
EfficientNetB7	256	84.3%	97.0%	66.7M	438	1578.9	61.6
EfficientNetV2B0	29	78.7%	94.3%	7.2M	-	-	-
EfficientNetV2B1	34	79.8%	95.0%	8.2M	-	-	-
EfficientNetV2B2	42	80.5%	95.1%	10.2M	-	-	-
EfficientNetV2B3	59	82.0%	95.8%	14.5M	-	-	-
EfficientNetV2S	88	83.9%	96.7%	21.6M	-	-	-

Rezultate Preliminare

Captarea emoțiilor în timp real prin ITS este o provocare pentru tehnica de calcul a unui utilizator obișnuit, deoarece prelucrarea imaginilor în timp real și utilizarea modelului de rețea neuronală necesită resurse de calcul semnificative în comparație cu specificația tehnicii de calcul. Din acest motiv sa optat pentru utilizarea modelelor mai mici dar cu performanțe bune care pot fi accesibile și simplu de utilizat pe tehnica de calcul și în cadrul paginilor web. Aceste modele sunt: MobileNetV2, ResNet50, EfficientNetB3.

În contextul procesului de antrenare a modelelor selectate pentru sistemul nostru de învățare, modelele au fost antrenate pe un set de date propriu format din imagini alb-negru de dimensiunea 48x48 pixeli, 40011 imagini din 7 categorii de emoții. În figura 6 sunt prezentate un lot de imagini din setul de date cu diverse emoții.



Figura 6. Imagini cu emoții faciale din setul de date propriu

Aceste modele au arătat performanțe diferite față de cele menționate în tabelul 1. Acest fapt poate fi interpretat precum că setul de date este diferit, dimensiunea imaginelor este mult mai mică dar necesară pentru a economisi resursele de memorie, imaginele au un număr de canale mai mic, fiind în culori alb-negru. Rezultatele sunt reprezentate în tabelul 2.

Tabelul 2

Performanța modelelor selectate pe setul de date propriu

Model Neural	Acuratețe	Precizie	Recuperare	F1-score
ResNet-50	0.59	0.57	0.54	0.65
EfficientNetB3	0.52	0.48	0.99	0.65
MobileNetV2	0.74	0.70	0.79	0.65

În urma performanțelor obținute de fiecare model selectat pentru capturarea emoțiilor, cel mai eficient sa dovedit a fi MobileNetV2. Acest model are cea mai mică dimensiune și cel mai bun timp de inferență care a obținut cele mai bune scoruri pentru metricile din tabelul 2. Deși modelul EfficientNetB3 era mai bine clasat în tabelul 1, pentru setul de date propriu performanța acestui model sa dovedit diferită și mai slabă decât a fost anticipată.

În continuare modelul MobileNetV2 a fost re-antrenat, pentru a obține un indicator de acuratețe mai bun, a se vedea figura 7.

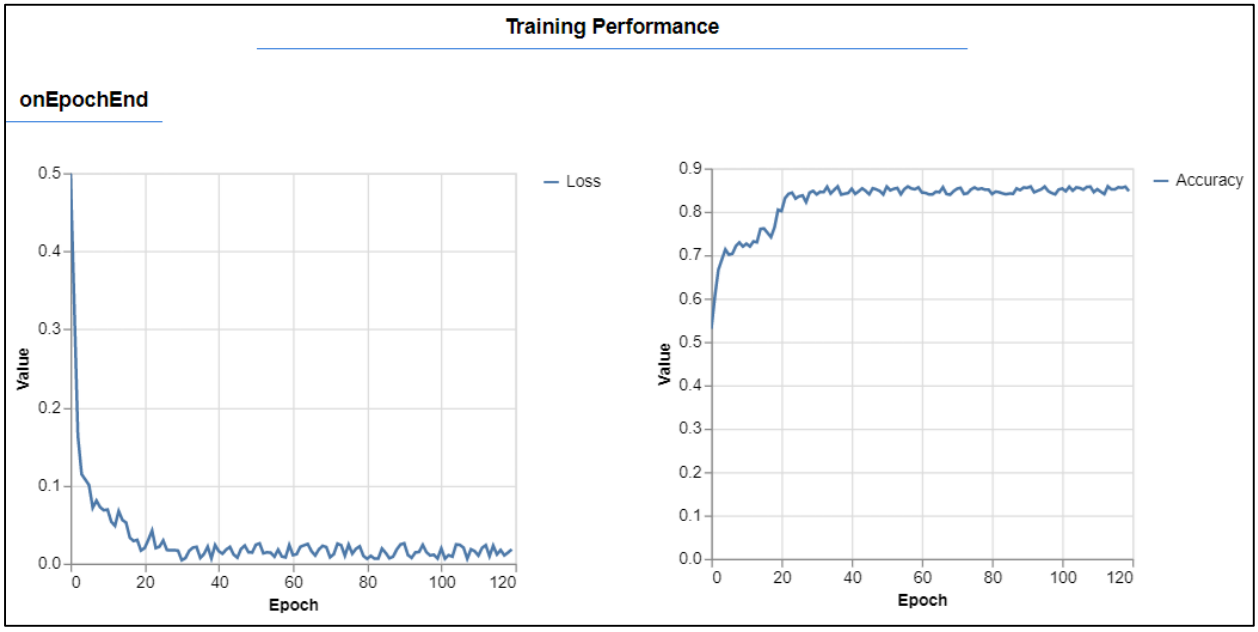


Figura 7. Re-antrenarea modelului MobileNetV2 pentru 120 de epoci

După re-antrenarea modelului MobileNetV2, acuratețea a ajuns la 0.84. Modelul final a fost utilizat pentru extragerea și identificarea emoțiilor în timp real pentru sistemul de învățare și colectarea datelor precum emoțiile pentru formarea setului de date pentru modelul de învățare.

Antrenarea modelului de învățare asociat cu modelul stării de flux este realizat după finisarea chestionarului și colectarea tuturor datelor aferente. Deoarece un singur chestionar are în total 164 de întrebări, a fost creat un mic set de date dintr-un singur chestionar pentru a observa dacă modelul poate recunoaște tiparele după antrenare. În figura 8 este reprezentat procesul de antrenare și graficele pentru metricele de antrenare și validare. Se poate observa precum că funcția de pierdere (Loss) a coborât de la valoarea 40 și 35 până la valoarea 4.21 pentru validare și 4.97 pentru antrenare. Acest progres demonstrează de fapt că modelul este capabil să generalizeze recunoscând tiparele din setul de date. Deoarece setul de date este foarte mic, iar setul de validare și mai mic, valorile de validare sunt mai bune față de cele de antrenare. Cu toate acestea modelul converge la valori relativ mari din cauză că nu există suficiente exemple pentru a face o diferențiere mai bună dintre tipare. Eroare medie absolută care reprezintă o metrică pentru a cuantifica eroarea dintre predicțiile modelului și valorile țintă reale, are valorile 1.85 pentru antrenare și 1.75 validare. Luând în considerare faptul că modelul a reușit să coboare de la valori cuprinse între 6 și 5, iar cu cât mai mică este eroare cu atât mai bine este predicția, putem spună că performanța este triplă și dublă față de starea modelului de la început. Aceste valori ne demonstrează de asemenea că modelul poate să recunoască tipare și setul de date este corect format cu valori relevante în care datele de intrare corelează bine cu datele de ieșire.

Formarea unui set de date mai mare dar și identificare unei arhitecturi a rețelei neurale mai potrivite poate aduce rezultate mult mai bune.

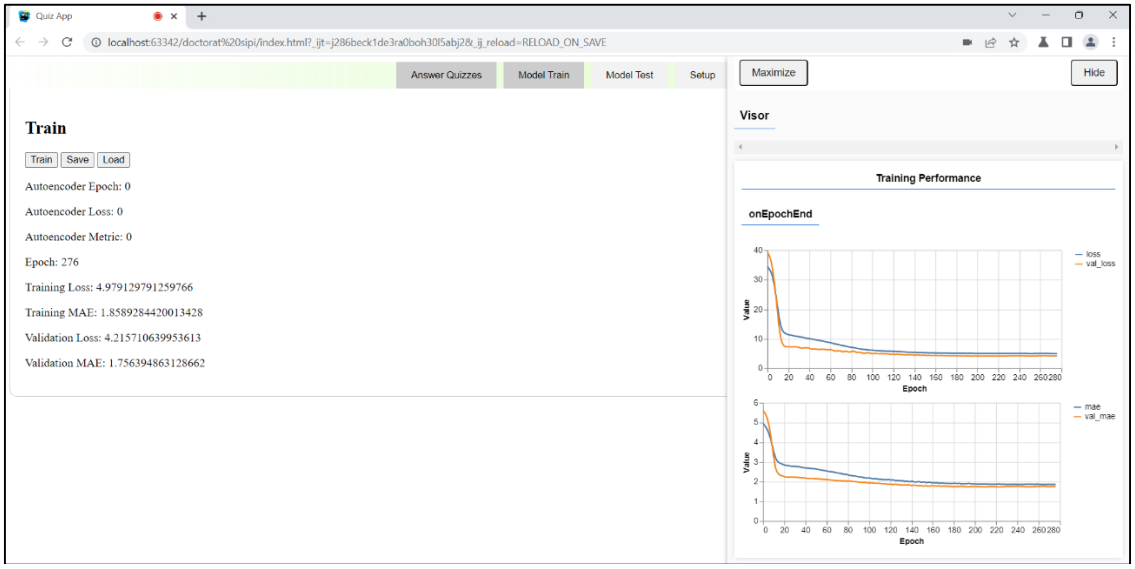


Figura 8. Antrenarea modelului de învățare

Pentru a observa diferența dintre valorile țintă (reale) și predicțiile obținute de la modelul de învățare pentru unele exemple, a se vedea tabelul 3 și 4, dar tot odată pentru a demonstra că modelul poate identifica tipare iar structura setul de date este relevantă într-o oarecare măsură și suficient pentru a ne convinge că noua abordare poate valorifica puterea inteligenței artificiale pentru a crea experiențe educaționale dinamice și personalizate folosind modelul stării de flux.

Tabelul 3

Date de Intrare și Ieșire din setul de date pentru antrenare

ID întrebare	Emoții	Nivel provocare	Nivel aptitudine	Flux de stare
1	Fericire, Uimit	5	7	2
2	Tristețe, Nervozitate	8	6	3
3	Stres, Neutru	3	9	1
95	Plictisit, Neutru	6	9	2
96	Tristețe, Uimit	5	10	1
97	Plictisit, Uimit	9	8	1

Tabelul 4

Date de Intrare și Ieșire prezise de modelul de învățare

ID întrebare	Nivel aptitudine prezis	Nivel provocare prezis	Flux de stare actual	Întrebarea următoare (ID)
1	**6**	**8**	**3**	**2**
2	7	5	2	3
3	8	4	1	1
95	4	3	4	32
96	3	9	3	16
97	5	6	2	57

Din tabelele de mai sus putem observa că modelul de învățare sa adaptat relativ bine unor întrebări cu ID-ul 1,2,3 însă pentru alte întrebări modelul nu sa adaptat la fel de bine. Posibil sunt necesare mai multe exemple în setul de date, antrenarea mai îndelungată și parametrizarea corectă.

Concluzii

ITS excelează în recunoașterea ritmului unic de învățare al fiecărui student și a punctelor forte sau punctelor slabe. Adaptând conținutul și strategiile de învățare la cerințele individuale, îmbunătățește înțelegerea și implicarea, promovând o învățare mai eficientă. În domeniul educației care evoluează rapid, inteligența artificială joacă un rol cheie în schimbarea experienței de învățare. O aplicație notabilă este dezvoltarea sistemelor inteligente de învățare, în special învățarea adaptivă bazată pe chestionare, care vizează furnizarea de căi de învățare personalizate și eficiente pentru studenți. Învățarea prin test adaptiv bazată pe Inteligență Artificială (IA) reprezintă o abordare inovatoare care valorifică puterea IA pentru a oferi nu doar conținut educațional static, ci și învățare interactivă și dinamică. Acesta adaptează traseul educațional pentru fiecare elev, recunoscând importanța luării în considerare a competențelor individuale și a stărilor emoționale.

Bibliografie

[1] Olga Russakovsky*, Jia Deng*, Hao Su, Jonathan Krause, Sanjeev Satheesh, Sean Ma, Zhiheng Huang, Andrej Karpathy, Aditya Khosla, Michael Bernstein, Alexander C. Berg and Li Fei-Fei. ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge. IJCV, 2015.

[2] Chollet, F. (2017). Xception: Deep Learning with Depthwise Separable Convolutions. In 2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) (pp. 1251-1258). IEEE. DOI: 10.1109/CVPR.2017.195.

[3] Simonyan, K., & Zisserman, A. (2015). Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition. arXiv preprint arXiv:1409.1556.

[4] He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2016). Deep Residual Learning for Image Recognition. In 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) (pp. 770-778). IEEE. DOI: 10.1109/CVPR.2016.90.

[5] Szegedy, C., Vanhoucke, V., Ioffe, S., Shlens, J., & Wojna, Z. (2016). Rethinking the Inception Architecture for Computer Vision. In 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) (pp. 2818-2826). IEEE. DOI: 10.1109/CVPR.2016.308.

[6] Howard, A. G., Zhu, M., Chen, B., Kalenichenko, D., Wang, W., Weyand, T., Andreetto, M., & Adam, H. (2017). MobileNets: Efficient Convolutional Neural Networks for Mobile Vision Applications. arXiv preprint arXiv:1704.04861.

[7] Sandler, M., Howard, A., Zhu, M., Zhmoginov, A., & Chen, L.-C. (2018). MobileNetV2: Inverted Residuals and Linear Bottlenecks. In 2018 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) (pp. 4510-4520). IEEE. DOI: 10.1109/CVPR.2018.00474.

[8] Tan, M., & Le, Q. V. (2019). EfficientNet: Rethinking Model Scaling for Convolutional Neural Networks. arXiv preprint arXiv:1905.11946.

CREAREA DINAMICĂ A CLASELOR ÎN CONTEXTUL AUTOMATIZĂRII PROCESULUI DE DEZVOLTARE

Vitalii ARMAȘ[1*], Arina CARAUȘ[2], Cristian PÎRLEA[2], Sergiu BALTEAN[2], Marian TABUREANU[2]

[1]Matematică şi Informatică, Grupa 331, Universitatea Transilvania din Braşov, Braşov, România
[2]Informatică şi Ingineria Sistemelor, CR-212, Calculatoare, Informatică si Microelectronică, Universitatea Tehnică din Moldova, Chişinău, Republica Moldova

*Autorul corespondent: Vitalii ARMAȘ, vitalii.armas@student.unitbv.ro

Coordonator științific: **Lilia ROTARU**, lector universitar, DIIS

Rezumat. *Acest articol este o investigare teoretică a procesului de creare dinamică a claselor și a importanței inițierii acestora în momentul de run-time pentru optimizarea dezvoltării aplicațiilor. Subiectul este abordat din perspectiva paradigmei „Programarea Orientată pe Obiecte". În continuare, sunt indicate metodele folosirii acestui concept, cu scopul de a crea o imagine clară asupra utilizării claselor dinamice în diferite limbaje şi pentru a înainta raționamentele care vor indica un randament maxim al programului implementat. Menționarea combinării algoritmilor genetici cu acest concept, permite înțelegerea abordării promițătoare pentru crearea dinamică a claselor pe baza principiilor de optimizare. De asemenea, sunt prezentate domeniile de utilizare, modul de implementare, și forma de abstractizare a soluțiilor dinamice oferite societății. Prin intermediul unui use case este indicată aplicabilitatea și relevanța implementării acestui concept pentru ajustarea rezultatului conform contextului și datelor obținute în timp real. Totodată, prezentăm etapele ce reprezintă intercalarea creării dinamice a claselor cu algoritmii genetici pentru a ușura înțelegerea acestora.*

Cuvinte cheie: *gene, execuție, adaptare, POO.*

Introducere

Metodologiile de programare sunt cadre cruciale utilizate de dezvoltatori pentru a aborda provocări complexe din lumea reală și pentru a organiza în mod eficient dezvoltarea software-ului. Aceste metodologii variază în mod semnificativ în ceea ce privește strategiile lor de descompunere a problemelor și de organizare structurală [1].

Programarea orientată pe obiecte (POO) adoptă o abordare diferită, concentrându-se în jurul unor entități sau obiecte inerente domeniului problemei. Soluția este structurată în jurul acestor entități, punând accentul pe datele, comportamentele și interacțiunile acestora pentru a crea o soluție unificată și coerentă. Această metodologie îmbunătățește capacitatea de reutilizare, scalabilitate și mentenanță a codului prin încapsularea datelor și metodelor în obiecte [2].

Generarea dinamică a claselor se referă la capacitatea de a crea clase chiar în timpul execuției, fără a fi nevoie să le definiți în mod explicit în cod. Acest lucru poate fi util într-o varietate de situații, cum ar fi atunci când trebuie să creați un număr mare de clase similare sau când doriți să personalizați comportamentul unei clase pe baza informațiilor din timpul execuției.

În contextul programării orientate pe obiecte, în special în ceea ce privește structurarea meticuloasă a soluțiilor în jurul entităților sau obiectelor și accentul pus pe încapsulare, se poate aplica direct la generarea dinamică de clase [2]. POO oferă mecanisme precum moștenirea, polimorfismul și reflecția, care permit dezvoltatorilor să creeze și să manipuleze în mod dinamic clasele în timpul execuției, pe baza unor cerințe specifice [2]. Această flexibilitate permite crearea unor soluții modulare, dinamice și adaptabile, în conformitate cu principiile POO.

Actualitatea automatizării codării folosind crearea dinamică a claselor constă în potențialul său de a simplifica și îmbunătăți procesul de dezvoltare, în special în scenariile în

care predomină sarcinile repetitive sau comportamentele dinamice. Iată câteva puncte cheie care evidențiază importanța automatizării codării prin intermediul creării dinamice a claselor:

- Eficiență: Crearea dinamică a claselor automatizează procesul de generare a claselor din mers, eliminând nevoia de codificare manuală a definițiilor de clasă. Acest lucru economisește timp și efort de dezvoltare semnificativ, în special în situațiile în care trebuie creat un număr mare de clase similare sau când sunt necesare modificări frecvente.
- Flexibilitate: Automatizarea prin crearea dinamică a claselor oferă flexibilitate în adaptarea la cerințele în schimbare și la condițiile de execuție [2]. Dezvoltatorii pot crea clase în mod dinamic pe baza unor informații specifice din timpul execuției, permițând soluții software mai adaptative și mai receptive.
- Scalabilitate: Crearea dinamică a claselor facilitează scalabilitatea, permițând crearea de clase în timpul execuției în funcție de cerere. Această scalabilitate este benefică în cazul aplicațiilor cu cerințe în evoluție sau în cazul sistemelor care gestionează volume mari de date.
- Personalizare: Automatizarea prin crearea dinamică a claselor permite dezvoltatorilor să personalizeze comportamentul claselor în baza parametrilor de execuție sau a intrărilor utilizatorului. Acest nivel de personalizare sporește adaptabilitatea și versatilitatea software-ului [2].
- Întreținere: Generarea automatizată de clase poate îmbunătăți mentenabilitatea codului prin centralizarea logicii de creare a claselor și reducerea duplicării. Modificările sau actualizările comportamentului clasei pot fi aplicate uniform în clasele generate dinamic, simplificând eforturile de întreținere.

Descrierea creării dinamice

Crearea dinamică a claselor este caracteristica limbajelor de programare ce suportă programarea orientată pe obiecte. Astfel, ne-am pus ca scop să cercetam metodele ei de implementare în limbajele Python și JavaScript.

JavaScript

JavaScript (JS) este un limbaj interpretabil orientat pe obiecte. Cu toate că sintaxa acestui limbaj seamănă cu C++ sau Java, JS nu este un limbaj puternic tipizat, ceea ce însemna că variabilele nu au neapărat un tip specificat. În acest caz, JS seamănă mai mult cu Perl, iar mecanismul său de moștenire este bazat pe prototipe, ca în limbajul Self [3]. Crearea dinamică a claselor în acest limbaj poate fi realizată prin intermediul obiectelor de tip JSON [4] și a metodei Object.assign [5].

Pentru început, se creează un obiect JSON care va conține informațiile necesare pentru a crea dinamic o clasă, după cum urmează în figura 1:

```
let classInfo = {
    className: "Persoana",
properties: {
nume: "",
varsta: 0,
    },
methods: {
salut: function() {
return "Salut, eu sunt " + this.nume + " si am " + this.varsta + " ani.";
}
}
    };
```

Figura 1. Crearea obiectului JSON

În acest caz, obiectul JSON pe care îl vom crea se numește "classInfo", acesta conține numele viitoarei clase "Persoana", un obiect "properties" cu viitoarele câmpuri ale clasei: "nume" și "varsta" și un obiect "methods" ce conține metoda viitoarei clase, "greet".

După crearea obiectului JSON, definim o funcţie “creazaDinamicClasa” ca şi în figura 2:

```
function creazaDinamicClasa(classInfo) {

    let clasaDinamica = function(data) {

        Object.assign(this, data);
    };

    Object.assign(clasaDinamica.prototype, classInfo.properties, classInfo.methods);

    return clasaDinamica;
}
```

Figura 2. Funcţia creazaDinamicClasa

Aceasta funcţie primeşte obiectul JSON “classInfo” ca parametru și definește un constructor “clasaDinamica” care va primi ca parametru un obiect “data”. Prin intermediul metodei Object.assign() constructorul va asigna proprietățile din obiectul “data” la instanța curentă (“this”) [3,5]. În final, cu ajutorul aceleiași metode, se adaugă proprietățile și metodele din “classInfo” la prototipul clasei “dynamicClass”.

Următorul pas este crearea dinamică şi utilizarea clasei (figura 3):

```
let Persoana = creazaDinamicClasa(classInfo);

let persoana1 = new Persoana({ nume: "Ion", varsta: 30 });

console.log(person1.salut());
```

Figura 3. Crearea dinamică și utilizarea clasei

Aici se creează, în timpul execuției, clasa nouă „Persoana” prin intermediul funcției definite anterior și a obiectului JSON, după care, cu ajutorul constructorului se inițializează un obiect „persoana1” de tipul clasei noi cu parametrii „nume” și „varsta”, iar în final se apelează metoda „salut()” a obiectului. În rezultatul compilării în consolă se afișează mesajul „Salut, eu sunt Ion si am 30 ani.”.

Python

Python este unul dintre cele mai populare limbaje de programare din lume. Unul dintre aspectele care îl distinge este sistemul său de tipizare puternică [6], ce permite programatorilor să creeze și să modifice clase într-un mod dinamic și eficient. Crearea dinamică în Python se poate face în mai multe moduri.

Prima metoda este utilizarea funcției type ce poate primi 3 argumente: denumirea clasei, clasele pe care le va moșteni noua clasă și dicționarul ce va conține atributele și metodele (sub formă de obiecte) ale viitoarei clase [7], după cum e prezentat și în figura 4.

```
ClasaNoua = type('ClasaNoua', (object, ), dict())
```

Figura 4. Crearea dinamică a clasei vide ClasaNoua

În aceasta figură se ilustrează crearea unei clase vide cu denumirea “ClasaNoua”, ce moşteneşte clasa object, dar care nu are atribute sau metode, deoarece dicționarul este vid. Se pot adaugă în dicționar obiecte ce vor reprezenta metode sau denumiri ale unor variabile care vor reprezenta câmpurile noii clase.

O altă metodă de creare dinamică este utilizarea metaclaselor, și anume, prin moștenirea metaclasei "type". Se definește o clasă nouă care moștenește metaclasa "type". În cadrul acestei clase, se suprascrie metoda "__new__()" ce are ca parametri de intrare metaclasa, numele clasei ce urmează să fie creată, clasele pe care aceasta le moștenește și dicționarul de atribute ce va conține atributele și metodele clasei noi [7]. Un exemplu de cod este ilustrat în figura 5.

```
class myMeta(type):
    def __new__(cls, name, bases, dct):

        dct['metodaDinamica'] = lambda self: print("Aceasta este o metoda dinamica.")

        return super().__new__(cls, name, bases, dct)

clasaDinamica = myMeta('clasaDinamica', (), {})

ob1 = clasaDinamica()
ob1.metodaDinamica()
```

Figura 5. Crearea dinamică a claselor folosind metaclasa "type"

Se definește clasa "myMeta" care va moșteni clasa "type", devenind astfel și ea o metaclasă. În interiorul acestei clase se suprascrie metoda "__new__()" care va adăuga în viitoarea clasă o funcție lambda ce va afișa în consolă un mesaj. Prin intermediul clasei "myMeta" și a parametrilor de intrare: cls se transmite implicit, 'clasaDinamica' reprezintă numele clasei, () reprezintă clasele pe care le va moșteni vitoarea clasă (în cazul nostru, nici una) și {} reprezintă atributele și metodele clasei noi (în exemplul dat, clasa nouă nu va avea atribute sau metode).

Studiul de caz

În următorul use-case este utilizată crearea dinamică a claselor pentru automatizarea procesului și oferirea posibilității utilizatorului de a influența codul sursă, în timpul execuției.

Inițial, în program se definește clasa de bază 'Părinte', care deține o metodă pentru transmiterea trăsăturilor genetice.

```
class Parinte:
    def __init__(self, denumire, trasaturi):
        self.denumire = denumire
        self.trasaturi = trasaturi

    def transmite_genetic(self):
        return self.trasaturi
```

Figura 6. Crearea clasei Parinte

După care se inițiază o funcție pentru contopirea genelor, care primește trăsăturile părinților de la tastatură. Conținutul introdus de utilizator în campurile entry_parinte1_trasaturi și entry_parinte2_trasaturi, este interpretat și convertit în obiecte dicționar, utilizând eval(). Această operație este necesară pentru a putea fi prelucrate în continuare în funcția dată.

```
def contopire_gene():
    parinte1_denumire = entry_parinte1_denumire.get()
    parinte2_denumire = entry_parinte2_denumire.get()
    parinte1_trasaturi = eval(entry_parinte1_trasaturi.get())
    parinte2_trasaturi = eval(entry_parinte2_trasaturi.get())
```

Figura 7. Metoda de contopire a genelor

Sunt create 2 obiecte de tipul clasei ‘Părinte’, utilizând datele recepţionate.

```
parinte1 = Parinte(parinte1_denumire, parinte1_trasaturi)
parinte2 = Parinte(parinte2_denumire, parinte2_trasaturi)
```

Figura 8. Crearea obiectelor clasei ‘Părinte’

Următorul pas este creare dinamică a clasei ‘Copil’, folosind type(), care primește denumirea clasei (‘Copil’), clasele părinţi (Parinte), și un dicționar cu metodele și atributele clasei. Metoda ‘__init__’ este suprascrisă pentru a inițializa trăsăturile copilului cu valorile calculate anterior.

```
try:
    Copil = type('Copil', (Parinte,), {'__init__': lambda self:
    Parinte.__init__(self, f"{parinte1_denumire}{parinte2_denumire}",
    trasaturi_copil)})
except Exception as e:
    messagebox.showerror("Eroare", f"Eroare la crearea clasei Copil: {e}")
    return
```

Figura 9. Crearea clasei copil folosind type()

Ulterior utilizatorul poate adăuga funcții noi, sau modifica funcțiile deja existente, la moștenirea dinamică a clasei copil, utilizând funcţia exec(), care este folosită pentru a executa codul introdus de la tastatură. Acest lucru permite utilizatorului să adauge funcționalități personalizate la clasa copil, fără a fi nevoie să modifice direct codul sursă al aplicației.

```
try:
    exec(entry_parinte_custom.get())
except Exception as e:
    messagebox.showerror("Eroare", f"Eroare la execuția codului custom:
    {e}")
    return
```

Figura 10. Adăugarea altor funcții în moştenirea dinamică

Prin automatizarea procesului de creare a claselor copil în funcție de trăsăturile părinților, acest use case contribuie la eficientizarea procesului de dezvoltare și la flexibilitatea în gestionarea diversității trăsăturilor genetice.

Concluzii

Crearea dinamică a claselor este o unealtă promițătoare în condițiile în care scrierea unui cod devine un proces tot mai complex și din ce în ce mai monoton. Automatizarea etapei de dezvoltare în contextul programării dinamice reprezintă o direcție importantă pentru evoluția

procesului de creare a aplicațiilor, care poate fi aplicată cu success în diferite limbaje (precum Python sau Java Script) în tandem cu inteligența artificială. Aceasta poate sta la baza dezvoltării aplicațiilor dinamice utilizând metodologia funcțional-Incrementară, permițând ajustarea sau introducerea cerințelor noi pe parcursul procesului de dezvoltare și oferă posibilitatea de a elimina erorile în cazul în care acestea pot apărea la etapele de analiză sau proiectare. Astfel metodologia dată de dezvoltare oferă oportunitatea de a ajusta funcționalitățile existente și adăuga unele noi. Un dezavantaj ar putea fi impredictibilitatea direcției de evoluție a aplicației, risc ce ar putea fi redus prin introducerea unor restricții bine definite. Rezultatele obtinute în urma execuției programului din studiul de caz confirmă aplicabilitatea metodei descrise si demonstrează potențialul oferit de combinarea acesteia cu inteligența artificială în scrierea de cod și procesul de dezvoltare a aplicațiilor software. Programarea dinamică și în special definirea claselor și moștenirea dinamică este un instrument puternic ce poate fi folosit în diferite domenii, precum: Framework-uri (unele framework-uri pentru web, cum ar fi Django sau Flask în Python, pot beneficia de crearea dinamică a claselor pentru a gestiona rutele și logica aplicației într-un mod flexibil și modular), sau chiar în dezvoltarea aplicațiilor inspirate din natură (inteligența artificială, algoritmii genetici, fuzzi/neuro fuzzy). Îmbinându-se cu sistemele de procesare a limbajului natural, această tehnologie poate accelera procesul de dezvoltare a software-ului pentru ingineri și programatori, iar perspectivele utilizării lor pot fi evaluate ca fiind promițătoare.

Referințe

[1] Annabelle MckIver, Carroll Morgan, Programming Methodology, Springer-Verlag New York, DOI: 10.1007/978-0-387-21798-7, 2003.

[2] Mark Lutz, *Learning Python: Powerful Object-Oriented Programming.* O'Reilly Media, ISBN: 978-1-449-35573-9, 2013.

[3] David Flanagan, *JavaScript The Definitive Guide.* O'Reilly Media, ISBN: 9781491952023, 2020.

[4] Mateusz Piech, Robert Marcjan *A new approach to storing dynamic data in relational databases using json.* DOI: https://doi.org/10.7494/csci.2018.19.1.2505, 2018.

[5] Kyle Simpson, *You Don't Know JS: this & Object Prototypes.* O'Reilly Media, ISBN: 978-1-491-90415-2, 2014.

[6] John Hunt, *A Beginners Guide to Python 3 Programming.* Springer Nature Switzerland AG, ISBN 978-3-030-20289-7, 2020.

[7] John Hunt, *Advanced Guide to Python 3 Programming.* Springer Nature Switzerland AG, ISBN 978-3-030-25942-6, 2023.

EVALUAREA CUVINTELOR EMOȚIONALE PRONUNȚATE ÎN SITUAȚII EXCEPȚIONALE

Olesea BOROZAN

Departamentul Informatica și Ingineria Sistemelor, Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

Autorul corespondent: Olesea Borozan, olesea.borozan@ia.utm.md

Îndrumătorul/coordonatorul științific: **Victor ABABII**, dr., UTM

Rezumat. *Emoțiile vocale, prezintă o modalitate de exprimare a stării emoționale a unui individ, prin caracteristicile vocii sale, cum ar fi tonalitatea, ritmul, volumul și alți factori. Așadar, oamenii, au capacitatea de aşi modifica vocea în funcție de starea lor emoțională pozitivă, negativă, spaimă sau frică, iar aceste modificări pot fi percepute și identificate de sistemele decizionale care pot interveni prin acțiuni specifice situației și mediului de activitate a acestora. Această lucrare prezintă o abordare inovatoare pentru îmbunătățirea siguranței și eficienței proceselor robotizate prin utilizarea recunoașterii emoțiilor vocale pentru managementul situațiilor excepționale. Scopul principal al lucrării este dezvoltarea unui sistem de siguranță care permite să identifice și să acționeze asupra funcționalității sistemului robotizat (oprirea sau trecerea sistemului robotizat în regim de siguranță înaltă) în raport cu starea emoțională a utilizatorului/operatorului uman. S-au elaborat cercetări pentru a identifica importanța cuvintelor pronunțate în raport cu starea emoțională a omului.*

Cuvinte cheie: *sistem de siguranță vitală, procese robotizate, emoții, procesarea vorbirii, situații excepționale, rețele neuronale, sistem decizional.*

Introducere

Astăzi, este imposibil de imaginat activitatea umană fără de implicarea sistemelor robotice de diverse forme. Una din care este recunoaşterea vorbirii, ce reprezintă un pas important în dezvoltarea sistemelor bazate pe inteligența artificială, în special a sistemelor controlate prin intermediul comenzilor vocale [1-6].

Este evident faptul că pentru o ființă umană, dintr-un sistem Om-Mașină, ar fi mai convenabilă comunicarea vocală. Un rol important în comunicarea Om-Mașină îl joacă și factorul că în procesul de dialog pot fi transmise nu doar informații vocale, dar și informații vocal-emoționale [7,8].

Atribuind un nivel de inteligență artificială pentru sistemele automatizate și robotizate, devine posibilă realizarea unui dialog Om-Mașină care să asigure un schimb de informații utile pentru ambele părți implicate în procesul de comunicare [7-10].

În Figura 1 sunt prezentate principalele domenii de aplicare a tehnologiilor de procesare și recunoaștere a vorbirii.

Asistenți virtuali. Acesta include alimentarea asistenților activați vocal, cum ar fi Siri, Alexa și Google Assistant.

Servicii de transcriere. Aceasta implică conversia conținutului vorbit în text scris pentru documentare, subtitrări sau alte scopuri.

Asistență medicală. Permite medicilor și asistentelor medicale să dicteze notele și înregistrările pacienților fără mâini.

Auto. Acesta acoperă activarea comenzilor activate vocal în vehicule, de la redarea muzicii la navigație.

Serviciu clienți. Acesta cuprinde alimentarea IVR-urilor activate vocal în centrele de apel.

Industrie. Acesta cuprinde roboții de producție în diverse companii industriale.

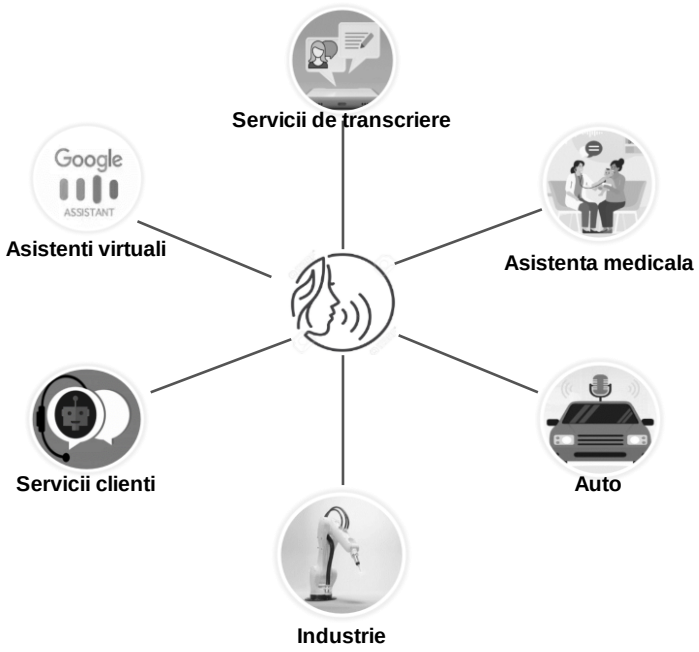


Figura 1. Principalele domenii de aplicare a tehnologiilor de procesare și recunoaștere a vorbirii.

În anumite cazuri specifice, sistemele automatizate și robotizate (spre exemplu în companiile industriale) prezintă un pericol real pentru sănătatea și viața omului. Având un caracter mai mult mecanic, aceste sisteme sunt lipsite de a reacționa la comenzi vocale sau vocal-emoționale care să intervină în procesul funcționării în scopul protecției sănătății și vieții omului [8].

Resursele bibliografice oferă informații referitoare la cuvintele emoționale pronunțate în situații excepționale de către om [1-6]. Acestea pot fi clasificate ca: *emoții de bucurie, expresii de tristețe, expresii de frică sau panică, expresii de furie sau frustrare, expresii de admirație sau uimire etc.*

Evaluarea cuvintelor emoționale pronunțate în situații excepționale este un proces complex și subiectiv, dar există câteva abordări și metode care pot fi folosite pentru a încerca să înțelegem și să interpretăm impactul lor emoțional pentru diverse situații de mediu [1-6,8]. Putem menționa metode de evaluare: *analiza lexicală, analiza totului vocal, intuiție și empatie, analiza contextului etc.*

Evaluarea cuvintelor pronunțate în situații excepționale

Din domeniile menționate mai sus unul important este aplicarea recunoașterii automate a emoțiilor în vorbire pentru protecția sănătății și a vieții ființelor umane [8], ce fac parte din procesul tehnologic al sistemelor robotizate, în special mecanisme în mișcare, dispozitive sub curent electric (linii de asamblare robotizate, conveiere pentru asamblarea și clasificarea obiectelor, roboți mobili etc.).

Pentru a identifica cuvintele cheie pronunțate de om în diverse situații excepționale s-a efectuat un sondaj, cu selecție multiplă, cu implicarea unui eșantion din 150 persoane (studenți anul I, II de studii, ai facultăților FCIM, FUA, FCGC).

Pentru evaluare s-au propus situațiile emoționale [1-6]: *spaimă, suferință, furie, frică, alarmă și surpriză*. S-au propus și cuvintele pentru evaluare care pot fi pronunțate în diverse situații emoționale: *start, stop, ajutor, A-u-u-u, help și SOS.*

Rezultatul sondajului realizat este prezentat în Tabelul 1.

Tabelul 1.

Rezultatele evaluării cuvintelor cheie pronunțate de om în situații excepționale.

	Start	Stop	Ajutor	A-a-u-u-u	Help	SOS
Spaimă	17	49	48	25	29	20
Suferintă	12	30	30	71	31	9
Furie	20	89	15	17	12	9
Frică	12	33	57	20	35	24
Alarmă	35	52	23	11	22	38
Surpriză	84	15	9	42	4	7

Rezultatele sondajului în formă de diagramă sunt prezentate în Fig. 2.

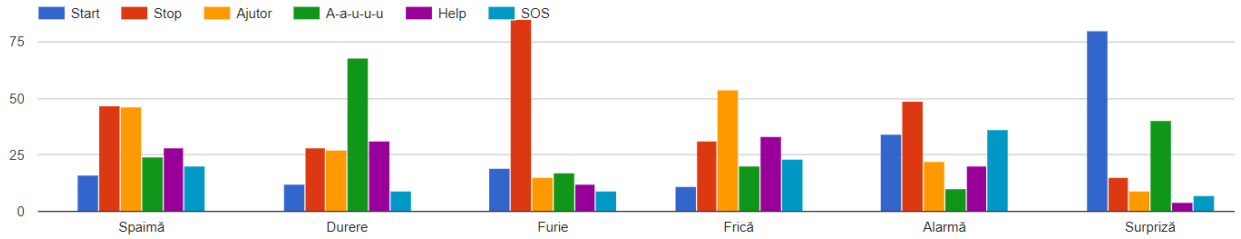


Figura 2. Diagrama cu rezultatele sondajului

Concluzii

În această lucrare sunt prezentate rezultatele evaluării cuvintelor cheie pronunțate de om în situații excepționale. Pentru aceasta a fost realizat un sondaj cu implicarea unui eșantion din 150 de studenți. În rezultatul evaluării s-a constatat că în situații excepționale Omul v-a pronunța:

- cuvântul Start de 84 ori în situații de Surpriză;
- cuvântul Stop de 89 ori în situații de Furie, de 52 ori în situații de Alarmă și 49 ori în situații de Spaimă;
- cuvântul Ajutor de 57 ori în situații de Frică și 48 ori în situații de Spaimă;
- cuvântul A-a-u-u-u de 71 ori în situații de Suferință și 42 ori în situații de Surpriză;
- cuvântul Help de 35 ori în situații de frică și 31 ori în situații de Suferință;
- cuvântul SOS de 38 ori în situații de Alarmă și 24 ori în situații de Frică.

Așadar, în situații excepționale în procesul de funcționare a unui sistem robotizat pot fi utilizate cuvintele Stop și Ajutor.

Referințe:

[1] L. K. Kuhn, *Emotion recognition in human face and voice. PhD thesis*, London 2014, 261p.

[2] T. Ozseven, A novel feature selection method for speech emotion recognition. *Applied Acoustics*, vol. 146, march 2019, ELSEVER, pp. 320-326, https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2018.11.028.

[3] P. Bhardwaj, S. Debbarma, A Study of Methods Involved in Voice Emotion. *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, Vol. 3, Issue 2, February 2014, pp. 5517-5521, ISSN: 2278-1021.

[4] S.-W. Byun, S.-P. Lee, A Study on a Speech Emotion Recognition System with Effective Acoustic Features Using Deep Learning Algorithms. *Applied Sciences*, 2021, 11(4), 1890, 15p., https://doi.org/10.3390/app11041890.

[5] A. Joshi, R. Kaur, A Study of Speech Emotion Recognition Methods. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing* (IJCSMC), Vol. 2, Issue. 4, April 2013, pp. 28 – 31, ISSN: 2320–088X.

[6] L. Kerkeni, Y. Serrestou, M. Mbarki, K. Raoof and M. Ali Mahjoub, Speech Emotion Recognition: Methods and Cases Study. In *Proceedings of the 10th International Conference on Agents and Artificial Intelligence* (ICAART 2018) - Volume 2, pp. 175-182, ISBN: 978-989-758-275-2, DOI: 10.5220/0006611601750182.

[7] V. Ababii, V. Sudacevschi, R. Braniste, A. Turcan, C. Ababii, S. Munteanu, Adaptive computing system for distributed process control. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*. Vol. 22, No 2, September 2020, pp. 258-264. ISSN 2509-0119.

[8] V. Ababii, V. Sudacevschi, O. Borozan, V. Fratavchan, Decision making system based on voice-emotional commands. *International Scientific and Practical Internet Conference on "Informatics and Computer Technics Problems"*, PICT-2022, 10-13 November, 2022, Chernivtsi, Ukraine , pp. 69-74.

[9] S. Munteanu, V. Sudacevschi, V. Ababii, O. Borozan, C. Ababii, V. Lasco, Multi-Agent Decision Making System based on Membrane Computing. The 11th IEEE *International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications*. 22-25 September, 2021, Cracow, Poland, Vol. 2. pp. 851-854. ISBN: 978-1-6654-4210-7.

[10] V. Ababii, V. Sudacevschi, A. Turcan, R. Melnic, V. Carbune, I. Cojuhari, Multi-Objective Decision Making System Based on Spatial-Temporal Logics. *In Proceedings of the 24th International Conference on Control Systems and Computer Science* (CSCS-2023), 24-26 May, 2023, Bucharest, Romania, pp. 6-10, DOI: 10.1109/CSCS59211.2023.00010.

SISTEM INFORMAȚIONAL PENTRU MONITORIZAREA OBIECTELOR MOBILE

Neonil ROȘCA

Departamentul Informatica și Ingineria Sistemelor, Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

Autorul corespondent: Neonil ROȘCA, e-mail: neonil.rosca@calc.utm.md

Îndrumătorul/coordonatorul științific **Viorica SUDACEVSCHI**, conf. univ., dr., DIIS, UTM

Rezumat. *Prezentul studiu investighează un sistem informațional pentru monitorizarea obiectelor mobile, concentrându-se pe structura și implementarea sa. Sistemul constă din două componente principale: Localizatorul, responsabil pentru colectarea datelor telemetrice și de localizare de la obiectele monitorizate, și Aplicația Web, care facilitează prelucrarea și afișarea acestor date pentru utilizatorii finali. Implementarea hardware-ului presupune proiectarea unei plăci cu cablaj imprimat și integrarea modulelor necesare, cum ar fi modulele GPS și GSM/GPRS, pentru colectarea și transmiterea datelor către aplicația web. Algoritmul de funcționare inițiază colectarea datelor de la diferiți senzori și module și le transmite către aplicația web pentru analiză și afișare. Sistemul propus oferă o soluție eficientă pentru monitorizarea și gestionarea obiectelor mobile în diverse contexte, cum ar fi industria automotive sau domeniul sănătății.*

Cuvinte cheie: *localizator, coordonate geografice, GSM, aplicaţie web, GPS.*

Introducere

În ultimele decenii, monitorizarea și localizarea obiectelor mobile a devenit un instrument important într-o varietate de domenii precum: industria *automotive*, logistică, sănătatea și siguranța publică, etc. Capacitatea de a urmări și gestiona în timp real obiectele mobile poate aduce beneficii semnificative în eficiența operațională, securitatea și luarea deciziilor informate [1].

Sistemele moderne de monitorizare și localizare își propun să ofere soluții avansate și fiabile pentru a adresa aceste nevoi într-un mod eficient și precis. În acest context, dezvoltarea și implementarea unui sistem informațional dedicat monitorizării obiectelor mobile reprezintă un pas esențial pentru a atinge aceste obiective.

Sistemul informațional pentru monitorizarea obiectelor mobile descris în această lucrare este compus din diverse subsisteme care permit realizarea diferitor funcții necesare pentru buna funcționare a acestuia. Sistemul este alcătuit în două părți distincte: localizatorul și aplicația web. Localizatorul reprezintă partea hardware care colectează datele telemetrice și de localizare de la obiectele monitorizate, procesează aceste date și le transmite prin intermediul internetului către aplicația Web. Aplicația Web are rolul de prelucrare, stocare și afișare a datelor pentru utilizatorii finali, fiind compusă din două componente principale: serverul creat prin intermediul *framework*-ului *SpringBoot* și partea de *FrontEnd* realizată în *HTML*, *CSS* și *Java Script*.

Modulul de localizare este componenta hardware de bază care colectează datele de localizare prin intermediul unui modul GNSS. Acest modul, utilizează un *SoC* ESP32 pentru a controla și dirija funcționarea întregului modul. Datele de localizare sunt colectate folosind un modul GPS-NEO-6, iar transferul datelor către aplicația Web se realizează prin intermediul unui modul GSM/GPRS SIM800L. Schema electrică a modulului pentru localizare a fost proiectată în mediul de proiectare Autodesk Eagle. Implementarea hardware a localizatorului este realizată utilizând o placă cu cablaj imprimat [2] special proiectată, iar algoritmul de funcționare al localizatorului a fost implementat in limbajul de programare C++.

Aplicația Web implementată permite accesarea și gestionarea datelor telemetrice și de localizare prin intermediul internetului. Aceasta utilizează *framework*-ul *SpringBoot* și este subdivizată în multiple părți conform modelului MVC, facilitând scalarea aplicației. Utilizatorii sistemului au posibilitatea de a crea un cont, adăuga localizatoare și urmări în timp real poziția acestora pe hartă, beneficiind de funcționalități interactive și informativ.

Modulul de localizare

Modulul de localizare reprezintă componenta hardware de bază care are rolul de a colecta datele de localizare prin intermediul unui modul *GNSS*. În modulul implementat în aceasta lucrare, a fost utilizat un *SoC ESP32* care va avea sarcina de a controla și dirija funcționarea întregului modul.

ESP32 oferă posibilitatea comunicării prin *WiFi* sau *Bluetooth* [3], funcționalități care pot fi exploatate ulterior de exemplu prin crearea unei aplicații mobile sau prin conectarea modulului direct la un punct de acces *WiFi*.

Pentru determinarea poziției a fost utilizat un modul *GPS*, *GPS-NEO-6*, acesta are o precizie pe orizontală de aproximativ 2,5 m și poate urmări simultan pana la 22 de sateliți. Datele captate de acest modul reprezintă mesaje *NMEA* [4] care sunt transmise pentru prelucrare care *ESP32* prin intermediul protocolului *UART*.

Pentru transferul datelor către aplicația Web a fost utilizat un modul *GSM/GPRS* realizat de compania *SIMCOM* SIM800L acestea are ca avantaj costul unul destul de scăzut in comparație cu alte module dar există si unele dezavantaje legate de acest modul cum ar fi consum ridicat de energie, suport doar pentru protocolul *GPRS* [5] care este destul de învechit, nu dispune de mecanisme care permit transmiterea datelor într-un mod securizat.

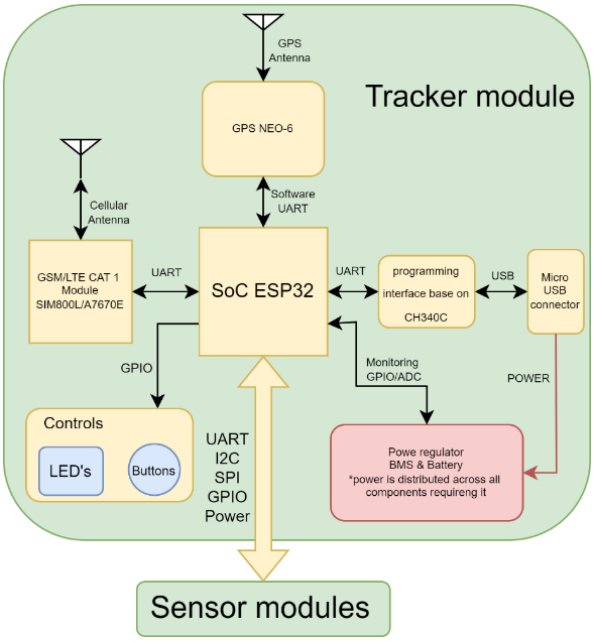


Figura 1. Structura modulului pentru localizare

Implementarea hardware a localizatorului.

Localizatorul a fost implementat, utilizând o placă cu cablaj imprimat special proiectată pentru acesta. Componente sunt sudate pe placa pentru a spori rigiditatea și pentru a realiza niște conexiuni electrice mai durabile. Pentru o implementare mai simplă majoritatea componentelor sunt în formă de modul iar unele sunt montate pe socluri pentru a permite schimbarea acestora în caz de defecțiune.

În Fig. 2 este reprezentat *PCB*-ul realizat și componentele de bază sunt evidențiate prin intermediul săgeților. Placa a fost proiectată prin intermediul instrumentului Autodesk Eagle și ulterior fabricată în China de către compania PCBWay. Aceasta are o grosime de 1.6mm si este realizată din materialul FR4 [7] în două straturi.

Pentru a permite funcționarea în autonomie pe placă est montat un acumulator de tip Li-ion care permite dispozitivului să funcționeze în autonomie pentru perioade îndelungate de timp. La fel pe placă este incorporat un modul *LORA* rfm95w [6], care ulterior poate fi utilizat pentru transmiterea datelor în condiții specifice. În cazul în care localizatorul se va afla într-un spațiu predefinit datele despre poziția exactă a acestuia pot fi transmise către un gateway *LORA* astfel nu este necesară utilizarea unui modul pentru transmiterea datelor prin intermediul rețelelor celulare. Acesta poate aduce diverse beneficii economice de infrastructură și un consum electric mai scăzut datorită eficienței modulelor LORA.

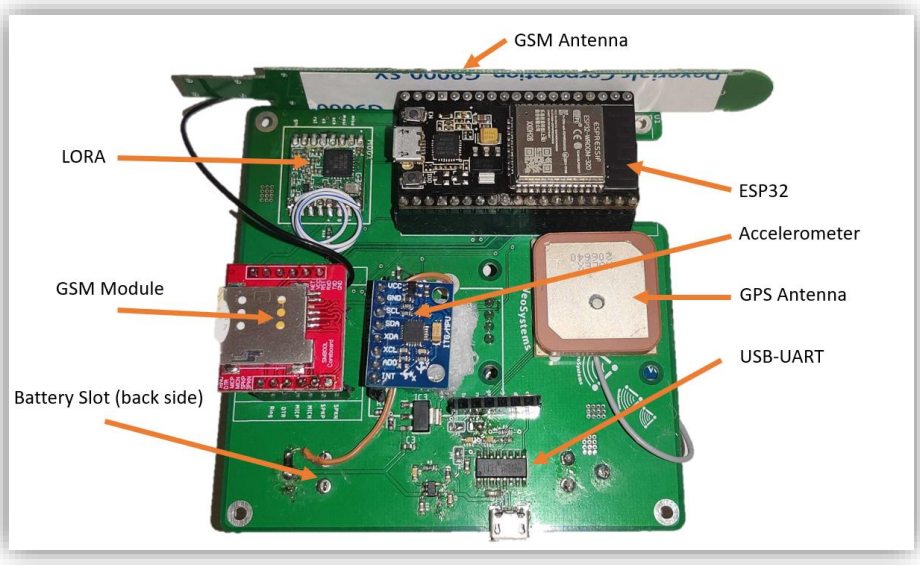


Figura 2. Implementarea localizatorului GPS

Algoritmul de funcționare al localizatorului

Fimware-ul localizatorului *GPS* a fost implementat utilizând Arduino IDE. Arduino implementează diverse librării care permit o dezvoltare destul de simplificată a programelor care rulează pe microcontrolerele suportate de Arduino. Codul sursă este scris in limbajul C++ care ulterior este compilat pentru fiecare platformă în parte.

Algoritmul de funcționare al localizatorului începe cu inițierea componentelor hardware cum ar fi modulul *GPS*, modulul pentru transmiterea datelor, comunicarea seriala etc. ulterior sistemul va verifica daca dispozitivul este in mișcare prin intermediul unui accelerometru care determină dacă există vibrații cauzate de un vehicul în timpul deplasării sau dacă au apărut careva condiții specifice exemplu vibrații cauzate de un accident sau condiții meteo. După ce localizatorul detectează că obiectul este in mișcare acesta va prelua datele de localizare și datele de la senzori care vor fi incorporate într-un *request* HTTTP care este transmis prin intermediul modulului de date către aplicația web.

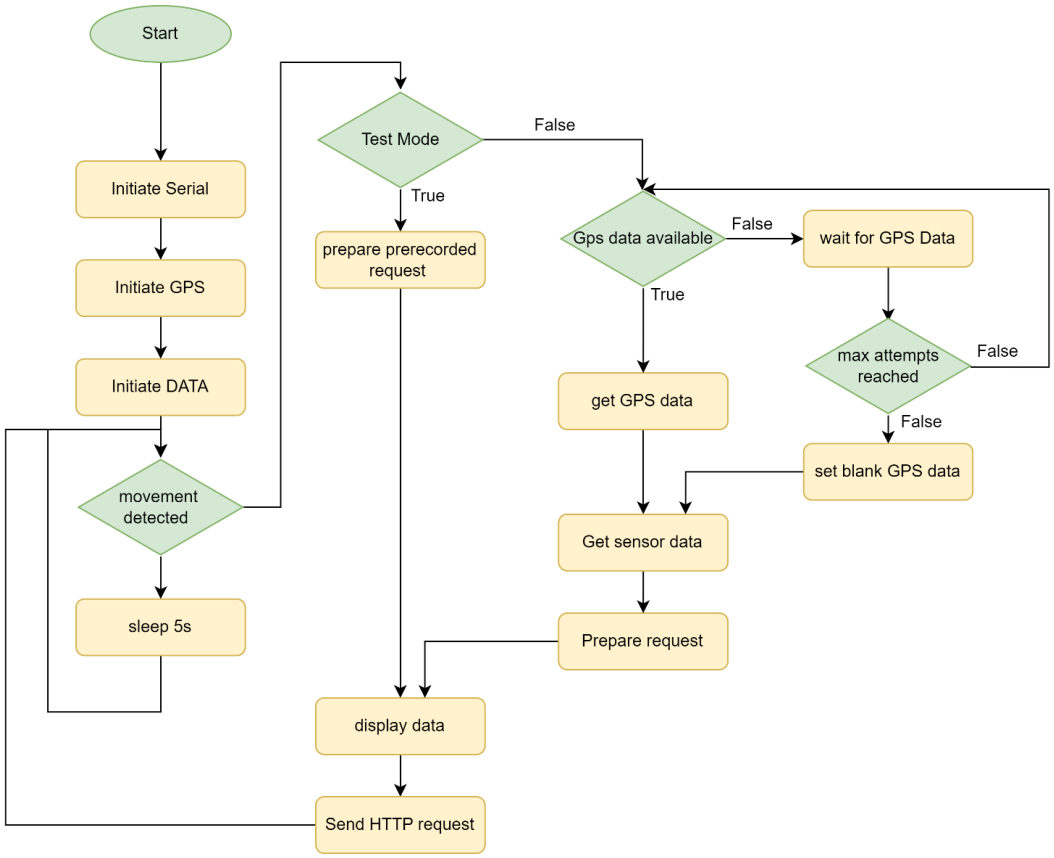


Figura 3. Algoritmul de funcționare al localizatorului GPS

Implementarea aplicației web

Pentru a putea accesa datele telemetrice și de localizare prin internet a fost implementată o aplicație web care are rolul de a recepționa prelucra și stoca datele primite de la localizatoarele GPS. Aplicația Web a fost implementată utilizând *framework*-ul SpringBoot acesta permite implementarea rapidă a unei aplicații cu posibilitatea de a utiliza diverse baze de date sau *plugin*-uri [8]. Datele recepționate în perioada de dezvoltare/testare a sistemului au fost stocate în baza de date H2, aceasta permite stocarea datelor în memorie funcționalitate utilă în momentul implementării, atunci când un număr mare de teste este rulat.

Pentru a accesa cu ușurință datele a fost realizată o pagina web interactiva. Aceasta a fost implementă utilizând tehnologii ca HTML, CSS, Java Script la fel deoarece acesta aplicație necesită o hartă pentru a afișa poziția unui localizator a fost utilizată librăria *LeafLeet* care posedă funcționalități precum adăugarea de markere, actualizarea poziției acestora în timp real, etc.

Utilizatorii sistemului au posibilitatea de a crea un cont, adaugă localizatoare și urmări în timp real poziția acestora pe hartă. Aplicația oferă posibilitatea de a găsi poziția unui localizator prin butonul *"find"*, urmări unde acesta se deplasează prin butonul *„follow"* și posibilitatea de adaugă localizatoare noi sau de a șterge localizatoarele existente.

În dependență de tipul localizatorului, utilizatorul poate vedea în timp real datele transmise de către acesta în cazul localizatoarelor auto există posibilitatea de a vizualiza datele despre viteză, direcția de deplasare, nivelul combustibilului în rezervor, temperatura motorului, dacă au fost detectate erori la bord, tensiunea bateriei, viteza măsurată prin intermediul GPS, și nivelul de încărcare a acumulatorului instalat în localizator.

În cazul în care utilizatorul deține mai multe localizatoare acesta are posibilitatea de a vedea datele fiecărui localizator prin selectarea acestuia din meniul din partea de sus.

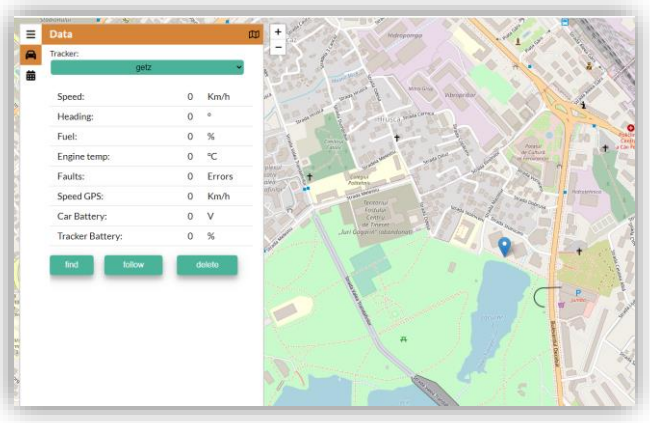


Figura 4. Aplicația web implementată

Concluzii:

Monitorizarea obiectelor mobile este esențială în gestionarea eficientă a resurselor și în asigurarea securității într-o varietate de domenii, inclusiv în *automotive* și în sistemul de sănătate. Sistemele moderne de monitorizare, bazate pe tehnologii precum GPS și microcontrolere, facilitează colectarea și procesarea datelor telemetrice și de localizare. Extinderea funcționalității acestor sisteme poate aduce beneficii semnificative, cum ar fi reducerea costurilor operaționale și îmbunătățirea calității serviciilor. În concluzie, monitorizarea obiectelor mobile are un impact pozitiv în optimizarea proceselor și în creșterea eficienței în diverse domenii, contribuind la crearea unui mediu mai sigur și mai conectat.

Surse bibliografice:

[1] MUNTEANU, S.; SUDACEVSCHI, V.; ABABII, V. Computer Systems Synthesis Inspired from Biologic Cells Structures. Journal of Engineering Science, June, 2022, Vol. XXIX (2), pp.91-107, ISSN: 2587-3474 / E-ISSN: 2587-3482, DOI: 10.52326/jes.utm.2022.29(2).09.

[2] SUDACEVSCHI, Viorica; ABABII, Victor; CALUGARI, Dmitri; BORDIAN, Dimitrie. Modelling and Synthesis of Printed Circuit Boards Testing Systems based on Timed Hard Petri Nets. *Annals of the University of Craiova, Electrical Engineering series, No. 41, Vol. 41, Issue 1*, 2017. pp. 87-92, ISSN 1842-4805.

[3] M. Babiuch, P. Foltynek, P. Smutny, *Using the ESP32 Microcontroller for Data Processing* 20th International Carpathian Control Conference (ICCC), Mai 2019, DOI:10.1109/ CarpathianCC.2019.8765944

[4] A, Ardalan, J. Awange, *Compatibility of NMEA GGA with GPS Receivers Implementation*, GPS Solutions ianuarie 2000, DOI:10.1007/PL00012797

[5] C. Bettstetter, H. Vogel, J. Eberspacher, *GSM Phase 2+ General Packet Radio Service GPRS: Architecture, Protocols, and Air Interface, IEEE Communications Surveys & Tutorials*, noiembrie 1999, DOI:10.1109/COMST.1999.5340709

[6] I. Francis, S.M. Shah, *Cost-Effective Arduino-Based RFID Automated Cage Door and Pet Tagging with GPS Tracker using Peer-to-Peer LoRa WAN*, JOURNAL OF ELECTRONIC VOLTAGE AND APPLICATIONVOL.3NO.2(2022)47-58, decembrie 2022, DOI:10.30880/ jeva.2022.03.02.005

[7] L. Manning, O. Sibonjic, M. Salter, M. Wickham, *Design and Testing of a Reference PCB for Environmental Conditioning*, ARMMS Conference April 2023 Oxford.

[8] J. B. Ottinger, A. Lombardi, *Beginning Spring 6 (pp.181-218)*, martie 2024, DOI:10.1007/978-1-4842-9833-6_7

ПРАКТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МОНИТОРИНГА, УКРЕПЛЕНИЯ И ТЕСТИРОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ GNU LINUX

Антон СЕНЮШИН

Департамент компьютерных наук и системной инженерии, CRI-231M, факультет вычислительной техники, информатики и микроэлектроники, Технический университет Молдовы, Кишинев, Республика Молдова

Автор кореспондент: Антон СЕНЮШИН, e-mail: seniusin.anton@iis.utm.md

Научный руководитель/координатор **MORARU Victor**, conf. univ

Резюме. *Данная научная статья посвящена практическому исследованию мониторинга, укрепления и тестирования защиты системы Linux, которая содержит в себе теоретическое и практическое объяснение структуры системы. В свою очередь структура описывает создание программного обеспечения рассчитанного на мониторинг файловой системы и мониторинг параметров сервера для помощи неопытным администраторам и пользователем на начальном пути администрирования серверов. Так вся система связанна с Linux, то все необходимые зависимости устанавливаются на, по мере прохождения проекта, дистрибутив Debian. Первая часть проекта реализована в виде frontend, которая отвечает за связь и активацию между компонентами всего проекта, реализованная на web framework Flask. Вторая часть проекта заключается в действиях происходящих на backend, которая в свою очередь отвечает за два массивных модуля: мониторинг файловой системы и мониторинг параметров сервера в режиме реального времени. Теоретическая часть отвечает за объяснение важности понимания кибербезопасности и необходимых тактик защиты, подкреплённых практическими навыками. Весть проект создан по принципам современной защиты серверов, а также укрепления защиты при помощи программного обеспечения с открытым кодом.*

Ключевые слова: *linux, cybersecurity, python, docker, flask, virtualization*

Введение

Один из основных концептов, который приобрёл особую популярность в последние годы заключается во внедрении безопасности, а именно укрепление и последующий мониторинг производимых проектов. С резким ростом использования технологий, также увеличилось количество атак проводимых на запущенных в производство проектах. Следовательно необходимость в профессионалах кибер безопасности как никогда требуется на рынке труда, что следственно ведёт к более ужесточённым условиям по вхождению в данную область. Для решения данной проблемы существует множество систем и технологий, которые позволяют упростить укрепление и мониторинг системы даже не имея при этом богатого опыта работы с системами Linux и Windows [1].

Система предлагаемая в данной статье разработана при помощи математической модели и реализована на базе операционной системы Linux (имитируя серверную среду) используя технологию виртуализации docker, с графическим интерфейсом для упрощения укрепления и мониторинга системы начинающим пользователем или/и администраторам. Так как одной из больших проблем с которой сталкиваются начинающие администраторы это опознание стороны, с которой произойдёт атака, следовательно фактор виртуализации помогает правильно понять текущую проблему и вернуть состояние системы до изначального положения.

Так безопасность системы довольно тяжело описать, по причине существования множества факторов, которые влияют на производительность, способность выдержать

высокую нагрузку, распределение привилегий и остальные внешние и внутренние переменные. Следовательно разработанная теоретическая и практическая модель приблизительно включает в себя множество основополагающих факторов безопасности системы. Как ранее упоминалось, кроме фактора виртуализации в данную систему входит изобилие вероятностей и коэффициентов, которые определяют общий коэффициент безопасности системы и затем используется в расчёте увеличенного значения общей сохранности архитектуры от возможной проводимой атаки. Следственно укрепление и мониторинг безопасности GNU Linux, используя графический интерфейс, упрощаются, а также в случае атаки будет сохранено текущее состояние контейнеров для дальнейшего анализа.

Включая множество факторов безопасности и удобный для работы интерфейс, разработанная система позволит легче начать понимать такой глобальный вопрос как кибербезопасность и укрепление совместно с мониторингом системы GNU Linux.

Этапы исследования или как правильно понять кибербезопасность

Для проведения практического исследования мониторинга, тестирования, а также укрепления системы GNU Linux необходимо для начала произвести анализ существующих технологий, которые также или частично относятся к базовым понятиям самой системы Linux, так и произведения базовых операций по улучшения базовой защиты и мониторинга, что в свою очередь ссылает на исследование концепта безопасности в сфере операционных система на базе распределения прав доступа, проверка пакет проходящих через сеть, проверка аунтефицированных пользователей и изобилие сторонних и внутренних факторов. Следовательно в конечном итоге, после получения сведений о существующих продуктах, а также концептах безопасности, возможно использовать разработанное ПО (программное обеспечение) в целях безопасного тестирования с последующим восстановлением данных или защиты системы от наружнего вредоносного вмешательства. Также важно использовать именно системы с открытым кодом, что позволит лучше понять и начать адаптироваться под текущую среду GNU Linux.

При проведении анализа актуальности данной темы, можно получить высокие показатели числа кибератак проведённых по предыдущим годам, а также дальнейший прогноз увеличения различных типов атак по экспоненциально-линейной функции Рис 1., что соответственно доказывает большую роль укрепления и мониторинга установленной системы [2].

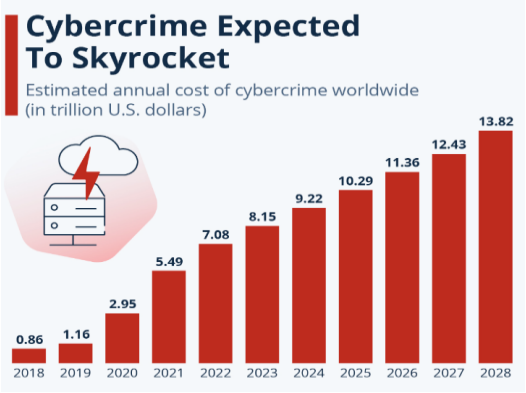


Рисунок 1. Статистика кибератак по всему миру с дальнейшей прогрессией

Такое растущее число кибератак связано с развитием облачных технологий и IOT, а также широкое распространения в инфраструктуре. Следовательно такие вид как DDOS,

MITM и Phishing встречаются всё больше и больше, в конечном итоге причиняя колоссальный вред, как в потере репутации, так и денежном аналоге.

Последовательным решением будет внедрение таких систем как Packet Sniffing Tool, хорошим вариантом в данном случае будет SolarWinds [3], а также Wireshark [4] как бесплатный аналог, далее систему предотвращения и обнаружения вторжений с открытым исходным кодом для анализа трафика в реальном времени и регистрацию файлов Snort, и более простым аналогом Fail2Ban [5]. Но большим минусом данных технологий является отдельная настройка и ограниченное использование в определённом функционале, что может вызвать сложность использования у новичков и начинающих администраторов. Большое преимущество архитектуры предлагаемой в данной статье это большой спектр функционала и простое управление при помощи графического интерфейса, с дополнительным технологиями для укрепления системы при помощи SELinux [6], а также мониторинга системой Prometheus [7] с графическим отображением при помощи Grafana [8]. Также большим преимуществом является изоляция от основной системы при помощи контейнеризации Docker, что добавляет дополнительный слой защиты поверх основной системы.

Использование инструментов и систем является главным шагом к пониманию безопасности системы GNU Linux, но также важно понимать, что существуют основные концепты укрепления системы безопасности, которые включают в себя 3 основных пункта. Первый принцип «Наименьших привилегий» указывает на правильное разделение системы на пользователей, а именно под определённый процесс изменяется право чтения, записи или исполнения, так как каждый процесс, системная запись или учётная запись получают доступ только к той части, в которой необходимо проводить дальнейшие действия. Второй принцип «Сегментация» используется при правильном распределении и применении памяти, а именно каждому процессу выделяется столько памяти сколько необходимо для реализации функционала, так как во время выполнения операций может произойти переполнение памяти или Buffer Overflow, что приведёт к неправильной адресации с последующим получением доступа к информации не предназначенной для данного процесса. Третий принцип «Сокращение» подразумевает удаление всех не использующихся или устарелых библиотек, программ и утилит, что помогает уменьшить вероятность появления уязвимости системы или проникновения с обходом систем безопасности. Применяя все три концепта на практике, возможно с большой вероятностью избежать дальнейших проблем связанных с уязвимостями и неправильным распределением памяти или системных записей [9]. Также в один из основных концептов также может входить «Постоянное обновление», что подразумевает обновление используемых программ или библиотек на новые версии/патчи, так как в более старых версиях могли обнаружиться уязвимости или эксплойты, которые в конечном итоге могут быть использованы для вымогательства денежных средств (Ransomware) или полного удаления данных.

Как начинающий исследователь кибербезопасности обязательно понимать, что данные концепты не просто как рекомендации, а необходимость для внедрения в систему. И после проведения исследования по укреплению, мониторингу и тестированию системы Linux, можно разработать собственную архитектуру на базы проектов с открытым исходным кодом, которая будет включать в себя вышеперечисленные концепты. Система которая описывается в данной статье имеет теоретическое закрепление, так и реализован концепт на практике, который показывает функциональное исполнение и применение виртуализации при помощи контейнеров и методов защиты от наружных и внутренних факторов во время тестирования.

Математическая модель архитектуры как способ доказательства существования

Применяя ранее используемые концепты и общее описание системы укрепления, мониторинга и тестирования возможно получить архитектуру механизма усиления безопасности. Данная архитектура содержит в себе многие возможные вероятности, как отрицательного, так и положительного характера. Каждая вероятность исходит от общих технологий и концептов, которые могут применяться в каждой структуре кибербезопасности. Также важным элементом является коэффициент, отвечающий важности вероятности в системе, так как конечные цели могут отличатся от системы к системе, следовательно, возможно применить базовые понятия логики Fuzzy, чтобы определить важность той или иной вероятности для каждого конкретного случая. Что в следствие может помочь в разработке и использовании нейронной сети совместно с антивирусной утилитой для получения общего балла состояния защиты текущей системы.

Как доказательство эффективности данной системы возможно вывести математическую модель, которая включает в себя большинство вероятностей происхождения тех или иных происшествий и действий. Коэффициент определения безопасности S, будет выглядеть следующим образом Рис. 2.:

S = K1 * P auth - K2 * P access + K3 * P detect + K4 * P firewall - K5 * P vulnerabilities + K6 * P incident_response + K7 * P account_management + K8 * P compliance

Рисунок 2. Коэффициент определения безопасности

Для получения коэффициента определения безопасности были включены многие вероятности происхождения тех или иных действий связанных с системой. Каждый коэффициент Kn получается при помощи логики Fuzzy [10], определяя важность каждой вероятности для конкретной системы, при этом значение коэффициента может варьироваться от 0.1 до 0.95 определяя приблизительное определения данного параметра в используемой системе. При этом данные обозначения расшифровываются следующим образом:

- P auth - вероятностью успешной аутентификации пользователя при попытке доступа к системе, следовательно Ec. (1):

$$P_{auth} = \frac{N_{auth}}{N_{total}} \quad (1)$$

где N auth - количество успешных попыток аутентификации, а N total - общее количество попыток аутентификации.

- P access - вероятность успешного доступа к ресурсу.
- P detect - вероятностью обнаружения атаки
- P firewall - вероятность успешной блокировки сетевых атак
- P vulnerabilities - вероятность успешной эксплуатации уязвимостей.
- P incident_response - эффективность реакции на безопасностные инциденты.
- P account_management - эффективность управления учетными данными.
- P compliance - степень соответствия стандартам безопасности.

Следовательно в конечном итоге получаем коэффициент содержащий сумму параметров относительно всех сторон безопасности, которые могут быть инициированы в каждой системе. Полученный коэффициент определяет безопасность системы GNU Linux, но чтобы добиться максимального значения необходим опыт работы и более глубокие познания самой операционный системы. Решением данной проблемы является использование математической модели проектируемой системы укрепления, мониторинга и тестирования. Так все вероятности входят в множество коэффициента S, то следственно разработанная система автоматизирует данные процессы и добавляет фактор виртуализации с встроенными политиками безопасности Ec (2).

$$C = S + K * SL + V_{container}(W + DB) + V_{container}(M) \quad (2)$$

В конечном итоге практически реализованный концепт C, является суммой ранее представленных вероятностей с коэффициентами важности в связи с вероятностью срабатывания политики безопасности SL и коэффициентов срабатывания K (равный примерно 0.90), также добавление суммы вероятности уязвимости используемой технологии W (пример Apache [11]) и вероятности уязвимости технологии базы данных DB (пример MySQL[12]) под фактором виртуализации с помощью технологии контейнеров Vcontainer, с добавлением вероятности обнаружении пользователем аномалии M, также в виртуализованном пространсте.

Proof of Concept и «с чем его едят»

Кроме внедрения теоретической части, самым лучшим доказательством представляет себя практическая часть. Практическая часть включает в себя создание системы мониторинга для операционной системы, последующее внедрение модуля изменения политик функционирования с организацией архитектуры взаимодействия системы и как последний шаг тестирование. Весь концепт реализован на основе дистрибутива Debian с ядром Linux, используя технологию реверсивного прокси NGINX, систему виртуализации Docker [13], изменение политики безопасности Selinux, и язык программирования Python с библиотеками gunicorn и Flask. Последующее тестирование проведено в ином дистрибутиве в той же подсети KaliLinux [14] Рис. 3.

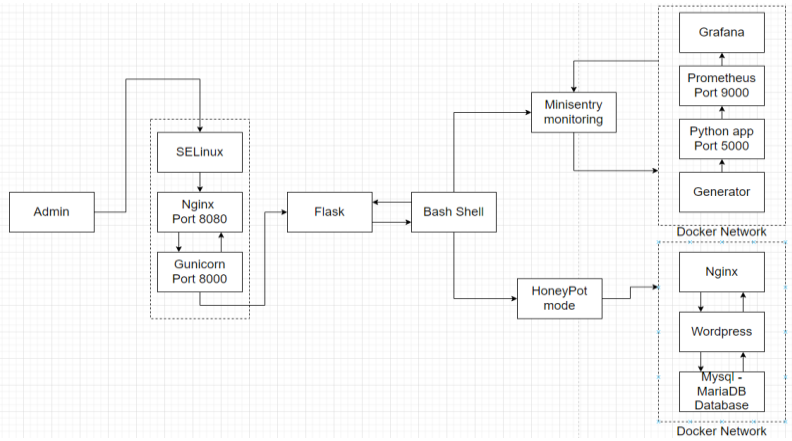


Рисунок 3. Архитектура системы MiniSentry

Работа концепта заключается виртуализации пространства работы технологий установленных на сервер. Тестирование проходило на технологии WordPress с базой данных MySQL, так как без должностной настройки данные технологии уязвимы для внешних атак. Следственно на первых рядах настроена система политик безопасности, что уже ограничивает доступ к системе не авторизованного пользователя. Далее в случае обхода firewall и политик безопасности атакующий попадает в изолированное пространство и начинает изменение встроенных технологий. Тем временем активированная система мониторинга и режима «HoneyPot» фиксирует изменения в системе ранее не зарегистрированные, что в свою очередь подаёт сигнал на активацию защитного протокола. Происходит сохранение текущего состояния и затем блокируется IP адрес с которого была произведена атака. После система восстанавливает данные на основе заранее созданного backup, что приводит в действие механизм сохранение, выключение и повторного включения контейнеров. Заражённый или изменённый контейнер сохраняется для дальнейшего расследования.

Выводы

Представляя данную модель для практического использования новичкам в кибербезопасности и начинающим администраторам, позволяет создать псевдо-лабораторию для экспериментов и автоматической защиты данных уязвимых технологий. Упрощая дальнейшее получения опыта в данной области с последующим поиском дополнительной информации. Включая множество аспектов укрепления, мониторинга и тестирования в одну структуру.

Благодарность.

При компановке данной статьи было потрачено довольно много времени на создание теоретического концепта, поэтому выражаю свою благодарность Морару Виктору, Карбуне Виорелу и Ротару Лилии за мотивацию и поддержку в написании данного материала.

Библиография.

[1] V. Moraru, S, Moraru “Securitatea informaţională ca o condiţie a libertăţii” Revista de Filosofie, Sociologie şi Ştiinţe Politice Numărul 1(164) / 2014 / ISSN 1957-2294

[2] Infographic: Cybercrime Expected To Skyrocket in Coming Years». *Statista Daily Data* [Online]. Available: https://www.statista.com/chart/28878/expected-cost-of-cybercrime-until-2027.

[3] *Observability and IT Management Platform | SolarWinds*. [Online]. Available: https://www.solarwinds.com/.

[4] «Wireshark Go Deep». *Wireshark* [Online]. Available: http://localhost:3000/.

[5] *Fail2ban | Русскоязычная документация по Ubuntu*. [Online]. Available: https://help.ubuntu.ru/wiki/fail2ban.

[6] «SELinux – описание и особенности работы с системой. Часть 1». *Хабр* [Online]. Available: https://habr.com/ru/companies/kingservers/articles/209644/.

[7] Prometheus. *Overview | Prometheus* [Online]. Available: https://prometheus.io/docs/introduction/overview/.

[8] «Grafana | Query, Visualize, Alerting Observability Platform». *Grafana Labs*, [Online]. Available: https://grafana.com/grafana/.

[9] *CentOS 5 Administration – 43.2. Introduction to SELinux*. [Online]. Available: https://www.linuxtopia.org/online_books/centos5/centos5_administration_guide/centos5_ch-selinux.html.

[10] «Нечеткая логика — математические основы». *Loginom.ru* [Online]. Available: https://loginom.ru/blog/fuzzy-logic.

[11] *Documentation Project - The Apache HTTP Server Project*. [Online]. Available: https://httpd.apache.org/docs-project/.

[12] Getting Started». *Oracle Help Center* [Online]. Available: https://docs.oracle.com/en-us/iaas/mysql-database/doc/getting-started.html.

[13] «Home». *Docker Documentation* [Online]. Available: https://docs.docker.com/.

[14] «Kali Docs | Kali Linux Documentation». *Kali Linux* [Online]. Available: https://www.kali.org/docs/.

ROBOT OPERATING SYSTEM

Alexei CAZIUC

Департамент компьютерных наук и системной инженерии, CRI-231M, факультет вычислительной техники, информатики и микроэлектроники, Технический университет Молдовы, Кишинев, Республика Молдова

Автор кореспондент: Alexei CAZIUC, e-mail: caziuc.alexei@iis.utm.md

Îndrumătorul/coordonatorul științific **BRAGARENCO Andrei**,

Резюме. *Robot Operating System (ROS) это платформа с множеством возможностей, связанных как программной так и физически. В ROS находится компоненты для разработки 3D модель, движок для разработки физики модели, сервер-клиент для взаимосвязи программной и физически для взаимодействия и анализа данных удалённо способ реализации и взаимодействия неограничен. Способы добавить как ИИ и другие дополнительный софт Работа с такими языками программирования как C++ и Python. Анализ 3D модель происходит от STL файлов и созданного пространства и передачи данных от датчиков есть возможность реализовать без подключения STL файлов. Данные получаемые операционной системой образуются в NODE, TOPIC, SERVIC,PARAMETERS и ACTION-это основная часть инструментов связи Подписчика и Редактора. В реализации проекта есть и механические части где можно написать собственную библиотеку и собственный драйвер для отдельных электронных компонентов. Условное выполнение пространства использует данные из датчиков и переводит в модель на карте представленного пространства и общий анализ окружения как и представление его на карте пространства для взаимодействия которого и был представлен ROS.*

Ключевые слова: *Robot Operating System, Драйвер, 3D модель, Сервер-Клиент(подписчик-редактор)*

Введение

Robot Operating System (ROS) - это, по сути, промежуточное программное обеспечение, которое обеспечивает эффективную связь между аппаратным и программным обеспечением. Оно позволяет повторно использовать код для робототехники. На самом деле ROS не является операционной системой. ROS 1 работает на Linux (debian или ubuntu), а в ROS 2 добавлена поддержка различных других операционных систем (macOS, Windows, RTOS и т.д.). ROS состоит из 4 частей:

- Основные функции: управление процессами, межпроцессная связь, драйверы устройств (в основном, на уровне сборки)
- Инструменты: для моделирования, визуализации, графического интерфейса пользователя, регистрации данных
- Возможности: управление, восприятие, планирование, отображение и манипулирование
- Экосистема: относится к управлению пакетами, распространению программного обеспечения, документации, учебным пособиям и, в целом, к сообществу ROS

ROS - это распределенный P2P-фреймворк, в котором есть библиотеки для множества различных языков (например, Python, C++, Matlab, Java и т.д.). ROS имеет открытый исходный код и бесплатен для использования.

Для чего используется ROS?

- Используется многими университетами и компаниями в области робототехники для исследований и создания прототипов
- Программное обеспечение для промышленных роботов
- НАСА использует ROS в некоторых космических роботах (например, Astrobee)
- BMW использует ROS для автоматизированного вождения

Узел ROS - это универсальная исполняемая программа, которая индивидуально компилируется, выполняется и управляется. Узлы организованы в пакеты. В ROS 1 главный узел ROS управляет связью между узлами. Он регистрирует каждый узел при запуске. Узлы организованы в виде древовидной структуры.

Примечание: Узлы не могут иметь одинаковые имена. Чтобы запустить несколько экземпляров одного и того же узла, добавьте префикс/суффикс или объявите его анонимным.

ROS использует следующие инструменты для облегчения взаимодействия между программами:

- Действия: Позволяет пользователям давать указания, не зависящие от времени, для мониторинга состояния сервера.
- Темы: поток сообщений, передаваемых между узлами. Узлы могут публиковать тему или подписываться на нее. Обычно от одного издателя приходится n подписчиков.
- Сообщение: Структура данных, определяющая тип темы. Определяется в msg-файлах
- Сервисы: создает синхронный канал между узлами, позволяющий пользователям запрашивать определенные действия у роботов и изменять настройки.

1.Узел

Таким образом, узел - это большая платформа, которая может публиковать различные темы, сервисы и действия. Это может быть узел камеры, который публикует изображения и может предоставлять другую информацию в качестве сервиса. Это может быть любой способ, которым, по вашему мнению, вы можете логически организовать свой проект [1].

2.Темы

Темы - это то, что вы о них думаете. Это названия, под которыми передаются сообщения. Сообщения могут быть строкой, например, “Привет, революция роботов!”, значением Int, например, 42, или пользовательским, которое вы придумали в виде изображения. Насколько нам известно, вы можете отправлять данные в любых форматах, таких как массивы с изображениями и строками, облако точек и т.д.

Эти пользовательские сообщения создаются с использованием msg-файлов. В нем вы можете указать структуру вашего сообщения, и после компиляции и небольшого количества кодирования их можно будет использовать [1].

3.Услуги

Сервис - это, в общем, услуга. Один узел может запросить у другого узла что-то сделать на основе данных. Я могу присвоить узлу номера 2 и 3, а узел вернет мне 5. Магия, я знаю! Они работают так же, как и сообщения, по способу их создания. Для их создания можно использовать файл .srv [1].

4.Действия

Вы приказываете роботу двигаться вперед. Но потом забываете! Вы можете запросить у узла действий возврат статуса. Подождите, робот вот-вот упадет со скалы! Вы также можете отменить действие. Это более сложное действие, но это основы.В любом

случае, главный сервер обрабатывает все сообщения, службы и действия. Узел - это сообщество кода, содержащее разделы, службы и действия. Есть 2 вещи, которые могут выполнять узлы [3].

5.ROSCLI

Это также сложная часть ROS. Существует несколько команд, но вот как они работают.

- roscore - для запуска главного сервера.
- ros node - для управления
- узлами ROS, rostopic - для управления темами,
- rosservice - для управления сервисами,
- ros action - для управления действиями,
- rosrun - это команда, которую мы используем чаще всего. Она предназначена для запуска вашего кода после его компиляции.

У вас есть команда для каждого из основных разделов, о которых я говорил выше.

Вы видите, как каждая из команд разбита на более мелкие разделы, основанные на различных аспектах ROS. Обратите внимание, что команд больше, чем показано здесь. У каждой из этих команд есть вложенные команды. Позже я расскажу подробнее о том, что все они делают, а пока знайте, что вы можете читать (воспроизводить) сообщения, запускать службы и действия, измерять частоту и размер тем и многое другое [1].

6.RVIZ

RVIZ - это палочка-выручалочка для нас, простых смертных. Только боги ROS могут обойтись без него. Это инструмент визуализации, с помощью которого можно увидеть любую тему, сообщение или информацию, поступающую или исходящую от пользователя. Облака точек, одометрия, изображения, видео, цифры и многое другое. Его можно запустить, просто набрав “rviz” или “rosrun rviz rviz” [2].

Вывод

В ходе выполнения работы был разработан и реализован комплекс программного обеспечения на основе Robot Operating System (ROS) для управления роботом. Этот комплекс включает в себя модули для навигации, восприятия окружающей среды, планирования движения и взаимодействия с пользователем.

Основные компоненты системы включают в себя:

Навигация: Реализованы алгоритмы SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) для построения карты окружающей среды и определения местоположения робота в реальном времени.

Восприятие: Интегрированы сенсоры, такие как камеры, лидары и датчики расстояния, для сбора данных о окружающей среде.

Планирование движения: Разработаны алгоритмы для планирования оптимального пути и управления движением робота по заданной траектории с учетом препятствий.

Взаимодействие с пользователем: Создан интерфейс для управления роботом с помощью команд пользователя, а также для предоставления обратной связи о состоянии системы.

В ходе тестирования системы было подтверждено ее эффективное функционирование в различных условиях и сценариях использования. Робот успешно справляется с навигацией в неизвестной среде, обнаружением препятствий и выполнением заданных команд.

В целом, разработанный комплекс программного обеспечения на основе ROS представляет собой надежное и гибкое решение для управления роботом, обеспечивая высокий уровень автономности и возможность дальнейшего расширения функциональности.

Библиография:

[1] „ROS-tutorial”, [Online]. Available: https://docs.ros.org/en/iron/Tutorials.html#
[2] Course "Introduction to Mobile Robotics and Robot Operating System (ROS)", [Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=ve3cwG8UHjQ&list=PL2PmRem6srUn6jc7Q6ahjL8x2qJg150mZ&index=2
[3] „Проект ROBOT Anno (ROS)”, [Online]. Available: https://robotanno.com/en/ros-system-controller/

EVOLUȚIA ȘI PERSPECTIVA GENERATOARELOR DE NUMERE PSEUDOALEATORII: DE LA ORIGINI LA CUANTUM

Gabriela CEBOTAR

Departamentul Ingineria Software și Automatică, TI-231M, Facultatea de Calculatoare, Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

Autorul corespondent: Cebotar Gabriela, cebotar.gabriela@isa.utm.md

Coordonatorul științific **Alexei LEAHU**, doctor, profesor universitar, Universitatea Tehnică a Moldovei

Rezumat. *Această lucrare efectuează o explorare a traiectoriei evolutive a generatoarelor de numere pseudo-aleatorii, evidențiind transformările tehnologice și metodologice de-a lungul timpului, stadiul actual al tehnologiei și predicții pentru viitor. Prin implementarea unei analize comparative a algoritmilor, de la cei istorici la cei moderni, studiul subliniază progresele în securitatea și eficiența acestor sisteme. De asemenea, studiul efectuează o analiză asupra creșterii varietății domeniilor de aplicare de-a lungul timpului, de la criptografie la arta generativă. Rezultatele studiului indică o creștere continuă a complexității generatoarelor cercetate, alături de provocările persistente în asigurarea unei generări autentic aleatorii. Analizele sugerează că dezvoltările viitoare vor depinde în mare măsură de inovațiile din domeniul calculatoarelor cuantice. În concluzie, această lucrare stabilește o bază pentru dialoguri ulterioare privind direcțiile de cercetare și implementarea practică a generatoarelor de numere pseudo-aleatorii.*

Cuvinte cheie: *generatoare, pseudoaleatorii, numere aleatorii.*

Introducere

Numerele aleatorii sunt esențiale în simulările statistice, criptografie, modelarea proceselor stocastice și în multe alte domenii. Ele sunt utilizate pentru a reprezenta evenimente aleatorii în modele matematice, pentru a testa ipoteze statistice și pentru a asigura securitatea în comunicațiile criptografice.

Generatoarele de numere aleatorii se împart în generatoare de numere aleatorii veritabile și generatoare de numere pseudo-aleatorii. Astfel, componenta cheie a generatoarele de numere aleatorii veritabile constă în extragerea entropiei din mediul înconjurător, un element ce nu poate fi simulat sau recreat artificial. De exemplu, *Random.org* utilizează entropia colectată din zgomotul atmosferic pentru a produce secvențe aleatorii [1].

Generatoarele de numere pseudo-aleatorii produc secvențe de numere folosind algoritmi matematici. În ciuda naturii lor deterministe, acești algoritmi sunt proiectați să ofere secvențe care par a fi aleatorii. Aspectele principale ale acestui tip de generatoare sunt:

- generarea numerelor cu o distribuție uniformă;
- producerea aceleași secvențe de numere dintr-o sursă inițială, asigurând reproductibilitate și posibilitate de testare;
- imprevizibilitatea, dacă sursa inițială nu este cunoscută, secvența următoare trebuie să fie imprevizibilă, chiar dacă secvențele anterioare sunt cunoscute.

Fiecare categorie are avantajele și limitările sale, iar alegerea între ele depinde de cerințele specifice ale aplicației în cauză. Primul tip de generatoare sunt esențiale în aplicații cu cerințe stricte de securitate datorită imprevizibilității înalte a secvențelor generate. Pe când al doilea tip, este considerat eficient și rapid, fiind preferat pentru volume mari de date sau în scenarii unde reproductibilitatea este utilă. Înțelegerea principiilor și metodologiilor asociate acestui concept este esențială pentru progresul în multe domenii de cercetare și dezvoltare.

Evoluția generatoarelor de numere pseudo-aleatorii

Evoluția generatoarelor de numere pseudo-aleatorii a fost profund influențată de progresul tehnologic și de necesitățile în continuă schimbare ale domeniilor lor de aplicare. Inițial, în a doua jumătate a secolului al XX-lea, clasa standard de algoritmi folosiți pentru generatoare era compusă din generatoare liniare congruente. Calitatea acestora era considerată inadecvată din cauza limitărilor în termeni de perioadă și distribuției secvențelor generate, dar metode mai bune nu erau disponibile.

O inovație semnificativă în dezvoltarea generatoarelor pseudo-aleatorii a fost adoptarea tehnicilor care utilizează recurențe liniare în cadrul unui câmp format din două elemente. Un punct de cotitură a fost atins în 1997 cu introducerea Mersenne Twister [2], un algoritm care a depășit limitările predecesorilor săi prin excelența sa în testele de aleatorietate și aplicabilitatea în scenarii complexe, precum simulările statistice și generarea lumilor virtuale.

Standardele rigide din criptografiei au fost un factor decisiv în diversificarea și specializarea algoritmilor [3]. Necesitatea unei securități robuste a determinat dezvoltarea generatoarelor precum algoritmul Yarrow și succesorul său, Fortuna [4]. Aceste sisteme utilizează surse de entropie externă pentru a îmbunătăți aleatorietatea și sunt esențiale pentru generarea cheilor criptografice și a altor elemente în securitatea informației.

În domeniul artei generative, spre deosebire de criptografie, se preferă utilizarea unor algoritmi precum Perlin Noise și Simplex Noise, care permit un control fin asupra secvențelor generate. Aceste tehnici nu sunt generatoare de numere pseudo-aleatorii în sensul tradițional, ci mai degrabă algoritmi de generare a zgomotului care produc modele vizuale complexe.

Astfel, evoluția generatoarelor de numere pseudo-aleatorii nu reprezintă doar un traseu al avansului tehnologic, ci reflectă și modul în care cerințele specifice ale diverselor domenii de aplicare formează noi direcții ale dezvoltării tehnologice. Selectarea unui generator de numere pseudo-aleatorii este importantă și trebuie să corespundă necesităților și obiectivelor specifice ale fiecărui proiect.

Testarea generatoarelor de numere pseudo-aleatorii

Testarea generatoarelor de numere pseudo-aleatorii ocupă un rol crucial în asigurarea calității și fiabilității acestor sisteme, având un impact direct asupra domeniilor lor aplicative. Pe măsură ce tehnologiile au avansat, și metodele de testare au evoluat, devenind tot mai sofisticate pentru a detecta slăbiciunile potențiale ale algoritmilor. Inițial, testele se concentrau pe evaluarea uniformității distribuției și a independenței statistice, însă cu trecerea timpului, au fost dezvoltate suite de teste complexe, precum cele propuse de Diehard și NIST care evaluează o gamă largă de proprietăți statistice ale secvențelor generate [5,6].

Este importantă testarea generatoarelor utilizate în cercetările proprii, având în vedere varietatea resurselor oferite de limbaje de programare precum Python, R, C++ și Java. Aceste limbaje includ biblioteci standard cu generatoare integrate și framework-uri pentru testarea proprietăților statistice a secvențelor generate. O evaluare meticuloasă a generatoarelor asigură integritatea științifică și sporește încrederea în aplicabilitatea și reproductibilitatea studiilor.

Posibilități în limbajul R

Investigația realizată în limbajul R a avut ca obiectiv evaluarea și testarea unui set de algoritmi generatori de numere pseudo-aleatorii, selectați pentru diversitatea lor și relevanța în practică. Algoritmii analizați includ Wichmann-Hill, Super-Duper, Marsaglia-Multicarry, Mersenne-Twister și o versiune simplificată a generatorului liniar congruențial (LGC).

Pentru a evalua performanța acestor algoritmi, s-au aplicat mai multe metode de testare, prezentate în Tabelul 1. Unul dintre teste este testul Kolmogorov-Smirnov, care măsoară gradul de conformitate al distribuției numerelor generate cu o distribuție uniformă teoretică, fiind esențial pentru a asigura echidistribuția numerelor generate. Testul Bartels verifică aleatorietatea secvențelor de numere, evaluând absența unor modele sau tendințe predefinite. Testul de

corelație este utilizat pentru a examina independența statistică între numerele consecutive. În cele din urmă, testul de secvențe (Runs) este folosit pentru a detecta non-aleatorietatea, identificând structuri repetitive sau anomalii în secvențele de numere.

Rezultatele testelor statistice au arătat o variație a performanței algoritmilor. De exemplu, algoritmii Super-Duper și Wichmann-Hill au avut rezultate satisfăcătoare în unele teste, dar au prezentat rezultate mixte în altele. Această variație subliniază faptul că un generator de numere pseudo-aleatorii poate satisface criteriile unor teste de aleatorietate, în timp ce eșuează în a îndeplini parametrii altor teste. Acest lucru indică importanța aplicării unui set diversificat de teste pentru a obține o evaluare cuprinzătoare a calității unui generator.

Este important de menționat că niciun test de aleatorietate nu poate furniza o garanție absolută a aleatorietății. În schimb, aceste teste pot indica dacă există suficiente motive pentru a suspecta non-aleatorietatea în secvențele generate de diverși algoritmi. Prin urmare, interpretarea rezultatelor testelor necesită o abordare prudentă și o analiză detaliată a comportamentului generatorilor în diverse contexte de utilizare.

Tabelul 1

Performanța în cadrul testelor statistice

	Testul Kolmogorov-Smirnov	**Testul Bartels**	**Testul Corelației**	**Testul Runs**
LGC	bună	slabă	bună	bună
Super-Duper	Bună	slabă	bună	foarte bună
Marsaglia-Multicarry	bună	bună	bună	slabă
Wichmann-Hill	bună	bună	bună	bună
Mersenne-Twister	foarte bună	bună	bună	bună

Inovații contemporane și perspective viitoare

Inovațiile contemporane în domeniul generării de numere aleatorii sunt profund influențate de progresul tehnologiei cuantice, dând naștere unei noi clase de generatoare cunoscute sub denumirea de generatoare de numere aleatorii cuantice (Quantum Random Number Generators - QRNG). Aceste generatoare exploatează principiile mecanicii cuantice pentru a produce secvențe de numere cu un grad de aleatorietate superior celui obținut prin metodele tradiționale.

QRNG-urile bazate pe fotonica cuantică exploatează proprietățile fundamentale ale mecanicii cuantice, cum ar fi superpoziția și încălcarea inegalităților Bell, pentru a genera numere cu un grad de aleatorietate ce nu poate fi atins prin metode clasice. Pe de altă parte, QRNG-urile care se bazează pe fluctuațiile de vid cuantic se folosesc de variațiile aleatorii ale câmpurilor cuantice la scara microscopică, o resursă omniprezentă și inepuizabilă de aleatorietate. În plus, există QRNG-uri care se fundamentează pe procese nucleare, cum ar fi descompunerea radioactivă, care este un fenomen cuantic intrinsec aleatoriu. Prin măsurarea intervalului de timp dintre două evenimente de descompunere succesive, se poate genera un șir de valori aleatorii.

În ceea ce privește progresul actual în acest domeniu, există deja pe piață diverse exemple de QRNG-uri comerciale, care demonstrează viabilitatea și aplicabilitatea acestor tehnologii. Companiile precum ID Quantique [7] oferă QRNG-uri care utilizează procese optice pentru a produce numere aleatorii, încorporându-le în sisteme de securitate.

Progresul în domeniul generatoarelor de numere aleatorii cuantice deschide noi orizonturi pentru securitatea și fiabilitatea sistemelor criptografice, oferind perspective promițătoare pentru viitorul tehnologiilor bazate pe principiile mecanicii cuantice.

Concluzii

Studiul subliniază importanța evaluării meticuloase a generatoarelor de numere pseudo-aleatorii și alegerea acestora în funcție de necesitățile specifice ale diferitelor aplicații. Analiza algoritmilor din limbajul R a evidențiat rolul crucial al testărilor statistice în asigurarea fiabilității și calității surselor de aleatorietate.

Progresul în domeniul generatoarelor cuantice de numere aleatorii deschide noi perspective pentru dezvoltarea tehnologiilor de generare a numerelor aleatorii. Avansul tehnologic în acest domeniu promite o îmbunătățire semnificativă a calității și siguranței numerelor generate, oferind oportunități pentru aplicații inovatoare în criptografie, simulări statistice și alte domenii critice.

Surse bibliografice:

[1] "What's this fuss about true randomness?" [Online]. Available: https://www.random.org/
[2] M. Makoto, N. Takuji, "Mersenne twister: a 623-dimensionally equi-distributed uniform pseudo-random number generator", *ACM Transactions on Modeling and Computer Simulation*, doi:10.1145/272991.272995.
[3] W. Schindler, "Functionality Classes and Evaluation Methodology for Deterministic Random Number Generators", *Anwendungshinweise und Interpretationen (AIS)*, pp. 5–11, 19 August 2013.
[4] N. Ferguson, B. Schneier, "Chapter 9: Generating Randomness", *Cryptography Engineering: Design Principles and Practical Applications*, Wiley Publishing, 2010.
[5] "The Marsaglia Random Number CDROM including the Diehard Battery of Tests of Randomness", Florida State University, 1995.
[6] *A Statistical Test Suite for Random and Pseudorandom Number Generators for Cryptographic Applications*, National Institute of Standards and Techology, 2010.
[7] "Use Quantum random numbers" [Online]. Available: https://www.idquantique.com/random-number-generation/overview/

UTILIZAREA CALCULULUI BIOLOGIC PENTRU MODELAREA ȘI SINTEZA SISTEMELOR DE LUARE A DECIZIILOR

Silvia MUNTEANU

Departamentul Informatica și Ingineria Sistemelor, Facultatea de Calculatoare, Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

Autorul corespondent: Silvia Munteanu, silvia.munteanu@calc.utm.md

Îndrumătorul/coordonatorul științific: **Viorica SUDACEVSCHI**, conf.univ., dr., UTM

Rezumat. *Calculul biologic, care face parte din calculul inspirat de natură (numit și calcul molecular sau calcul celular), reprezintă un domeniu de cercetare interdisciplinar situat la intersecția domeniilor informaticii, chimiei, biologiei și fizicii şi oferă premise pentru evoluția sistemelor de calcul în viitorul apropiat. Această idee urmărește dezvoltarea de noi sisteme hardware și software care să asigure procesarea datelor la nivel atomar sau molecular în baza principiilor biologice, chimice, electronice, fotonice sau mecanice ale celulelor vii.*
Cercetările efectuate în lucrare sunt orientate spre dezvoltarea unei paradigme pentru modelarea și proiectarea sistemelor de luare a deciziilor bazate pe calculul biologic. Originalitatea cercetării constă în obținerea de noi metode pentru modelarea și sinteza sistemelor decizionale de diversă complexitate bazate pe reguli (de la elemente logice elementare: ȘI, SAU, NU; circuite funcționale: CD, DC, MUX, DMUX, Rg, Ct; până la dispozitive de calcul complexe: CPU, RAM, HDD etc.).

Cuvinte Cheie: *Calcul Biologic, calcul inspirat de natură, calcul celular, sistem decizional.*

Introducere

Calculul biologic [1-4] face parte din calcul inspirat de natură și se referă la utilizarea principiilor și conceptelor din biologie pentru a dezvolta algoritmi și modele pentru procesarea datelor. Aceste modele imită procesele biologice naturale, cum ar fi evoluția, adaptarea și comportamentul colectiv al organismelor vii, pentru a rezolva probleme complexe în domeniul calculului și al inteligenței artificiale [5,6]. Există o serie de paradigme și metode inspirate din biologie, care sunt utilizate în calculul biologic, printre care pot fi menționate: Algoritmii genetici, Rețele neurale artificiale, Algoritmi de colonii de furnici, Algoritmi de roi de albine, Sisteme de particule și altele. Metodele menționate oferă calculului biologic caracteristici specifice modului de comportare a organismelor vii, așa ca:

- Algoritmi de selecție naturală, încrucișare, mutație și evoluție - pentru a căuta soluții optime în rezolvarea problemelor complexe;
- Modele care simulează structura și funcționalitatea sistemului nervos biologic – pentru a modela și simula procesele de învățare și recunoaștere aplicate în creierul uman;
- Algoritmi pentru comportamentul colectiv (colonii de furnici, roi de albine și particule) – pentru a găsi soluții eficiente în problemele de optimizare și căutare.

O altă direcție de cercetare a modelelor de calcul inspirate din natură este calculul membranar (P-Systems) care permite de a structura și ierarhiza procesele și arhitecturile de calcul.

Modelul de calcul membranar este o paradigmă inspirată din biologia celulelor vii, care oferă un potențial semnificativ pentru proiectarea algoritmilor de calcul paralel/concurent. Aceste modele sunt o extensie a calculului DNA care oferă avantaje în modelarea sistemelor discrete,

distribuite, paralele, pipeline, bazate pe seturi multiple și evoluează prin reguli rescrise. Aceste sisteme se bazează pe conceptul de procesare a datelor folosind membrane, similar organismelor biologice care procesează substanțele chimice prin membranele lor celulare [7-11].

Lucrarea de față este dedicată studiului metodelor de calcul inspirate de natură și aplicarea acestora pentru dezvoltarea sistemelor de calcul membranar pentru luarea deciziilor în managementul sistemelor și proceselor complexe.

Soluționarea problemei

Un P-System este un model de abstractizare a proceselor de calcul. Membranele sunt principalele componente din structura unui P-Systems. O membrană de calcul este o unitate logică funcțională autonomă care include un set de obiecte, un set de reguli și/sau un set de alte membrane. Membrana exterioară care interacționează cu mediul de activitate se mai numește și ”membrană container”. O membrană poate să se dizolve, și în acest caz conținutul ei migrează în membrana din care face parte, sau să se divizeze păstrând integral sau parțial proprietățile acesteia [7,12,13].

Logica funcțională a sistemelor de calcul membranar este determinată de setul de reguli. O regulă este validată de o mulțime de obiecte sau condiții de intrare, care fiind aplicate, sunt consumate și produc o mulțime de obiecte sau condiții de ieșire. În scopul excluderii unei concurențe interne o regulă poate avea o prioritate față de alte reguli (reguli dominante), astfel, pot fi elaborate modele de calcul cognitiv cu prioritate în care regulile mai puțin dominante (cu parametri de calitate reduse) vor fi aplicate doar în condiții critice sau excepționale [7].

Complexitatea algoritmică realizată de un sistem de calcul membranar depinde de setul de reguli definite pentru fiecare membrană în parte și de structura topologică a acestora. Obiectivul principal al aplicării modelelor de calcul este distribuirea optimală a sarcinilor de calcul pentru a obține un proces de calcul paralel cu eficiență maximală. Pot fi definite sisteme de calcul membranar atât cu procesare asincronă, cât și cu procesare sincronă.

Modelele de calcul membranar oferă posibilitatea de descriere formală și structurală a sistemelor decizionale de complexitate diversă. De exemplu, modelarea structurilor logie și funcționale: structuri logice și procesoare specializate, sisteme de calcul reconfigurabile, arhitecturi de calcul complexe, arhitecturi de calcul paralel și concurent, topologii de rețea pentru sisteme de calcul distribuit și Cloud.

Celulele de calcul membranar, fiind considerate sisteme cu inteligență artificială, implementează în calitate de reguli pentru procesarea datelor atât modele matematice și logice, cît și modele bazate pe rețele neuronale, calcul evolutiv specifice calculului biologic. Un factor esențial în evoluția sistemelor de calcul membranar îl joacă capacitățile cognitive ale acestora.

Modelul formal al sistemului de calcul membranar pentru luarea deciziilor SD este definit de expresia:

$$SD = \left(V, \mu_1, ..., \mu_m, \omega_1, ..., \omega_m, R_1, ..., R_m, O_j\left(\omega_j\right)\right),$$

unde: V este mulțimea de obiecte (variabile) cu care operează celulele de calcul sau domeniul de definiție al sistemului de calcul membranar;

$\mu_1, ..., \mu_m$ sunt o mulțime de celule de calcul, a căror structură topologică determină complexitatea algoritmică realizată de modelul de calcul membranar;

$\omega_j, \forall j = \overline{1,m}$ este mulțimea de obiecte (variabile) care fac parte din celula de calcul j, unde $\omega_j \subset V$;

$R_j, \forall j = \overline{1,m}$ sunt seturi de reguli de procesare/transformare a obiectelor/datelor asociate celulei de calcul j;

$O_j(\omega_j), \forall j = \overline{1,m}$ sunt mulțimea de celule de calcul care generează rezultate (decizii) intermediare sau finale ω_j ale sistemului de calcul membranar pentru luarea deciziilor SD.

Referințe

[1] B. De Lacy Costello, *An Introduction to Molecular Computing.* Springer, 2015.
[2] C. Adami, *Introduction to Artificial Life*. Springer, 1998.
[3] D. Bray, *Wetware: A Computer in Every Living Cell*. Yale University Press, 2009.
[4] M. Mitchell, *An Introduction to Genetic Algorithms*. MIT Press, 1996.
[5] S. Russell, & P. Norvig, *Artificial Intelligence: A Modern Approach (3rd ed.).* Pearson, 2016.
[6] D. Poole & A. Mackworth, *Artificial Intelligence: Foundations of Computational Agents (2nd ed.).* Cambridge University Press, 2017.
[7] G. Păun, G. Rozenberg, A. Salomaa, *DNA Computing: New Computing Paradigm, Texts in Theoretical Computer Science (An EATCS Series). Springer*, Berlin, Heidelberg. 1998, 409p. ISBN: 978-3-540-64196-4.
[8] S. Pataniak, X.-S. Yang, K. Nakamatsu, *Nature-Inspired Computing and Optimization. Theory and Application, Springer,* 2018, 494p., ISBN: 978-3-319-84522-7, DOI: 10.1007/978-3-319-50920-4.
[9] X.-S. Yang, *Nature-Inspired Computation in Engineering, Springer, 2016,* 276p., ISBN: 978-3-319-30233-1, DOI: 10.1007/978-3-319-30235-5.
[10] X.-S. Yang, *Nature-Inspired Computation and Swarm Intelligence. Algorithms, Theory and Applications, Elsever, 2020,* 417p., ISBN: 978-0-12-819714-1, DOI: 10.1016/C2019-0-00628-0.
[11] J.K. Mandal, S. Mukhopadhyay, T. Pal, *Handbook of Research on Natural Computing for Optimization Problems. Introduction to Molecular Computation: Theory and Applications – DNA and Membrane Computing, 2016,* 1015p., ISBN: 978-1-52250-058-2, DOI: 10.4018/978-1-52250-058-2.
[12] V. Ababii, V. Sudacevschi, S. Munteanu, O. Borozan, A. Nistiriuc, V. Lasco, IoT based on Membrane Computing Models, *In: Proceedings of the 13th International Conference on Electromechanically and Energy Systems (SIELMEN-2021), 7-8 October, 2021, Chisinau, Republic of Moldova, pp. 010-014,* ISBN: 978-1-6654-0078-7. DOI: 10.1109/SIELMEN53755.2021.9600341. (IEEE Catalog Number: CFP21L58-ART).
[13] S. Munteanu, V. Sudacevschi, V. Ababii, O. Borozan, C. Ababii, V. Lasco, Multi-Agent Decision Making System based on Membrane Computing, *In: The 11th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications. 22-25 September, 2021, Cracow, Poland, Vol. 2. pp. 851-854.* ISBN: 978-1-6654-4210-7, DOI: 10.1109/IDAACS53288.2021.9660971.

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF SUPERCAPACITOR BASED RTC MODULE

Artur SIRBU

Departamentul Informatica și Ingineria Sistemelor, RM-221, Facultatea de Calculatoare, Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

Autorul corespondent: Artur SIRBU, artur.sirbu@iis.utm.md

Abstract. *This paper presents the design and implementation of a supercapacitor-based real-time clock (RTC) module for memory backup systems. The study explores the advantages of utilizing supercapacitors over traditional lithium-ion batteries, including infinite cycle life, rapid charging, and environmental safety. The design process involves selecting suitable supercapacitors based on factors such as leakage currents and time retention formulas. Practical steps for integrating supercapacitors into RTC and memory backup circuits are provided, with a focus on efficiency and longevity. A case study examines the charging time of a specific supercapacitor model, considering resistor and equivalent series resistance (ESR) effects. Additionally, the paper addresses the operational duration of RTC modules solely powered by supercapacitors after the main power supply is disconnected, providing insights into capacitor discharge characteristics. The implementation phase emphasizes the importance of component selection and circuit optimization for maximizing performance. The study showcases the practical application of supercapacitors in memory backup systems and highlights their potential for enhancing reliability and sustainability in various electronic devices.*

Keywords: *supercapacitors, real-time clock (RTC), design, implementation, sustainability.*

Introduction

In the realm of energy storage, the imperative of maintaining precise timekeeping, particularly during power interruptions, necessitates robust solutions. Conventional batteries, while reliable, are beset by slow charging times. Capacitors, on the other hand, offer swift charging but falter in their energy retention capabilities. Bridging this gap in functionality are supercapacitors, hailed as the superheroes of energy storage owing to their unique attributes.

The Energy Storage Dilemma

The necessity for rapid energy storage juxtaposed with the limitations of traditional battery technologies underscores a prevalent dilemma. While batteries exhibit stability, their protracted charging cycles render them unsuitable for exigent scenarios. Conversely, capacitors, although capable of swift charging, suffer from inadequate energy retention capacities, resembling a choice between sluggish behemoths and fleet-footed but diminutive entities [1].

Enter Supercapacitors

Supercapacitors, colloquially termed ultracapacitors, emerge as the paradigm-shifting solution to the energy storage conundrum. Characterized by their amalgamation of rapid charging and substantial energy retention capabilities, they revolutionize conventional notions of energy storage efficiency. Bigger Plates, Smaller Gap: Distinctive to supercapacitors is the augmentation of plate surface areas accompanied by diminutive interplate gaps. This architectural refinement facilitates rapid energy exchange akin to a commodious penthouse serviced by expeditious elevators [2]. Static Electricity Magic: In contrast to the electrochemical processes of batteries, supercapacitors harness electrostatic principles for energy storage. With two metal plates separated by an insulating dielectric, the buildup of positive and negative charges upon charging imbues the system with stored energy, analogous to the static cling phenomenon.

What Makes Supercapacitors Special

Energy Storage Boost: Supercapacitors boast a remarkable enhancement in energy storage capacity, exceeding conventional capacitors by factors ranging from 10 to 100-fold, akin to transitioning from a modest coin purse to a capacious backpack [3].

Flywheel Vibes: Their functionality parallels that of energy flywheels, adept at seamlessly buffering power supplies for electronic devices. Analogous to a hybrid bus equipped with supercapacitors for energy storage, the provision of instantaneous power augmentation underscores their utility [4].

The Retention Time Formula (Not as Scary as It Sounds).

The determination of a supercapacitor's retention time, denoting its ability to maintain charge, is facilitated through a mathematical formula (1):

$$T = \frac{C(V_1 - V_2)}{I_1} \quad (1)$$

Where:

- (T): Retention time.
- (C): Capacitance.
- (V_2): Initial charge voltage.
- (V_2): Minimum allowable discharge voltage.
- (I_1): Load current.

Implementing a supercapacitor for an RTC (Real-Time Clock) module involves ensuring that the RTC module continues to function during power outages or interruptions[4]. Given:

Supercapacitor capacitance ©: 10 Farads (10F)

Supercapacitor voltage (V): 2.7V (assuming fully charged)

DS3231 standby current draw (I): Let’s assume a typical standby current draw of around 200nA (0.2µA).

We can use the formula for the discharge of a capacitor:

Time=I*C/V

Where:

Time is the time in seconds that the supercapacitor can maintain the voltage above the minimum required for the DS3231.

C is the capacitance of the supercapacitor in Farads.

V is the initial voltage of the supercapacitor in Volts.

I is the discharge current in Amperes.

Let’s plug in the values:

Time=10F×2.7V0.2×10−6ATime=0.2×10−6A10F×2.7V

Time=270.2×10−6Time=0.2×10−627

Time=272×10−7Time=2×10−727

Time=270.0000002Time=0.000000227

Time=135,000,000 secondsTime=135,000,000 seconds

Time≈1,562.5 daysTime≈1,562.5 days

So, with a 10F 2.7V supercapacitor and assuming a standby current draw of 200nA, the backup time would be approximately 1,562.5 days.

DS3231 RTC Module Overview and base circuit:

The DS3231 is an I2C-based real-time clock (RTC) module that accurately keeps track of time, even when the main power supply is interrupted.

It includes a battery input for backup power, which is essential for maintaining accurate timekeeping during power outages [5].

AT24C32 EEPROM IC for (for storing time and date data).

From the datasheet we take the basic connection of DS3231 IC to MCU.

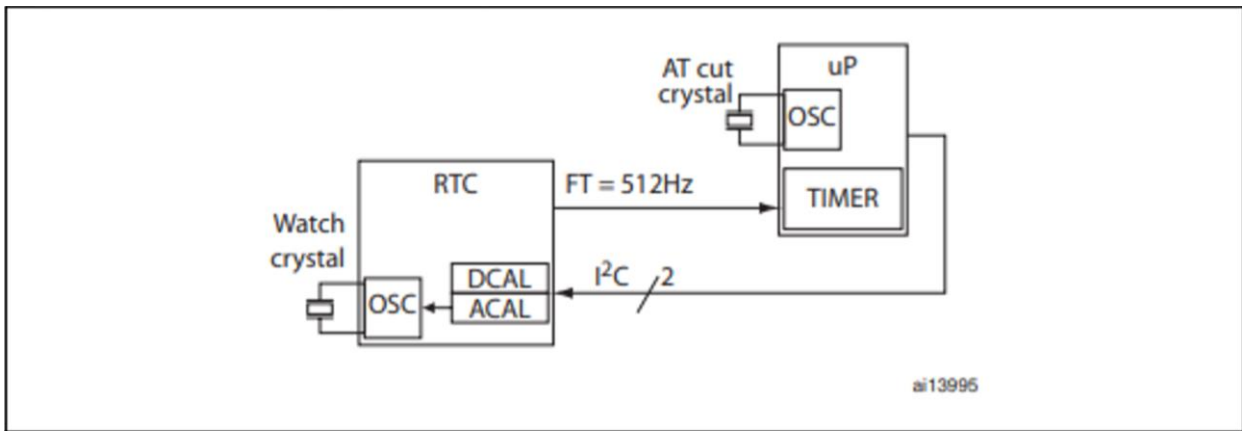


Figure. 1 Basic setup of microprocessor RTC

Supercapacitor Integration:

Researching the supercapacitor as memory backup integrations I made my based on STMicroelectronics AN4718 [6].

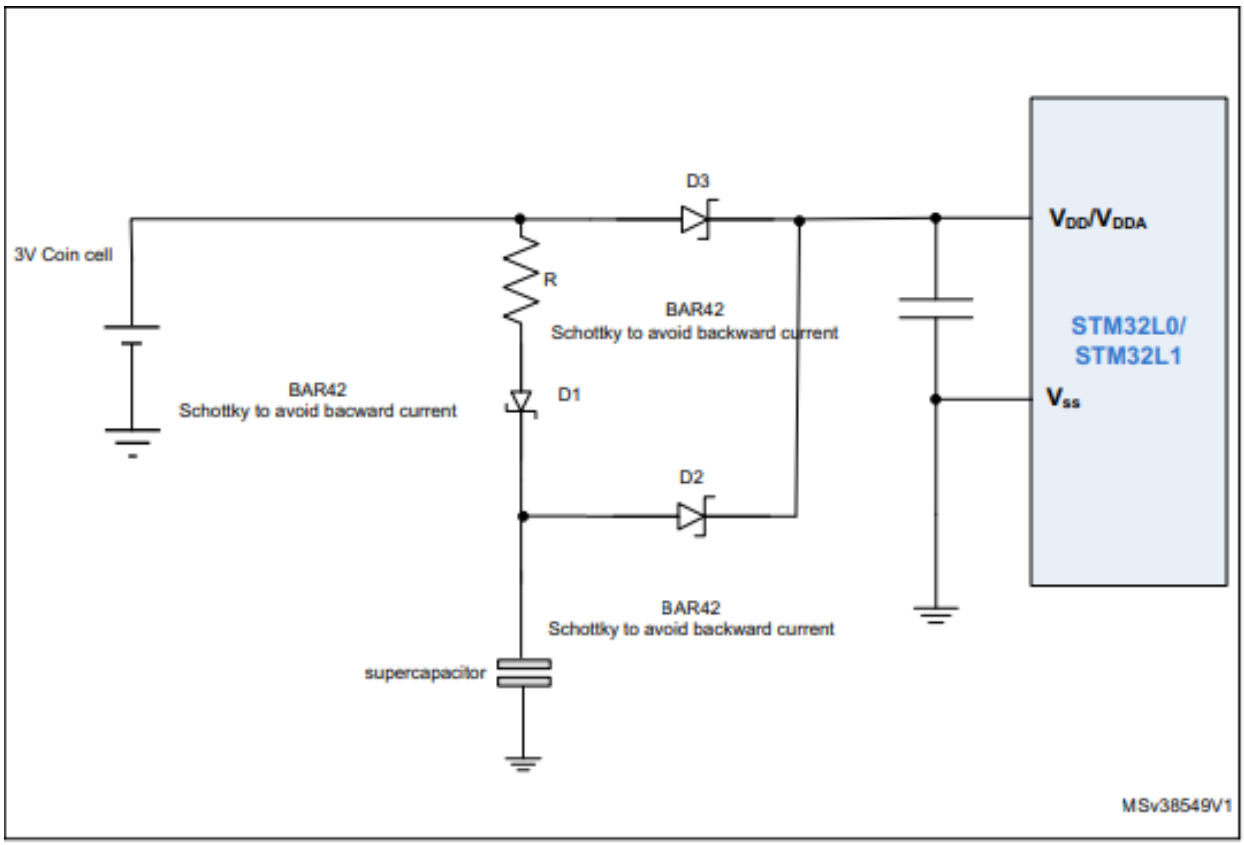


Figure 2. Suppercapacitor connection from STMicroelectronics application note

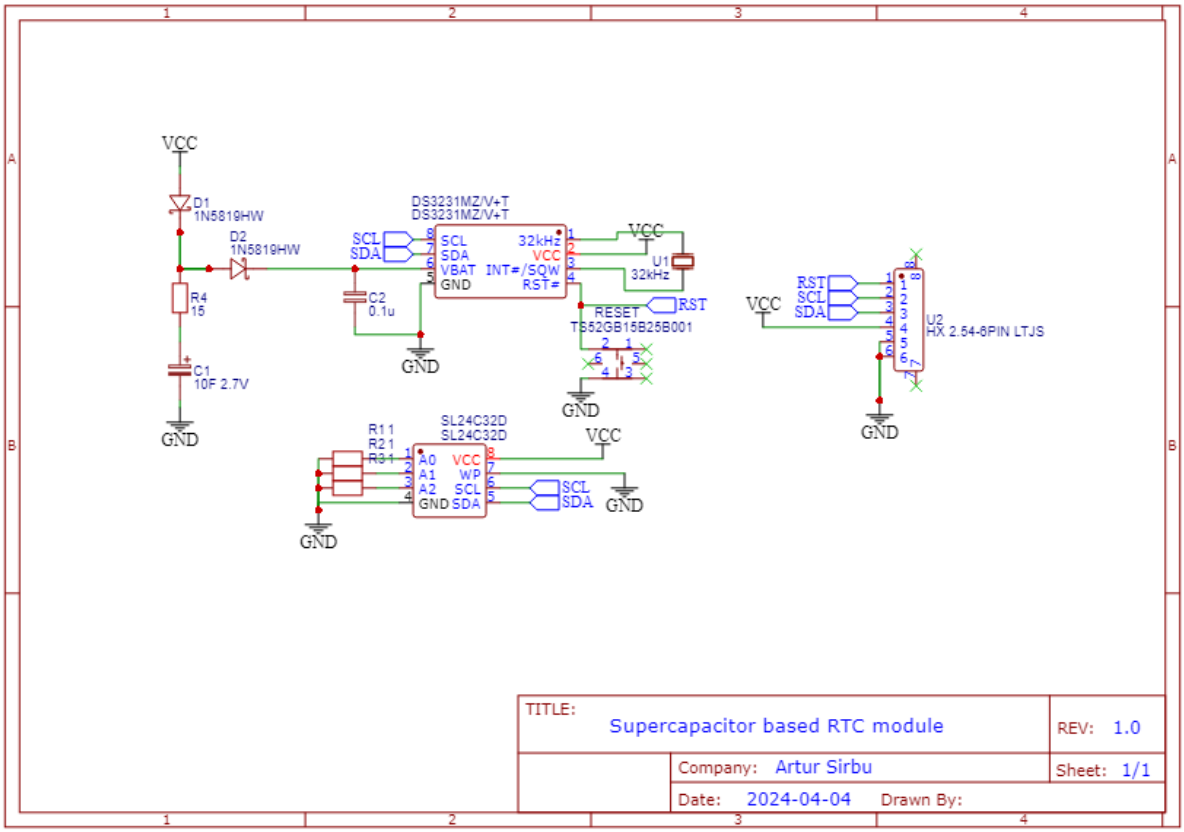


Figure 3. Circuit developed by me

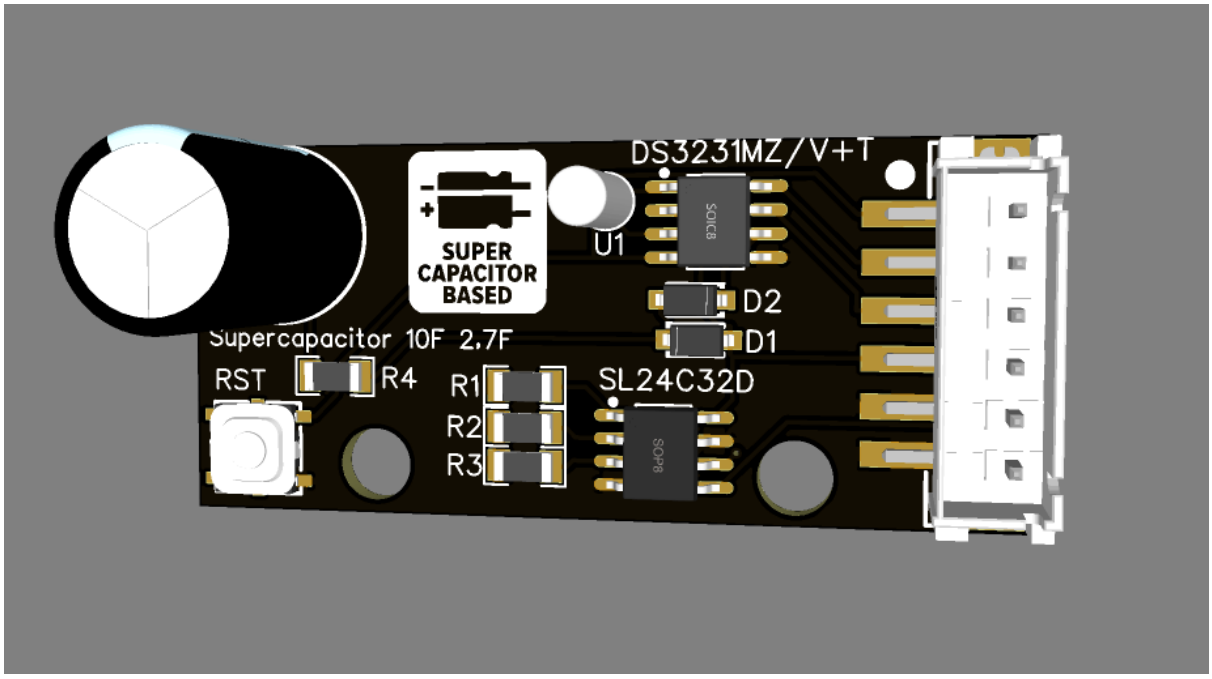


Figure 4. PCB Design

Conclusion

In conclusion, the design and implementation of a supercapacitor-based real-time clock (RTC) module for memory backup systems represents a significant advancement in energy storage technology. Through this research, we have explored the advantages of utilizing

supercapacitors over traditional lithium-ion batteries, highlighting their infinite cycle life, rapid charging capabilities, and environmental safety.

The study has provided practical insights into the design process, emphasizing the selection of suitable supercapacitors based on factors such as leakage currents and time retention formulas. Additionally, we have demonstrated the integration of supercapacitors into RTC and memory backup circuits, focusing on efficiency and longevity.

References

[1] „Суперконденсаторы: что это, зачем и где применяется”, [Online]. Available: https://habr.com/ru/articles/547310/

[2] „Supercapacitors Provide Memory Backup in Circuits up to 6.3 WVdc”, [Online]. Available: https://eepower.com/new-industry-products/supercapacitors-provide-memory-backup-in-circuits-up-to-6-3-wvdc/#

[3] „Supercapacitors in Electric Vehicles”, [Online]. Available: https://passive-components.eu/supercapacitors-in-electric-vehicles/

[4] „Supercapacitors - What Are They and How Are They Used? ”, [Online]. Available: https://abracon.com/blog/supercapacitors-what-are-they-and-how-are-they-used

[5] „Supercapacitors”, [Online]. Available: https://www.kemet.com/en/us/capacitors/supercapacitors.html?t=534

[6] „Supercapacitor modules application guidelines”, [Online]. Available: https://www.eaton.com/content/dam/eaton/products/electronic-components/resources/technical/eaton-supercapacitor-modules-application-guidelines.pdf

ASUPRA DURATEI DE VIAȚĂ A REȚELELOR DE TIP SERIAL-PARALEL CU DURATA DE VIAȚĂ A UNITĂȚILOR EXPONENȚIAL DISTIBUITĂ ȘI NUMĂRUL ALEATORIU DE SUBREȚELE

Maria ROTARU

Facultatea de Calculatoare, Informatică și Microelectronică, Școala Doctorală,
Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

Autorul corespondent: Maria Rotaru, maria.rotaru@isa.utm.md

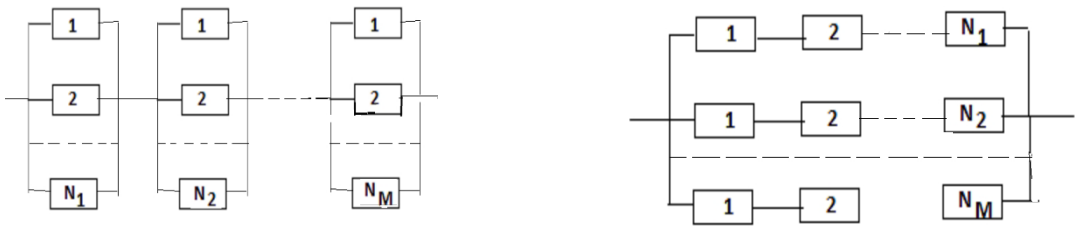
Coordonatorul științific **Alexei LEAHU**, dr., UTM

Rezumat. *În lucrare este dedusă o nouă distribuție de durată de viață a rețelelor de tip serial-paralel, distribuție abordată atât prin metode analitice cât și prin Metode Monte-Carlo. Noutatea distribuției constă în faptul că numărul de subrețele este aleator, guvernat de distribuția Poisson, iar duratele de viață sunt variabile aleatoare, independente, identic, exponențial distribuite. Am arătat că cele mai importante caracteristici ale acestei variabile aleatoare, media, dispersia și funcția de distribuție, simulate prin metode Monte Carlo aproximează aceleași caracteristici cu orice exactitate dorită, prin intermediul, respectiv, media, dispersia de selecție, dar și funcția empirică de distribuție. Mai mult, putem indica și numărul minimal de simulări suficient pentru a garanta exactitatea dorită cu probabilitatea de încredere dorită.*

Cuvinte cheie: *fiabilitate, funcție de supraviețuire, valoare medie, dispersie, simulare Monte-Carlo.*

Introducere

În această lucrare considerăm modelul matematic a rețelelor de tip serial-parale și paralel-serial (de tip A și B) descrise în lucrarea [1]. Pentru studiu vom lua varianta B, adică varianta în care unitățile rețelelor au duratele de viață exponențial distribuite fiind v.a.i.i.d. cu funcția de distribuție $F(x)$, numărul unităților N_k în fiecare subrețea fiind același și egal cu $N \geq 2$, iar numărul de subrețele fiind o variabilă aleatoare M de clase PSD, independentă de duratele de viață ale unităților.



A **- Serial-Parallel Network scheme.** ***B*** **- Parallel-Serial Network scheme.**

Figura 1 Reprezentarea schematică a rețelelor de tip serial-paralel și paralel-serial [1]

Abordări teoretice

Propoziția 1. Funcțiile de distribuție a duratei de viață pentru rețelele de tip A și B pot fi calculate, respectiv după formulele:

$$\boldsymbol{F_{s-p}(x) = \left[1 - \frac{B\left(\omega\left(1-(F(x))^N\right)\right)}{B(\omega)}\right] I_{[0,+\infty)}(x)} \qquad (8)$$

$$\boldsymbol{F_{p-s}(x)} = \left[\frac{\boldsymbol{B\left(\omega\left(1-(1-F(x))^N\right)\right)}}{\boldsymbol{B(\omega)}}\right]\boldsymbol{I_{[0,+\infty)}(x)} \tag{9}$$

Vom nota funcția de supraviețuire, altfel cunoscută ca fiabilitate a rețelelor cu $R(x)$, unde $R(x) = 1 - F(x)$ de asemenea, vom ține cont că notația $R_{s-p}(x)$ se referă la fiabilitatea rețelelor de tip serial-paralel, iar $R_{p-s}(x)$ este fiabilitatea rețelelor de tip paralel-serial.

Funcțiile de fiabilitate ale rețelelor respective, poate fi calculată conform formulelor:

$$\boldsymbol{R_{s-p}(x)} = \left[\frac{\boldsymbol{B\left(\omega\left(1-(F(x))^N\right)\right)}}{\boldsymbol{B(\omega)}}\right]\boldsymbol{I_{[0,+\infty)}(x)} + \boldsymbol{I_{(-\infty,0]}(x)} \tag{10}$$

$$\boldsymbol{R_{p-s}(x)} = \left[\boldsymbol{1} - \frac{\boldsymbol{B\left(\omega\left(1-(1-F(x))^N\right)\right)}}{\boldsymbol{B(\omega)}}\right]\boldsymbol{I_{[0,+\infty)}(x)} + \boldsymbol{I_{(-\infty,0]}(x)} \tag{11}$$

Să considerăm $F(x) = \left(1 - e^{-\lambda x}\right)I_{[0,+\infty)}(x), x > 0$. Dacă $M \sim Poisson^*(\omega)$, și $P(M = m) = \frac{\omega^m}{m!}e^{-\omega}/(e^{\omega} - 1)$, $B(\omega) = (e^{\omega} - 1)$ atunci, conform formulei (1) cunoscând formula funcției $B(\omega)$ și efectuând substituția, obținem că

$$\boldsymbol{F_{s-p}(x)} = \left[\boldsymbol{1} - \frac{\boldsymbol{e^{\omega\left(1-\left(1-e^{-\lambda x}\right)^N\right)}-1}}{\boldsymbol{e^{\omega}-1}}\right] \tag{5}$$

Prin derivarea funcției $F(x)$ din formula (5) obținem funcția densității de distribuție $f(x)$ care este data prin următoarea formula

$$\boldsymbol{f_{s-p}(x)} = \frac{\boldsymbol{N\omega\lambda\left(1-e^{-\lambda x}\right)^{N-1}e^{\omega\left(1-\left(1-e^{-\lambda x}\right)^N\right)-\lambda x}}}{\boldsymbol{e^{\omega}-1}} \tag{6}$$

În mod analogic, vom calcula funcția de distribuție a duratei de viață $F(x)$ pentru rețelele de tip paralel-serial

$$\boldsymbol{F_{p-s}(x)} = \left[\frac{\boldsymbol{e^{\omega\left(1-e^{-\lambda Nx}\right)}-1}}{\boldsymbol{e^{\omega}-1}}\right] \tag{7}$$

Prin derivarea primară a funcției $F(x)$ din formula (7) obținem funcția densității de distribuție $f(x)$ după cum urmează

$$\boldsymbol{f_{p-s}(x)} = \frac{\boldsymbol{N\omega\lambda e^{\omega\left(1-e^{-\lambda Nx}\right)-\lambda Nx}}}{\boldsymbol{e^{\omega}-1}} \tag{8}$$

Un alt indicator important este hazardul funcției, cunoscut și ca rata eșecului, care se notează $h(x)$ și se calculează prin formula $h(x) = f(x) / (1 - F(x))$.

Aplicând formula dată la cazurile pe care le studiem, obținem

$$\boldsymbol{h_{s-p}(x)} = \frac{\boldsymbol{N\omega\lambda\left(1-e^{-\lambda x}\right)^{N-1}e^{\omega\left(1-\left(1-e^{-\lambda x}\right)^N\right)-\lambda x}}}{\boldsymbol{e^{\omega\left(1-\left(1-e^{-\lambda x}\right)^N\right)}-1}} \tag{9}$$

și

$$\boldsymbol{h_{p-s}(x)} = \frac{\boldsymbol{N\omega\lambda e^{\omega\left(1-e^{-\lambda Nx}\right)-\lambda Nx}}}{\boldsymbol{e^{\omega\left(1-e^{1-e^{-\lambda Nx}}\right)}}} \tag{10}$$

S-a dovedit că Kuș a studiat o nouă distribuție [3], care, coincide cu distribuția noastră pentru rețelele de tip paralel-serial. Din acest motiv, în cele ce urmează, vom analiza din punct de vedere statistic, inclusiv prin validare Monte-Carlo, modelele de tip serial-paralel, astfel obținând o nouă distribuție a duratei de viață a rețelelor de tip serial-paralel.

Astfel, în baza formulelor (5) și (7) vom calcula valoarea medie teoretică și dispersia teoretică după cum urmează:

$$\mathbb{E}\boldsymbol{X} = \int_{-\infty}^{\infty} \boldsymbol{x f(x) dx} \tag{11}$$

$$\mathbb{D}\boldsymbol{X} = \int_{-\infty}^{\infty} (\boldsymbol{x} - \mathbb{E}\boldsymbol{X})^{\boldsymbol{2}} \boldsymbol{f(x) dx} = \mathbb{E}\boldsymbol{X^2} - (\mathbb{E}\boldsymbol{X})^{\boldsymbol{2}} \tag{12}$$

De fiecare dată vom calcula aceste valori folosind pachetul python. După ce vom obține rezultatele, vom simula aceste variabile aleatoare prin metode Monte-Carlo și vom verifica cât de bine acestea aproximează valorile medii teoretice și dispersia teoretică.

Validarea rezultatelor teoretice

Algoritmul Monte-Carlo:

Pas 1: Generăm un eșantion de N valori în baza distribuției exponențiale cu parametrul λ

Pas 2: Luăm valoare maximă din eșantionul generat la pasul 1

Pas 3: Generăm valoarea M pentru numărul de subrețele în baza distribuției Poisson trunchiată în zero cu parametrul ω

Pas 4: Generăm un eșantion de M valori repetând pașii 1-2 de M ori

Pas 5: Luăm valoarea minimă din eșantionul obținut la pasul 4

Pas 6: Calculăm valoarea $k = \left[\left(\frac{\sqrt{\mathbb{D}\boldsymbol{X}} \cdot x_{1-\alpha/2}}{\varepsilon}\right)^2\right] + 1$, conform Teoremei Limită Centrală pentru variabile aleatoare independente, identic distribuite [4], unde ε este valoarea numerică aproximativă a erorii dorite , $X \sim N(0,1), \alpha = 0.05$

Pas 7: Generăm un set de k valori repetând pașii 4-5 de k ori

Pas 8: Calculăm valoarea medie a setului generat la pasul 7 pentru a simula valoarea $\mathbb{E}\boldsymbol{X}$

Pas 9: Calculăm dispersia pentru setul generat la pasul 7 pentru a simula valoarea $\mathbb{D}\boldsymbol{X}$

Tabelul 1

Valorile teoretice și simulate ale mediei și dispersiei

ω	λ	N	$\mathbb{E}\boldsymbol{X}$	$\widehat{\mathbb{E}\boldsymbol{X}}$	$\mathbb{D}\boldsymbol{X}$	$\widehat{\mathbb{D}\boldsymbol{X}}$
10	1,5	2	0,235800981	0,21066	0,02505	0,01565
10	1,5	4	0,507357282	0,49146	0,04757	0,0368
10	1,5	6	0,707120183	0,71131	0,05929	0,05144
20	0,8	2	0,287435202	0,25964	0,02985	0,02216
20	0,8	6	1,075180118	1,11306	0,1035	0,10726
20	1	2	0,229948161	0,19805	0,0191	0,01282
20	1	4	0,583055794	0,63534	0,0486	0,05673
20	1	6	0,860144094	0,87598	0,06624	0,06568
20	1,5	2	0,153298774	0,1352	0,00849	0,00599
20	1,5	4	0,388703863	0,35556	0,0216	0,01625
20	1,5	6	0,573429396	0,55401	0,02944	0,02514
30	0,8	2	0,227387561	0,23249	0,01748	0,0175
30	0,8	4	0,632696873	0,62109	0,05221	0,04788
30	0,8	6	0,963318998	0,99349	0,0747	0,07837
30	1	2	0,181910049	0,15297	0,01119	0,00736
30	1	4	0,506157498	0,53364	0,03341	0,03661
30	1	6	0,770655199	0,75972	0,04781	0,04433
30	1,5	2	0,121273366	0,10974	0,00497	0,00383
30	1,5	4	0,337438332	0,32761	0,01485	0,01329
30	1,5	6	0,513770132	0,50638	0,02125	0,01968

În următoarele două exemple grafice, observăm cât de bine funcția empirică de distribuție aproximează distribuția cumulativă teoretică, iar pentru un număr mai mare de valori simulate acestea tind să coincidă [1].

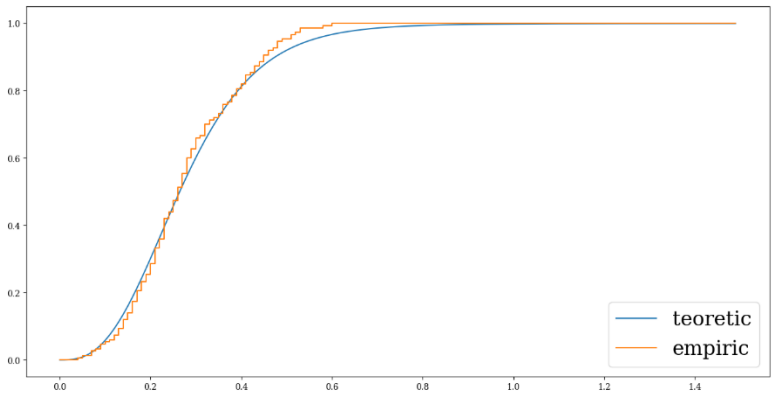


Figura 2. Funcția de distribuție pentru $\varepsilon = 0.01$

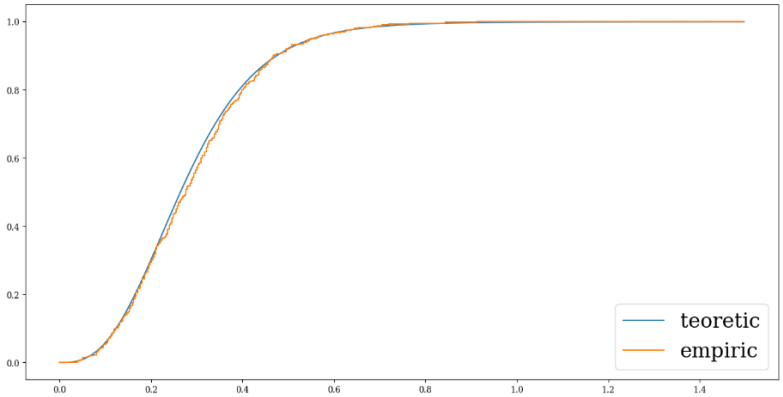


Figura 3. Funcția de distribuție pentru $\varepsilon = 0.003$

Concluzie

Ambele rezultate, reprezentate în tabel și prin metoda grafică, arată că estimatorii statistici: valoarea medie de selecție, dispersia de selecție și funcția empirică de distribuție, aproximează foarte bine aceste trei caracteristici teoretice.

Referințe

[1] A. LEAHU, V. ANDRIEVSCHI-BAGRIN, D. CIORBĂ and I. FIODOROV, "Once again about the reliability of serial-parallel networks vs parallel-serial networks.," in *IC|ECCO-2021*, Ed. 11, Chișinău, 2021.

[2] V. ANDRIEVSCHI-BAGRIN and A. LEAHU, "Reliability of serial-parallel networks vs reliability of parallel-serial networks with constant numbers of sub-networks and units.," *Journal of Engineering Sciences*, vol. 29, no. 4, pp. 17-26, 2022.

[3] C. Kuș, "A new lifetime distribution, Computational Statistics & Data Analysis," vol. 51, p. 4497–4509, 2007.

[4] A. Leahu. Tehnici de simulare statistică a sistemelor, Chișinău, 2018.

ANALIZA MODELELOR DE CUNOȘTINȚE PENTRU SISTEME CU INTELIGENȚĂ ARTIFICIALĂ

Vadim STRUNA*, Adriana URSU, Maxim KAPUSTEANSKI

Departamentul Informatica și Ingineria Sistemelor, Facultatea Calculatoare Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

*Autorul corespondent: drd, UTM, Vadim Strună, vadim.struna@iis.utm.md

Îndrumătorul/coordonatorul științific: **Victor ABABII**, conf.univ., dr., UTM

Rezumat. *Cunoștințele prezintă fundamentul inteligenței artificiale. După complexitatea cunoștințelor și modul de descriere a acestora putem identifica capacitatea intelectuală a unui subiect sau obiect. În lucrarea de față se propune o analiză comparativă a metodelor de reprezentare a cunoștințelor specifice sistemelor de calcul, așa ca: Modelul ierarhic, Modele relaționale, Modele bazate pe arbore, Modele ontologice, Modele bazate pe rețele neuronale artificiale, Modele de regresie, Modele bazate pe învățarea automată. O atenție aparte este acordată modelului de reprezentare și evoluție a cunoștințelor care se bazează pe proprietățile fundamentale ale paradigmei de programare obiect orientată: Atribute și Date, Metode, Relații, Încapsulare, Moștenire, Metodele Constructor și Destructor.*

Cuvinte cheie: *Cunoștințe, Inteligență Artificială, Model, Paradigmă, Obiect.*

Introducere

Sistemele decizionale prezintă o clasă de produse Hardware și Software destinate pentru a sprijini procesul de luare a deciziilor în raport cu mediul de activitate și starea acestuia. La baza funcționalității acestor sisteme se află inteligența artificială care poate gândi, înțelege, raționa, învăța și acționa în mod similar sau superior oamenilor în anumite contexte [1-4].

Baza fundamentală a inteligenței artificiale o constituie cunoștințele care reprezintă informații utilizate pentru a rezolva probleme și pentru a lua decizii. După complexitatea cunoștințelor și modul de descriere a acestora putem identifica capacitatea intelectuală a unui subiect sau obiect.

În lucrarea dată se propune o analiză comparativă a metodelor de reprezentare a cunoștințelor specifice sistemelor de calcul decizionale, așa ca: Modelul ierarhic, Modele relaționale, Modele bazate pe arbore, Modele ontologice, Modele bazate pe rețele neuronale artificiale, Modele de regresie, Modele bazate pe învățarea automată [5]. În special este abordată metoda de reprezentare a cunoștințelor bazată pe obiecte utilizată cu succes și în programarea orientată pe obiecte.

Rezultatele analizai modelelor de reprezentare a cunoștințelor

Modelul de cunoștințe ierarhic - se referă la o structură în formă de ierarhie în care cunoștințele sunt organizate și reprezentate. Această structură prezintă cunoștințele într-un mod în care se evidențiază relațiile și dependențele dintre diferite concepte sau informații. Modelul ierarhic al cunoștințelor este utilizat în diverse domenii, inclusiv în știința informației, în organizarea informațiilor în biblioteci și baze de date, în învățarea și educația structurată, precum și în proiectarea și dezvoltarea sistemelor de informații și a interfețelor utilizator. Este un instrument util pentru a organiza și a accesa cunoștințele într-un mod coerent și eficient [5, 7 - 9].

Modelul de cunoștințe relațional - este o abordare în care cunoștințele sunt reprezentate sub formă de entități și relații între aceste entități. Aceste modele se bazează pe ideea că cunoștințele pot fi împărțite în unități discrete de informații, iar relațiile dintre aceste unități pot fi folosite pentru a descrie conexiunile și interdependențele dintre ele. Modelele relaționale ale

cunoștințelor sunt utilizate în așa domenii ca: știința informației, medicină, gestionarea cunoștințelor în afaceri, și în inteligența artificială. Acestea oferă o modalitate flexibilă și eficientă de a organiza și de a accesa cunoștințele într-un mod structurat și coerent [5, 6].

Modelele de cunoștințe bazate pe arbore - sunt o metodă de organizare a cunoștințelor sub forma unei structuri ierarhice arborescente. Aceste modele utilizează un arbore în care fiecare nod reprezintă un concept sau o entitate, iar legăturile dintre noduri reprezintă relațiile sau conexiunile între aceste concepte. Sunt utilizate în organizarea informațiilor în biblioteci și baze de date, în structurarea cunoștințelor în sisteme de gestionare a cunoștințelor și în dezvoltarea interfețelor utilizator intuitive [5, 6, 8 -10].

Modelele ontologice ale cunoștințelor - sunt un cadru formal și structurat pentru reprezentarea cunoștințelor într-un domeniu specific. Aceste modele se bazează pe principii ale ontologiei, care este ramura filozofiei care se ocupă cu studiul ființei și al existenței, și au scopul de a defini conceptele și relațiile dintre ele într-un mod riguros și coerent. Aceste modele sunt utilizate în știința informației, în domeniul medical, în inginerie, în Web semantic și în inteligența artificială. Acestea oferă un cadru robust și formal pentru reprezentarea, organizarea și gestionarea cunoștințelor într-un mod coerent și structurat [5, 10].

Modelele de cunoștințe bazate pe rețele neuronale artificiale - sunt abordări care utilizează arhitecturile și capacitățile rețelelor neuronale pentru a reprezenta și a manipula cunoștințele. În aceste modele, cunoștințele sunt încorporate și reprezentate sub forma ponderilor și conexiunilor dintre neuronii artificiali ai rețelei. Modelele de cunoștințe bazate pe rețele neuronale artificiale sunt utilizate în învățarea automată, în inteligența artificială, în analiza datelor, în prelucrarea limbajului natural și în recunoașterea de modele și forme. Acestea oferă o modalitate puternică și flexibilă de a reprezenta, manipula și utiliza cunoștințele în sistemele informatice și în aplicațiile practice [5, 8, 10] .

Modelele de cunoștințe de regresie - sunt utilizate în analiza datelor pentru a prezice sau a estima o valoare numerică pe baza altor caracteristici sau atribute cunoscute. Acest tip de modele se concentrează pe identificarea relațiilor între variabilele de intrare și variabila de ieșire, și pe construirea unei funcții matematice care poate aproxima aceste relații. Așa tip de modele sunt utilizate în analiza financiară, predicția de prețuri, previziuni meteorologice, inginerie, științe sociale și multe altele. Ele oferă o modalitate eficientă și precisă de a estima valori numerice pe baza datelor disponibile [5, 6, 8].

Modelele de cunoștințe bazate pe învățarea automată - sunt metode și tehnici utilizate pentru a extrage cunoștințe și a lua decizii pe baza datelor disponibile, folosind algoritmi și tehnologii de învățare automată. Aceste modele își îmbunătățesc performanța odată cu creșterea volumului de date pe care le primesc și învață din experiență, fără a fi nevoie de programare manuală. Modelele de cunoștințe bazate pe învățarea automată sunt utilizate în analiza datelor, în recunoașterea de modele și forme, în procesarea limbajului natural, în computer vision, în sistemele de recomandare și multe altele. Acestea oferă o modalitate puternică și eficientă de a extrage cunoștințe și de a lua decizii pe baza datelor disponibile [5].

Modelele de cunoștințe bazate pe obiecte - sunt un cadru pentru reprezentarea și gestionarea cunoștințelor într-un mod în care se reflectă structura și interacțiunile dintre obiecte sau entități. Aceste modele se concentrează pe definirea și utilizarea conceptelor de: atribute, date, relații, metode și comportament, moștenire și încapsulare, și polimorfism. Modelele de cunoștințe bazate pe obiecte sunt utilizate în programarea orientată pe obiecte, în sistemele de baze de date orientate pe obiecte, în ingineria software, în inteligența artificială și în multe altele. Ele oferă un cadru flexibil evolutiv și eficient pentru reprezentarea și gestionarea cunoștințelor într-un mod în care se reflectă natura obiectelor și relațiile dintre ele [5, 6, 11-13].

Moștenire și încapsulare. Modelele de cunoștințe bazate pe obiecte pot utiliza concepte precum moștenirea și încapsularea pentru a organiza și a gestiona cunoștințele într-un mod eficient. Moștenirea permite definirea de obiecte noi pe baza altor obiecte existente, în timp ce

încapsularea permite ascunderea detaliilor interne ale obiectelor și oferirea unei interfețe publice pentru interacțiune.

Polimorfism. Modelele de cunoștințe bazate pe obiecte pot utiliza concepte precum polimorfism care pentru a organiza și a gestiona cunoștințele într-un mod eficient oferă capacitatea obiectului de a selecta din mai multe metode, metoda corectă, în dependență de tipul de date primite în mesaj, sau altfel zis, posibilitatea de a denumi identic diferite acțiuni la diferite niveluri ale ierarhiei de clase. Polimorfismul, la general, putem spune că simplifică programarea, din motiv că selectarea acțiunii necesare se realizează automat [11, 14].

Referințe

[1] Sudacevschi V., Ababii V., Munteanu S. Distributed Decision-Making Multi-Agent System in Multi-Dimensional Environment. ARA Journal of Sciences, 3/2020, pp. 74-80, ISSN 0896-1018.

[2] Ababii V., Sudacevschi V., Munteanu S., Turcan A., Borozan O. Decision-Making Support System for Quality Smart City Services. International Journal of Progressive Sciences and Technologies. Vol. 39, No 1, June 2023, pp. 450-456. ISSN: 2509-0119., DOI: 10.52155/ijpsat.v39.1.5436.

[3] Ziziuchin A., Ababii V., Carbune V. Decision Support System for Monitoring of Patients with Diabets, In Proceedings of Workshop on Intelligent Information Systems: WIIS-2023, October 19-21, 2023, Chișinău, pp. 233-241, ISBN: 978-9975-68-492-7.

[4] Melnic R., Ababii V., Sudacevschi V., Sachenko O., Borozan O., Lendiuk T. Multi-Objective Based Multi-Agent Decision-Making System. Proceedings of the 12th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS-2023), Volume 2, September 7-9, 2023, Dortmund, Germany, pp. 834-839, ISSN: 2770-4254, ISBN: 979-8-3503-5804-9, DOI: 10.1109/IDAACS58523.2023.10348725.

[5] Russell S., & Norvig P. (2016). Artificial Intelligence: A Modern Approach (3rd ed.). Pearson.

[6] Bratko I. (2019). Prolog Programming for Artificial Intelligence (4th ed.). Pearson.

[7] Poole D., & Mackworth A. (2017). Artificial Intelligence: Foundations of Computational Agents (2nd ed.). Cambridge University Press.

[8] Hayes-Roth F., & Hayes-Roth B. (2018). A Cognitive Model of Decision Making. In Proceedings of the Second International Conference on Artificial Intelligence Planning Systems (pp. 244-249). AAAI Press.

[9] Pearl J. (2018). Causality: Models, Reasoning, and Inference (2nd ed.). Cambridge University Press.

[10] Stachowicz A., & Ślęzak D. (2016). Rough Sets: A Tutorial. In Foundations of Computational Intelligence Volume 6: Data Mining with Decision Trees: Theory and Applications (pp. 25-68). Springer.

[11] Lutz M. (2019). Learning Python (5th Edition). O'Reilly Media.

[12] McKinney W. (2017). Python for Data Analysis: Data Wrangling with Pandas, NumPy, and IPython (2nd Edition). O'Reilly Media.

[13] Summerfield M. (2013). Programming in Python 3: A Complete Introduction to the Python Language (2nd Edition). Addison-Wesley.

[14] Vitalie Cotelea (2022). Python: prima mea carte.

MICROSERVICES ARCHITECTURAL STYLE

Artur CURNICOV

Departamentul Inginerie Software și Informatică, IS-231M, Facultatea Calculatoare Informatică și Microelectronică, UTM, mun. Chișinău, Republica Moldova

Autorul corespondent: Artur CURNICOV, e-mail: artur.curnicov1@isa.utm.md

Abstract. *This article contains a deep exploration of microservices in software development. It weighs the pros and cons, evaluating numerous challenges and solutions met during the implementation phase. The investigation covers analysis of the communication styles between services, offering advice on how to choose the right communication style depending on the business logic and requirements. Additionally, the article examines ways of migration from a monolithic architecture to microservices architecture, addressing crucial considerations, potential issues, and cost-saving strategies during the transition process. It provides an overview of testing challenges and solutions specific to microservices-based software, what types of testing is efficient for microservice architectural style components. Finally, the article considers how microservices based architecture influences the structure of the data used in the system as well as the team shape of the projects itself. Through examples and straightforward analysis, this article offers precious guidance for architects, developers and other technical persons and navigating the challenges of microservices architectural style adoption.*

Keywords: *microservices, architecture, software architecture, monolith*

Introduction

Microservices is an architectural style from the service-oriented architecture family, each service is modeled around a business domain. The microservice architecture consists of a network of services, each modeled around a business domain. Each microservice is a black box that hides all the inner operations, data sources and any other internal implementation details via encapsulation.

The only way to interact with a service is using its communication interface, which exposes points of interaction with the business domain, without leaking any implementation detail. This means that shared databases are used in rare cases [1]. This further helps defining a strong line between what can be easily changed (internal implementation) and what should be changed with caution and be more rigid (API layer of service). This leads to working in parallel on multiple microservices, as each is isolated as soon as each service communication interface is not changed.

Advantages and disadvantages of microservices

Being a distributed system, the microservices open a world of disadvantages, however combining the distributed systems with the benefits of domain driven design, service encapsulation and isolation, microservices bring a list of significant advantages in the game.

Advantages:

- Technology diversity - Right tools can be chosen for each independent service, meaning that different services in the system may use different technology: programming languages, frameworks, databases, patterns, low level architecture. Migrating and upgrading is easier. Performance can be increased due to right picking of technologies.
- Independent deployment - Each service is independently deployable due to its encapsulation and isolation. This makes it easier to add new or rollback features. Each

service has its own pipeline and can be deployed without affecting the work of other services and teams [2].

- Reusability and composition - Functionality can be reused with the usage of the same service. This can be achieved using the same communication interfaces or even adding new ones to the existing services. Composing multiple services' business logic, a business can have multiple applications as most of the services can be common.
- Independent scaling - Scaling each service apart from others allows to increase the resources and performance of a particular business area depending on traffic load or other constraints. This reduces costs as each service is independently scalable.
- Robustness - Due to high isolation, the failures of a service can be stopped from being cascaded to other services, so the entire system can work while one of the services is under maintenance.
- Physical team structure - Development teams can be restructured in such a way that a team is responsible only on a few services instead of the entire system. This helps in performance of features delivery and domain knowledge.

Disadvantages:

- Development complexity - Microservices introduce new complex things in the game: data consistency patterns, cloud usage, different programming languages for each service. This requires that the development team is senior enough to keep all these things workable in a timely manner.
- Cost - Each service is a separate process that needs to run, things that lead to increasing costs. Besides that, each environment requires instances for each service that increases the costs again. Pipelines running tests also need instances of services, databases or other tools such as queues.
- Data analyzation and reporting - There is more than a single database in a microservice system, meaning that there is not a single source of truth. Analyzation of data and reporting needs a merging mechanism to unite data from different services in order to produce a true report. Sometimes data can be in an inconsistent state, this requires handling and testing.
- Logging and monitoring - Each service requires its monitoring mechanism, alerting system in case of issues. Also, a logging aggregator is required to unite logs across all the services and group logs by "flows" to understand where some things may go wrong.
- Security and latency - A lot of information is going through the network instead of going inside a process, this means that security should be increased so that attacks cannot steal some information that is being exchanged between services. Also network communication against process communication adds latency, meaning that in some cases a microservice solution can be a bit slower compared to a monolithic one.
- Testing - Testing is required in all the services to ensure quality. We need to ensure that each service integrates well with other ones, we need to test the contracts of the services, and also the unit test each service. Besides that, component tests of each individual service will assure that the service itself is working properly. Another layer of testing could be performance testing including soak testing, load testing and stress testing.
- Data consistency - As there are more databases spread across microservices, ACID properties of a database are not applicable anymore at the entire system level, meaning other mechanisms are required to handle data consistency such as distributed transactions of saga pattern.

Communication styles

Communication styles are divided in:

- Synchronous - one to one communication that blocks the client until the service responds with a message. This kind of communication implies a coupling between the client and the service, because the client is required to wait for the response, thus blocking the running thread [3]. This may lead to a stagnation depending on the load. If the service is able to auto scale, it may also increase the costs on high demand.
- Asynchronous - one to one or one to many communications that does not require a response. The response can also come as an async operation, but this does not block the client from performing other actions until the response is achieved. This type of communication is less coupled, but requires more maintenance. The asynchronous communication can be implemented using queues.

Monolith to microservices transition

Transition to a microservice may be required due to several reasons: latency in release of the software, hard scalability of some areas of the application, slow delivery of the product, required knowledge across all the domain areas of the project.

The transitioning strategy depends on multiple factors. A rewrite could be useful in case the project is small and has the right number of resources for the transition. A bigger project could not afford a full rewrite due to high costs of the development team and teams around it.

A less costly strategy can be used to migrate iteratively - tactical forking. It is used to by copying the entire system into a new one and deleting the unnecessary code from the old system and the new one. This leads to a split that can be orchestrated by a load balancer. In this way, one service's logic can be extracted into multiple services.

Another less costly strategy for migration is implementing the new functionality and features as separate services. The old functionality can be iteratively broken down into other services.

To correctly draw the bounds of the new services 2 required things should be taken into consideration: loose coupling and stronger cohesion. The services should be split in such a way that 2 or more services are not tightly coupled and the inner implementation should contain things that are changed together. By doing this, the interfaces of the services can change less, meaning that the deployment and scaling process can be run in isolation.

Testing microservices

Microservices require different types of tests at different levels to ensure the system is working as expected. Each type of test requires more or less tests depending on the scope of the test.

Unit tests should take the biggest amount of code in terms of written lines of the code in the codebase due to the fact that unit tests are testing the smallest amount of the services, meaning each individual class will be well tested [4].

The next type of test, which is broader in terms of the area of testing, are component tests. A component test is an acceptance test for a single service that checks its behavior as a whole unit. Classes, functions or modules within the service are viewed as a unit. Component test can be called a unit test at a service level.

Integration tests are required to validate that the services are well integrated between themselves. The integration tests are also testing integration of a service with its third-party components such as databases, queues of third-party tools. A subtype of integration tests are contract tests, this kind of tests ensure that one service's response meets the contract it exposes. It is usually used for REST contract testing.

The broadest side of tests in terms of coverage area are end-to-end tests. These kinds of tests are expensive in terms of time and things required for implementation, thus there are usually a smaller number of end-to-end tests. However, end-to-end tests are usually run as a

sanity check to verify that the whole system is working as expected and to validate that the most important and critical parts of the service are working well.

To ensure that the system is working as expected and the tests to run in a timely manner, the number of tests should decrease starting from unit tests and reaching to end-to-end tests, due to the fact that unit tests are faster and cheaper in terms of time and end-to-end tests are slower and cost more.

Data, transactions

Due to its distributed nature, each service has its internal database transactions ensuring an internal consistency of the database, however the services often share the same piece of data which is spread across multiple databases from multiple services. This requires a "transaction" across multiple services, which will span across multiple databases.

Distributed transactions is a way of handling such cases, which is outdated nowadays, because new technologies do not support them, meaning that the project could potentially be limited in the used technologies.

Another approach for managing transactions is the saga pattern. This is a way of handling transactions that span across multiple microservices by creating an ordered sequence of actions for each microservice, each action executes its internal transaction which benefits from ACID properties of a relational database.

There are 2 types of implementations of the saga pattern:

- Choreography - each service communicates via events and triggers the transactions in other services. In case something went wrong in a service, it can undo the previous transactions by emitting special events, which are handled in other services, that are aware of these events and know exactly how to handle the rollback.
- Orchestration - a special type of saga that has a main service that coordinates with the events. This service can send events for starting the transactions as well as events for undoing them, however, the service may become a single point of failure, which may be dangerous.

Conclusions

In many cases the disadvantages of the microservice architecture can outweigh the advantages due to the introduced complexity, meaning that microservices are not a silver bullet architecture that solves all the issues. Microservices represent an approach to design and implement scalable, isolated and independently deployable software services. It requires a deep understanding of the domain and the requirements in order to start a fresh project using microservices architecture or to migrate an existing system to microservices.

References:

[1] LEWIS, James, FOWLER, Martin, *Microservices a definition of this new architectural term* [online]. Available: https://martinfowler.com/articles/microservices.html

[2] NEWMAN, Sam, *Building Microservices.* United States of America, Sebastopol, CA 95472: Ed. O'Reilly Media Inc, 2021. ISBN 978-1-492-03402-5

[3] RICHARDSON, Chris, *Microservices Patterns.* United States of America, Shelter Island, NY 11964: Ed. Manning Publications, 2018. ISBN 978-1-617-29454-9

[4] RICHARDS, Mark, FORD, Neal, *Fundamentals of Software Architecture.* United States of America, Sebastopol, CA 95472: Ed. O'Reilly Media Inc, 2020. ISBN 978-1-492-04345-4

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В БОРЬБЕ С МОШЕННИЧЕСТВОМ: ПРИМЕНЕНИЕ, АЛГОРИТМЫ И ПРЕИМУЩЕСТВА

Iana ZABOLOTNII*, Irina CERNEI

Departamentul Ingineria Software și Automatică; Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică; Universitatea Tehnică a Moldovei; Chișinău; Republica Moldova

*Автор-корреспондент: Iana Zabolotnii, zabolotnii.iana@isa.utm.md

Научный руководитель: **Irina CERNEI**, assistent universitar, UTM

Аннотация. *В данной статье представлен анализ феномена мошенничества в рамках различных аспектов предоставления финансовых услуг, в том числе банковской деятельности, страхования и проведения онлайн-платежей. Исследование детализирует специфику мошеннических операций в каждой из указанных областей, выявляя характерные приемы и стратегии, используемые преступниками для незаконного получения финансовых средств. Также акцентируется внимание на методах и технологиях, которые могут помочь в борьбе с мошенническими действиями и применяются для обеспечения надежности проведения финансовых операций.*
Статья также подробно рассматривает роль искусственного интеллекта в выявлении и предотвращении мошенничества. Описывается, как технологии машинного обучения применяются для анализа больших объемов данных и выявления аномальных или подозрительных паттернов, которые могут указывать на мошенническую деятельность. Приводятся примеры алгоритмов и методов, используемых в системах искусственного интеллекта для борьбы с мошенничеством.
Заключительная часть статьи посвящена оценке преимуществ и вызовов, связанных с интеграцией искусственного интеллекта в процессы выявления и противодействия мошенничеству. Акцентируется внимание на важности повышения эффективности и точности детектирования мошеннических схем за счет использования ИИ, а также на необходимость регулярного обновления и адаптации алгоритмов к эволюционирующим методам мошенничества.

Ключевые слова: *искусственный интеллект, машинное обучение, алгоритмы, финансы, обнаружение мошенничества, онлайн платежи*

Введение

В современном мире мошенничество неизменно остается актуальной и серьезной проблемой, затрагивающей множество сфер деятельности, включая банковские операции, страхование, онлайн-платежи и многие другие. Ежегодно миллионы людей становятся жертвами различных видов мошенничества, сталкиваясь с финансовыми потерями и разрушением доверия к существующим системам. Однако, вместе с вызовами, появляются и новые возможности, и в этом контексте особенно значимо становится использование искусственного интеллекта (ИИ) в борьбе против мошенничества.

С каждым днем ИИ становится все более интегральной частью нашей повседневной жизни, проникая в различные сферы деятельности и предоставляя новые инструменты для эффективного решения сложных проблем. В контексте противодействия мошенничеству, применение искусственного интеллекта открывает двери к широкому спектру инновационных подходов и технологий. Это включает в себя анализ больших данных для выявления аномалий и паттернов, создание алгоритмов машинного обучения для предсказания и предотвращения потенциальных мошеннических действий, а также разработку более интеллектуальных систем обнаружения и защиты [1].

Виды мошенничества

Мошенничество охватывает различные сферы человеческой деятельности, причиняя значительный ущерб как физическим, так и юридическим лицам. Среди наиболее распространенных видов мошенничества можно выделить банковские операции, онлайн-платежи, а также страхование.

Банковские операции — это одно из наиболее уязвимых мест для мошенников, где они могут осуществлять различные виды атак, включая кражу личных данных, фишинг, фальшивые транзакции и другие. Они используют различные методы, чтобы обмануть системы безопасности банков и получить доступ к финансовым средствам клиентов.

Онлайн-платежи также подвержены риску мошенничества из-за широкого использования электронных транзакций. Мошенники могут использовать украденные кредитные карты, взламывать аккаунты и обманывать пользователей с помощью фальшивых веб-сайтов и электронных платежных систем.

Страхование - еще одна сфера, где мошенничество встречается довольно часто. Это может включать в себя подачу ложных заявлений на страховые случаи, утверждение неправдивых сведений о страховых рисках или даже фальсификацию документов для получения неправомерных выплат [2].

Традиционные методы обнаружения мошенничества

Традиционные системы обнаружения мошенничества обычно основаны на правилах, которые задаются заранее. Эти правила включают в себя совокупность критериев, по которым проводится анализ транзакций и определяются подозрительные действия. Например, если сумма транзакции превышает определенный порог, или если транзакция происходит из страны или региона с высоким уровнем риска, она может быть отмечена как подозрительная и требующая дополнительной проверки [3].

Эти традиционные методы имеют свои ограничения, в том числе ограниченную способность адаптироваться к новым видам мошенничества и высокий уровень ложных срабатываний. Кроме того, они часто требуют постоянного обновления и настройки правил для поддержания актуальности в изменяющейся среде мошенничества.

Применение машинного обучения для обнаружения мошенничества

Внедрение машинного обучения в системы обнаружения мошенничества играет ключевую роль в современном мире безопасности. Процесс применения этих методов включает ряд этапов:

1. Сбор данных: начальным шагом является собирание информации о реальных транзакциях и возможных случаях мошенничества. Это включает в себя сведения о суммах транзакций, временных метках, географическом расположении операций и другие данные, связанные с мошенничеством. Для этого может использоваться интеграция с базами данных банков, системами мониторинга транзакций, сетевыми журналами и другими источниками данных о пользовательской активности.
2. Подготовка данных: данные очищаются от ошибок, дубликатов и аномалий, таких как неправильные суммы транзакций или некорректные временные метки. Данные преобразуются в удобный формат для анализа и обработки моделями машинного обучения. Это может включать в себя нормализацию числовых значений, кодирование категориальных признаков и выделение признаков, имеющих наибольшее значение для обнаружения мошенничества.
3. Выбор модели: на этом этапе происходит выбор наиболее подходящей модели машинного обучения для обнаружения мошенничества. Рассматриваются различные модели, такие как логистическая регрессия, деревья решений,

случайный лес и нейронные сети, с учетом их способности работать с различными типами данных и способности обнаруживать сложные паттерны мошенничества.

4. Обучение модели: выбранная модель обучается на обучающем наборе данных, чтобы выявить паттерны, характерные для мошеннических транзакций.
5. Тестирование и оценка модели: обученная модель тестируется на тестовом наборе данных для оценки ее производительности на новых, ранее не виденных данных. Метрики производительности модели на тестовом наборе данных позволяют оценить ее способность правильно классифицировать мошеннические и нормальные транзакции.
6. Внедрение и мониторинг: после успешного тестирования модель развертывается в производственной среде для реального обнаружения мошенничества. Устанавливаются механизмы мониторинга, которые следят за производительностью модели и обновляют ее при необходимости [4].

Техники и алгоритмы искусственного интеллекта в борьбе с мошенничеством

Искусственный интеллект (ИИ) играет ключевую роль в разработке эффективных методов обнаружения и предотвращения финансовых преступлений. В этом разделе мы рассмотрим основные техники и алгоритмы ИИ, используемые для борьбы с мошенничеством:

1. Машинное обучение: это область искусственного интеллекта, которая изучает методы анализа данных и построения моделей, позволяющих компьютерам извлекать знания и делать прогнозы на основе этих данных. Оно делится на три основных типа: обучение с учителем, без учителя и с подкреплением, каждый из которых имеет свои специфические методы и задачи. Машинное обучение широко применяется в различных областях, включая финансы, медицину, транспорт и многие другие, улучшая процессы анализа данных и принятия решений.
2. Анализ поведения: это процесс изучения и моделирования поведения объектов или систем на основе данных, с целью выявления закономерностей и прогнозирования будущих действий. Включает в себя методы машинного обучения, обработку сигналов и другие алгоритмы для анализа временных рядов и пространственных данных. Применяется в различных областях, включая финансовый мониторинг, прогнозирование клиентских предпочтений и управление рисками.
3. Нейронные сети: это сети искусственных нейронов, организованные в сложные архитектуры, способные обрабатывать большие объемы данных и выявлять сложные паттерны. Они используются в машинном обучении для решения разнообразных задач, включая классификацию, регрессию, обнаружение аномалий и генерацию контента. Нейронные сети могут обучаться как на основе наблюдаемых данных, так и с использованием методов обучения с подкреплением.
4. Кластеризация и классификация: это два основных подхода в машинном обучении. Кластеризация — это процесс группировки объектов на основе их сходства, без учета заранее известных категорий. Классификация, напротив, предполагает разделение объектов на заранее определенные классы или категории на основе характеристик [5].

Преимущества и вызовы использования искусственного интеллекта

Искусственный интеллект обладает рядом преимуществ при борьбе с мошенничеством, включая:

- Автоматизацию процессов обнаружения, что ускоряет реакцию на потенциальные преступления.
- Высокую точность анализа данных, обнаруживающую даже сложные мошеннические схемы.

- Способность адаптироваться к новым видам мошенничества, минимизируя риски [6].

Однако, внедрение искусственного интеллекта сопровождается вызовами:
- Недостаток данных для обучения моделей, что может снизить их эффективность.
- Постоянная адаптация мошенников к новым методам, требующая постоянного обновления систем ИИ.
- Возможность ложных срабатываний, что может привести к потере доверия к системам безопасности [6].

Заключение

В заключение, использование искусственного интеллекта в противодействии мошенничеству является мощным решением, способным улучшить безопасность финансовых транзакций в различных отраслях. Преимущества такого подхода включают высокую эффективность в обнаружении мошеннических действий с высокой точностью и скоростью, а также способность искусственного интеллекта быстро адаптироваться к новым видам мошенничества. Важно, однако, учитывать вызовы, такие как сложность обучения моделей и необходимость постоянного обновления алгоритмов, для успешной реализации данного подхода.

Использованные источники

[1] S. Qaadan and S. Friesike, “Fraud detection using machine learning”, 2023, doi: 10.13140/RG.2.2.12616.29441.
[2] “Искусственный интеллект в борьбе с мошенничеством.” [Online]. Available: https://nauchniestati.ru/spravka/vyyavlenie-moshennichestva-i-iskusstvennyj-intellekt-bankovskie-operaczii-strahovanie-onlajn-platezhi/
[3] Елена Багреева, Лилия Бобылева, “Искусственный интеллект как противодействие мошенничеству в банковской сфере”, 2022. doi 10.52068/2304-9839_2022_57_2_90.
[4] S. Leili, Fraud Detection in Banking Data by Machine Learning Techniques, 2022.
[5] H. I. Erdal and A. Ekinci, “A Comparison of Various Artificial Intelligence Methods in the Prediction of Bank Failures,” Comput. Econ., vol. 42, no. 2, pp. 199–215, Aug. 2013.
[6] R. Achary, C.Shelke, X. Chen, and R. Zhao, “Fraud Detection in Banking Transactions Using Machine Learning”, 2023, doi: 10.1109/IITCEE57236.2023.10091067.

EFICIENȚA ALGORITMILOR DE ALOCARE A RESURSELOR ÎN CLOUD COMPUTING

Ecaterina CIOBANU

Departamentul Inginerie Software și Automatică, grupa academică TI-231M, Facultatea de Calculatoare, Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică, Chișinău, Republica Moldova

Autorul corespondent: Ecaterina CIOBANU, e-mail: ecaterina.ciobanu@isa.utm.md

Rezumat. *În contextul actual, expansiunea de amploare a cloud computing-ului marchează o evoluție semnificativă, amplificând astfel necesitatea unei gestionări eficiente a resurselor, o provocare ce influențează în mod direct performanța, costurile, scalabilitatea, fiabilitatea și sustenabilitatea mediului. Articolul prezent oferă o analiză exhaustivă asupra complexității algoritmilor de asignare a resurselor în cadrul mediilor cloud, făcând legătura în mod direct cu eficiența operațională, fiabilitatea sistemului, costurile și consumul de energie. Se investighează în profunzime algoritmii eficienți, cu scopul principal de a identifica și compara cele mai optime strategii pentru optimizarea distribuției resurselor în cloud computing. Se propune o clasificare a algoritmilor existenți, acoperind abordări euristice, deterministe și stocastice. Fiecare algoritm este supus unei evaluări amănunțite, fiind evidențiate atât punctele lor forte, cât și limitările pe care le posedă. Aceste informații esențiale vizează îmbunătățirea performanței algoritmilor de alocare a resurselor, sporind astfel eficiența, scalabilitatea, fiabilitatea și rentabilitatea serviciilor cloud.*

Cuvinte cheie: *algoritmi euristici, algoritmi deterministici, algoritmi stocastici, scalabilitate, fiabilitate*

Introducere

Computing cloud este un model de serviciu al cărui idee de bază este oferirea la cererea a resurselor computaționale partajate. Cloud computing reprezintă o paradigmă revoluționară de în calculul distribuit pe scară largă. În acest model, resursele de calcul sunt puse la dispoziție clienților externi, la cerere prin intermediul internetului. Printre aceste resurse se numără: spațiul de stocare, platforme și servicii abstractizate, virtualizate și scalabile dinamic. Această abordare permite accesul facil la resursele de calcul, fără a fi necesar pentru client să investească în infrastructura proprie. Aceste tehnici au fost în vogă doar pentru o perioadă și nici una dintre ele nu a fost la fel de influentă ca computing cloud. Odată cu disponibilitate mai mare a internetului și a resurselor informatice, companiile mari au început adaptarea acestui model nou de servicii. Astfel, companiile principale pe piața internetului, au adaptat acest model de business, Amazon cu Amazon Web Services(AWS), Microfost cu Microsoft Azure și Google cu Google Cloud Platform(GCP).

Cloud computing este definit prin câteva caracteristici esențiale, printre care elasticitatea și disponibilitatea. Elasticitatea permite ajustarea dinamică a resurselor în funcție de cerințe, optimizând utilizarea și reducând costurile[1]. Disponibilitatea asigură accesul fără întreruperi semnificative, prin utilizarea de infrastructuri redundante și planuri de backup.

Serviciile de Cloud Computing sunt împărțite în următoarele categorii:

- Infrastructure as a Service (IaaS) - furnizează resurse IT um ar fi serverele, stocarea și rețelele la cerere, clienții având controlul deplin asupra aplicațiilor și sistemelor instalate,
- Platform as a Service (PaaS) - oferă platforme de dezvoltare și implementare a aplicațiilor, utilizatorii pot dezvolta și implementa aplicații pe această platformă fără a fi nevoiți să își gestioneze sau să își configureze infrastructura subiacentă.

- Software as a Service (SaaS) – furnizează aplicații software accesibile prin internet, utilizatorii pot accesa aceste aplicații direct prin intermediul unui browser web, fără a fi nevoie să instaleze sau să gestioneze software-ul pe propriile dispozitive.

Alocarea corectă a resurselor și utilizarea algoritmilor potriviți au un impact direct asupra performanței cloud-ului, eficienței costurilor și asupra eficienței cloud-ului în general. Mediul cloud este foarte dinamic și scalabil ceea ce presupune că trebuie să fie ajustabile la sarcini variabile și cerințe variate in timp real.

Este important să fie corect alocate resursele din următoarele considerente:

- Optimizarea performanței, asigură accesul la resursele necesare, sporind astfel performanța și satisfacția utilizatorilor,
- Scalabilitate, permite serviciilor sa gestioneze eficient sarcinile de vârf și să economisească resurse în perioade mai puțin aglomerate,
- Securitate, asigurară că sarcinile de lucru sunt distribuite în conformitate cu cerințele legale și de reglementare, care pot include considerente de rezidență și protecție a datelor.

Algoritmii utilizați pentru alocarea resurselor

Cele mai frecvente tipuri de algoritmi utilizați:

1. Algoritmii euristici (algoritmii min-min si min-max);
2. Algoritmi deterministici (First come first serve, Round Robin),
3. Algoritmi stocastici (algoritmul genetic, Ant Colony Optimization),

Algoritmii euristici

Euristica presupune o tehnica de rezolvare a problemelor mai rapida decat ar putea propune alte tehnici. Acest tip de algoritmi este atribuit algoritmilor de aproximare si are ca scop găsirea unei soluții particulare rezonabile in timp. În continuare vor fi analizați algoritmii MIN-MIN și MAX-MIN.

Algoritmul MIN-MIN

Acest algoritm începe cu un set (notat cu U) de sarcini nemapate. Se alege un subset M de sarcini cu cel mai mic timp necesar pentru completare, aceste sarcini se alocă unei mașini disponibile și se șterg din U. Se repetă din nou procedura cu alegerea task-urilor cu cel mai puțin timp pentru compilare din setul U și după sunt alocate resurse pentru efectuarea lor. Algoritmul este stopat când mulțimea U devine vidă. Principala problemă a algoritmului este că se acordă prioritate sarcinilor mici, fiind crescut timpul de finalizare pentru sarcinile mai complexe și mari.

Algoritmul MAX-MIN

Acest algoritm de asemenea începe de la un se U de task-uri. Se alege un subset M care conține task-uri cu cel mai mic timp de execuție. Din subsetul obținut se alege task-ul cu cel mai mare timp de utilizare și este alocat la cea mai puternică mașină virtuală disponibilă. Algoritmul continuă până când setul U devine gol. Algoritmul MAX-MIN ajută la îmbunătățirea intervalului de execuție a setului de sarcini, alocând task-urile complexe la cele mai performante mașini virtuale.

Algoritmii deterministici

Algoritmii deterministici sunt algoritmii care pentru aceleași date de intrare produc aceleași date de ieșire de fiecare dată când sunt executați. Astfel asigură predictibilitate și fiabilitate în diferite sarcini de calcul. Acest tip de algoritm este potrivit pentru procesele de sistem unde precizia și stabilitatea sunt primordiale.

First come first Serve(FCFS)

FCFS este un algoritm de planificare și alocare a resurselor unor task-uri sau job-uri. Aceste resurse includ timpul CPU, memoria, lățimea de bandă a rețelei, care sunt de regulă încapsulate în mașina virtuală(VM) utilizată.

FCFS este cel mai simplu algoritm de alocarea a resurselor, se bazează pe o singură regulă: alocă resurse pentru primul proces din coadă și îl lasă să ruleze până la final. Este un algoritm non-preemptiv, ceea ce presupune că poate rula doar un proces la un moment dat, indiferent dacă există o coadă de alte procese cu importanță mai ridicată [2]. Din cauza acestor limitări acest algoritm nu este folosit pe scară largă.

Round Robin

Round robin este un algoritm vechi și destul de simplu și corect de planificare a resurselor. Se definește o mică unitate de timp, numită quantum. Toate procesele rulabile se află într-o coadă circulară. Planificatorul CPU parcurge această coadă, alocând CPU-ul pentru fiecare proces, timp de un quantum. Dacă procesul nu s-a terminat până la sfârșitul quantum-ului, acesta este adăugat la sfârșitul cozii, iar resursele CPU trec la următorul proces. Dacă procesul se sfârșește înainte de a expira timpul din quantum, resursele CPU sunt automat eliberate și trec la următorul proces. În cazul în care apare un proces nou, acesta este adăugat la sfârșitul cozii.

Avantajul acestui algoritm este că un job nu trebuie să aștepte să fie finalizat precedentul. De fiecare dată când unui proces i se acordă resurse, are loc o schimbare de context, ceea ce adaugă timp extra la timpul total de execuție.

Algoritmii stocastici

Optimizarea stocastică urmărește să atingă soluții adecvate la probleme multiple, similare optimizării deterministe. Totuși, diferit de optimizarea deterministă, algoritmii de optimizare stocastică folosesc procese cu factori aleatorii pentru a face acest lucru.

Datorită acestor procese cu factori aleatorii, optimizarea stocastică nu garantează găsirea rezultatului optim pentru o anumită problemă. Dar, există întotdeauna o probabilitate de a găsi rezultatul optim la nivel global [3].

Algoritmul genetic

Algoritmul genetic este un algoritm pentru optimizarea algoritmilor care imită procesele evolutive. În contextul alocării resurselor de cloud computing, algoritmii genetici sunt utilizați pentru a optimiza alocarea resurselor cum ar fi CPU, memorie, stocare și lățime de bandă a rețelei între diferite sarcini sau mașini virtuale (VM) pentru a atinge obiective specifice, cum ar fi minimizarea costurilor, maximizarea performanță sau echilibrarea sarcinii între resurse.

Studiu de caz

Cercetările recente în domeniul programării resurselor în cloud au explorat diverse tehnici de optimizare pentru îmbunătățirea eficienței. Alkayal și colegii au propus un algoritm de optimizare a roiului de particule (PSO) pentru prioritizarea și asignarea sarcinilor pe mașini virtuale în funcție de durată. Mezmaza și echipa sa au utilizat un algoritm genetic hibrid paralel pentru găsirea setului optim de sarcini, cu accent pe eficiența energetică și reducerea timpului de procesare. Mocanu și colaboratorii au introdus un algoritm genetic care utilizează roata ruletei și se concentrează pe minimizarea timpului de execuție, cu o funcție de fitness axată pe utilizare. Geetha și colegii lor au combinat rețele neuronale și algoritmi genetici pentru a gestiona cererile nelimitate într-un sistem paralel și distribuit, cu atenție și la un cloud federat. Zhou și echipa sa au prezentat un algoritm genetic extensibil care integrează căutarea locală bazată pe heuristici și o etapă de creștere pentru a permite indivizilor să evolueze prin rute diferite de creștere. În fine, Ajak și colaboratorii săi au dezvoltat un model de programare bazat pe grafuri aciclice dirijate (DAG) pentru optimizarea timpului total de procesare prin alocarea eficientă a sarcinilor și organizarea secvenței de execuție, folosind tehnici euristice și de aprovizionare a resurselor.

Ant Colony optimization Algorithm

Ant colony algorithm (ACO), inspirat de comportamentul furnicilor, este o tehnică probabilistică pentru rezolvarea problemelor de calcul care poate fi redusă la găsirea de căi bune prin grafice. În contextul cloud computing-ului, ACO poate fi aplicat problemei alocării și programării resurselor. Aceasta implică alocarea resurselor de cloud computing, cum ar fi puterea de calcul și stocarea, pentru diverse sarcini într-un mod eficient pentru a optimiza anumite obiective, cum ar fi minimizarea costurilor, consumului de energie sau timpul de execuție, menținând în același timp un nivel ridicat de performanță a serviciilor.

Ideea de bază constă în faptul că este un nod master, responsabil de distribuirea sarcinilor și a resurselor mașinilor virtuale. Dacă execuția task-ului eșuează el este întors către nodul master, și atribuit unei mașini virtuale mai puternice. Dacă se atestă faptul că o mașină virtuală nu se descurcă cu sarcina atribuită, sau resursele ei sunt la maxim utilizate, atunci nodul master poate aloca resurse adăugătoare pentru a ajuta la execuția lui [4].

Acest algoritm este util în mediile de cloud computing datorită flexibilității, scalabilității și capacității lor de a găsi soluții bune în scenarii complexe și dinamice în care tehnicile tradiționale de optimizare ar putea avea dificultăți. S-a dovedit a fi eficace în îmbunătățirea eficienței și a receptivității serviciilor cloud, contribuind la practici de cloud computing mai sustenabile și mai rentabile.

Analiza comparativă a algoritmilor

În continuare se propune analiza comparativă a acestor algoritmi conform criteriilor: scalabilitate, corectitudine, eficiența costurilor, fiabilitate, practicabilitate, complexitate. Astfel, poate fi observat că fiecare categorie de algoritmi are puncte forte și puncte slabe. Din punct de vedere al scalabilității, algoritmii deterministici sunt mai puțin eficienți. Din punct de vedere al costurilor, algormitmii stocastici sunt scumpi inițial, dar pe termen lung își răscumpără costul, în timp ce algoritmii euristici și deterministici sunt eficienți la acest capitol. La punctul fiabilitate, cel mai fiabil algoritm este cel deterministic, după care urmează cel euristic, care poate fi imprevizibil în unele cazuri, după care cei stocastici, care pot necesita resurse în plus.

Compararea între categoriile de algoritmi este realizată în tabelul 1.

Tabelul 1

	Algoritmii euristici	**Algoritmii deterministici**	**Algoritmii stocastici**
Scalabilitate	destul de bună	restrânsă	destul de bună
Corectitudine	nu este garantată	trebuie programată	variază
Eficiența costurilor	eficient	Poate fi eficient	Inițial scump, dar în termen lung efectiv
Fiabilitate	Variază, în unele scenarii este imprevizibil	Foarte fiabil	Fiabil, dar uneori necesită resurse în plus
Practicabilitate	practic	practic	Practic pentru soluții complexe
Complexitate	Complexitatea variază	complex	complex

Concluzie

În acest articol a fost efectuată o analiză comparativă a algoritmilor, care oferă o perspectivă detaliată asupra modului în care diferitele categorii de algoritmi influențează eficiența și performanța în gestionarea resurselor în mediul cloud computing.

Astfel, abordarea adecvată a algoritmilor de gestionare a resurselor în cloud computing este esențială pentru îmbunătățirea performanței, eficienței și costurilor serviciilor cloud.

Algoritmii euristici oferă o soluție rapidă și aproximativă în rezolvarea problemelor complexe, în timp ce algoritmii deterministici asigură o abordare predictibilă și stabilă. În același timp, algoritmii stocastici aduc o perspectivă probabilistică și pot fi eficienți în gestionarea sarcinilor complexe și variabile.

Prin înțelegerea și utilizarea adecvată a fiecărei categorii de algoritmi, organizațiile pot optimiza utilizarea resurselor și pot îmbunătăți serviciile oferite clienților în mediul cloud. Adaptarea soluțiilor în funcție de nevoile specifice și obiectivele organizației poate contribui la maximizarea eficienței operaționale și a satisfacției clienților în mediul dinamic al cloud computing.

Referință

[1] Mahdi Manavi, Yunpeng Zhang, Guoning Chen, Resource Allocation in Cloud Computing Using Genetic Algorithm and Neural Network Houston, USA, 22 august 2023

[2] Artan Mazrekaj, Dorian Minarolli, Distributed Resource Allocation in Cloud Computing Using Multi-Agent Systems of Telfor Journal, Vol. 9, No. 2, 2017

[3] Karlisa Priandana, Modification of the Ant Colony Optimization Algorithm for Solving Multi-Agent Task Allocation Problem in Agricultural Application of Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology · November 2023

[4] Guilherme Thompson, Stochastic models for resource allocation in large distributed systems of Sciences Mathématiques de Paris Centre, ED 386, 8 Oct 2018

PROTEJAREA IDENTITĂȚILOR, PROTEJAREA CONFIDENȚIALITĂȚII: O EXAMINARE A TEHNICILOR UTILIZATE DE REȚELELE ANONIME

Ion STRONCEA

Departamentul Ingineria Software și Automatică, Student programul masterat, grupa TI-231M, Facultatea Calculatoare Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

Autorul corespondent: Ion STRONCEA, e-mail: ion.stroncea@isa.utm.md

Îndrumătorul/coordonatorul științific **Cristina BODOGA**, asistentă universitară,
Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

Rezumat. *VPN-urile sunt prima etapă în protejarea identității online a utilizatorilor, servind ca un intermediar între client și serviciul accesat. Atunci când atacatorii încearcă să intercepteze traficul, aceștia nu pot face legătura directă între client și serviciu.*
Există două tipuri principale de tehnici pentru protejarea identității: manipularea pachetelor și rutarea pachetelor. Tehnicile de manipulare a pachetelor includ folosirea pachetelor de mărimi egale și segmentarea lor pentru a confunda atacatorii. Sincronizarea pachetelor, de asemenea, întârzie retransmiterea pachetelor pentru a preveni corelarea timpilor de transmitere.
Tehnicile de rutare a pachetelor se bazează pe metode și arhitecturi precum Onion routing, utilizată în rețele precum Tor, și Garlic routing, utilizată în rețeaua I2P. Aceste tehnici criptează și redirecționează datele prin mai multe noduri, protejând astfel identitatea utilizatorilor și împiedicând atacatorii să identifice conexiunea dintre client și serviciu.

Cuvinte cheie. *VPN, identitate, protejare, pachet, Onion routing, Garlic routing, tunel*

Introducere

În prezent tehnicile și protocoalele utilizate în internet oferă o securitate înaltă a conținutului mesajelor transmise. Exemplu este protocolul HTTPS, TLS etc. Dar pe cât de protejat este conținutul mesajului, pe atât de neprotejate sunt datele referitoare a actorilor care participă în comunicare. Acesta înseamnă că oricine captează pachetul, din cauza structurii la nivelul trei, nivelul de rețea al modelului OSI al internetului, acesta poate spune exact și fără greutăți cine sunt membrii comunicării, sursa și destinația. O dată cunoscând adresa IP a persoanei, un atacator poate afla data ca: adresa acestuia, numele persoanei, date confidențiale. Cunoașterea acestor data pun în pericol persoana. Din această cauză protejarea identității este un aspect important în securitatea pe internet.

În această lucrare vor fi studiate tehnicile pentru protejarea identității , utilizate de către rețelele anonime.

VPN

Prima etapă în protejarea identității este utilizarea VPN-urile. Modalitatea prin care VPN-urile protejează identitatea este faptul că servesc ca un punct intermediar între client și serviciul accesat, astfel că la captarea pachetului de către un răufăcător acesta va putea doar înțelege că pachetul merge de la utilizator la VPN server sau de la VPN server la serviciu, dar nu va putea face legătura directă între client și serviciu, Fig. 1.

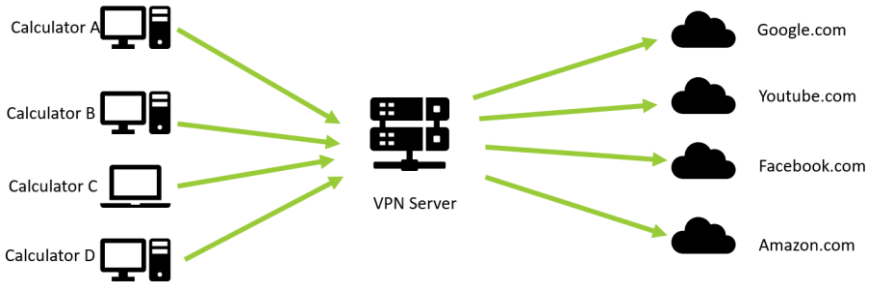


Figura 1. Exemplu de utilizare a VPN-urilor

Tehnici de protejarea anonimității

Restul tehnicilor utilizate vor fi divizate în două grupe: tehnici de manipularea pachetelor și tehnici de rutarea pachetelor.

Tehnicile de manipularea pachetelor reprezintă tehnicile care au ca scop protejarea identității prin manipulări cu mărimile pachetelor și a timpului de retransmitere a acestora.

Aceste tehnici includ:

- Pachete de mărimi egale
- Segmentarea pachetelor
- Retransmiterea sincronă

Problemă pachetelor de mărimi aleatoare

Chiar și utilizând VPN-urile pentru a proteja identitatea, un atacator poate utiliza metode de restabili conexiunea pierdută dintre pachetele de până la intrarea în VPN și cele de la ieșire.

Una din metode este după mărimea pachetelor. Astfel un atacator captând pachetele de până la un VPN și cele la ieșirea din VPN, ordonându-le după mărime pe cele de la intrare și cele de la ieșire poate presupune care din pachetele de până la VPN sunt acele de după VPN, astfel restabilind conexiunea dintre client și serviciul accesat, Fig. 2.

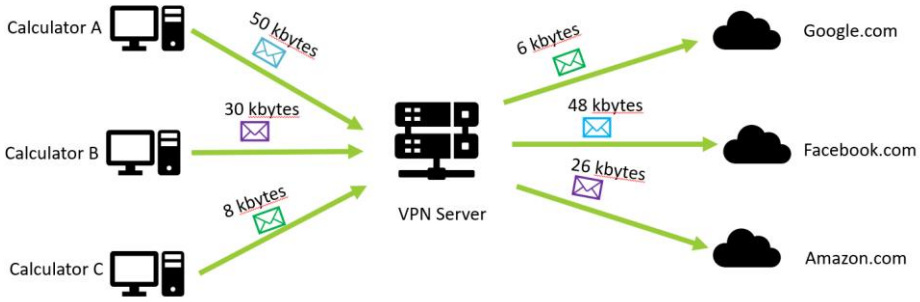


Figura 2. Exemplu de problema pachetelor de mărimi aleatoare

Una din metodele de a combate această problemă este utilizarea pachetelor de mărime exactă. Această metodă presupune că în loc de folosirea pachetelor de mărimilor aleatoare folosirea pachetelor de mărimi prestabilite, egale.

Aceasta poate fi pus ca regulă la nivel de rețea astfel că pachetele de la clienți la VPN server vor trebuie să aibă de la început mărimea necesară, iar pachetele necorespunzătoarea vor fi omise de VPN server.

Altfel această metodă poate fi implementată la nivel doar de VPN server. Astfel clienții transmit pachete de mărimi aleatoare iar serverul le transformă în pachete de mărimi egale mărindu-le pe cele care au fost de mărimi mai mici.

În rezultat un atacator nu va putea recrea conexiunea între client și serviciu accesat bazându-se pe mărimea pachetelor, Fig. 3.

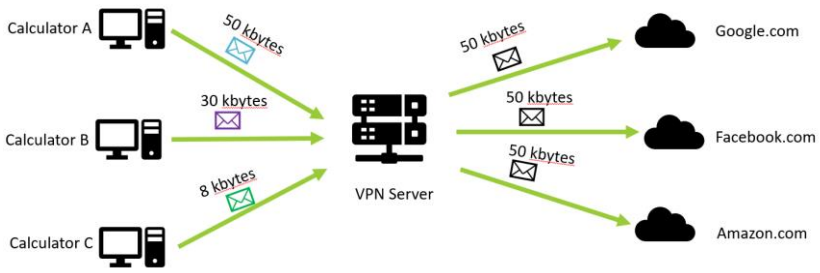


Figura 3. Exemplu utilizare a pachetelor de mărimi egale

Încă o metodă de a combate problema pachetelor de mărimi aleatorii este segmentarea pachetelor. Această metodă presupune că clienții transmit pachetele în mod obișnuit către VPN server, iar acesta le segmentează în pachete mai mici și doar după aceasta le retransmite. În rezultat un atacator obține la ieșire mai mute pachetele de mărimi mai mici decât cele de la intrare, ceea ce îi îngreunează procesul de restabilire a conexiunii, Fig. 4.

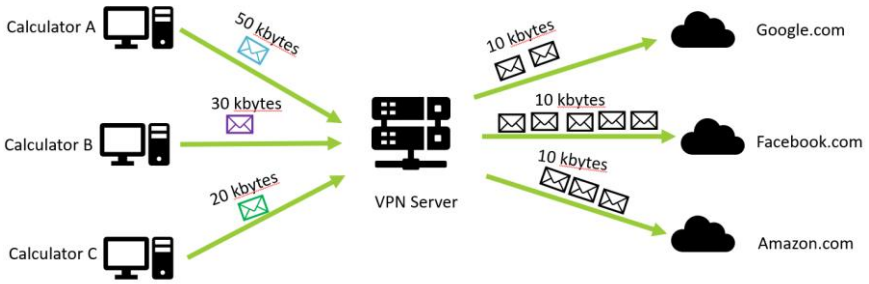


Figura 4. Exemplu de utilizare a segmentării pachetelor

Sincronizarea pachetelor

O altă metodă prin care un atacator poate restabili conexiunea dintre client și serviciu este prin timpul de retransmisiunea a pachetelor de către serverul VPN.

În mod normal un VPN server este orientat să retransmită pachetele cât mai rapid posibil, fapt de care se pot folosi atacatorii. Un atacator poate capta pachetele de la intrare și ieșire pe o perioadă de timp, apoi să le sorteze după timpul când acestea au fost captate și datorită faptului că într-un VPN server primul pachet recepționat va fi și primul retransmis, să restabilească conexiunea dintre client și server, Fig. 5.

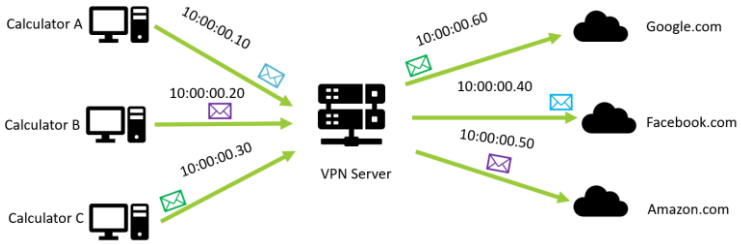


Figura 5. Exemplu problemei a retransmiterii pachetelor în mod asincron

Pentru a proteja față de un astfel de atac este utilizată metoda de sincronizare a pachetelor. Astfel VPN serverul recepționează pachetele, le prelucrează dar nu le transmite mai departe deodată. Acesta așteaptă o perioadă, fie după numărul de pachete, fie după o durată de timp prestabilită, și după le transmite pe toate odată. Astfel un atacator la ieșire obține simultan multe pachete și nu poate restabili conexiunea bazându-se pe timpul pachetelor, Fig. 6.

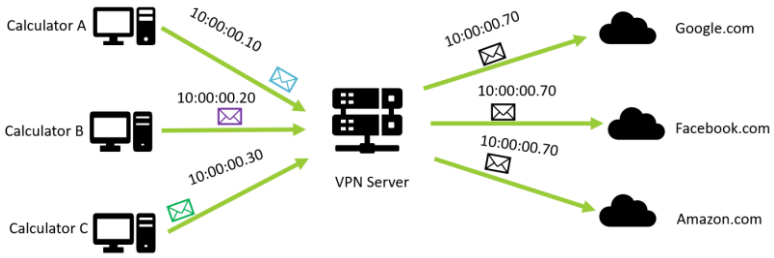


Figura 6. Exemplu a retransmiterii pachetelor în mod sincron

Tehnici de rutarea pachetelor

Tehnicile de rutarea pachetelor sunt tehnicile de protejarea identității care utilizează la bază diferite metode și arhitecturi ce țin de rutarea pachetelor, în loc de manipulări asupra acestora. Se vor analiza tehnicile utilizate de rețelele anonimi existente ca TOR și I2P.

Onion routing

Onion routing (sau rutarea în straturi de tip ceapă) este o tehnică de anonimizare a traficului de date utilizată în rețele precum Tor (The Onion Router). Această metodă este concepută pentru a ascunde identitatea expeditorului și a destinatarului mesajelor, precum și conținutul lor, prin criptarea și redirecționarea datelor printr-o serie de noduri intermediare [1].

Onion routing – Rețea

Utilizarea VPN-urilor ca metodă de protejarea a identității fiind una din cele mai simple și efective a adus la ideea de utilizarea nu a unui server VPN, ci a mai multor, unuia după altuia. Astfel în rețeaua Onion avem o rețea creată doar din noduri care lucrează în esență fiecare ca un VPN server.

Astfel un tunel dintre client și serviciul accesat constă din minim trei noduri. Nodul de intrare reprezintă nodul prin care pachetele clientului intră în rețeaua Onion. Nodurile intermediare sunt nodurile prin care pachetele circulă în interiorul rețelei. Este necesar de minim un nod intermediar. Nodul de ieșire este nodul în care pachetele ies din rețeaua Onion și pleacă la serviciu. În rețeaua Onion același tunel este utilizat atât pentru cerere atât și pentru răspuns [1], Fig. 7.

Toate aceste măsuri fac ca un atacator poate spune doar că clientul a trimis pachete în rețeaua Onion și că careva pachete au venit la serviciu din rețeaua Onion, dar fac extraordinar de greu găsirea drumului în interiorul rețelei, din această cauză atacatorul nu poate restabili conexiunea dintre client și serviciu și astfel rămâne protejată identitatea utilizatorului [1], Fig. 8.

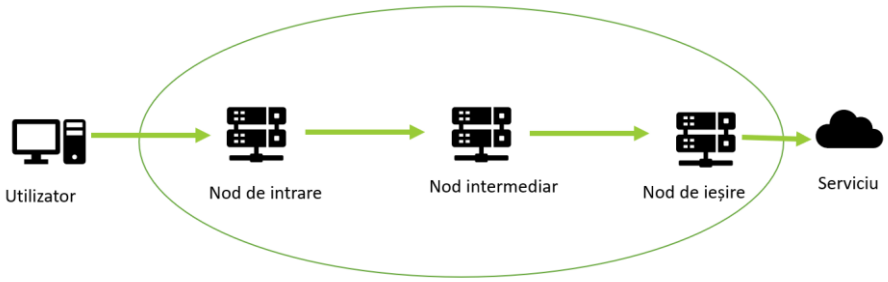


Figura 7. Schiță a tunelului în rețeaua Onion

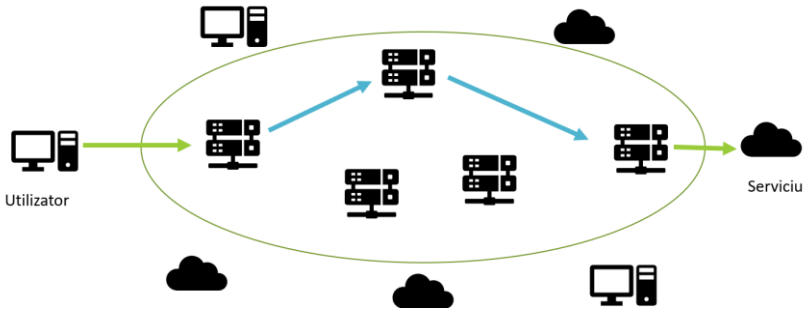


Figura 8. Schiță a rețelei Onion și drumului imposibil de recunoscut din exterior

Onion routing – criptarea pe straturi

Principala metodă care protejează identitatea în rețeaua Onion, chiar și dacă unele noduri sunt conpromise, este criptarea pe straturi, criptarea ceapă. Ea constă că pachetul inițial este criptat de mai multe ori cu cheile publice a nodurilor prin care se preconizează să treacă pachetul, de la sfârșit spre început. Când pachetul ajunge la nod, acesta îl decriptează, și cunoaște doar unde trebuie să retransmită pachetul și de unde a venit însă nu tot drumul. Acest fapt protejează identitatea chiar și prin coruperea cărorva din noduri. Din cauza că niciun nod nu știe tot drumul, atacatorii nu pot restabili conexiunea dintre client și server.

Garlic routing

"Garlic routing" este o metodă de anonimizare a traficului de date și de îmbunătățire a securității în rețea, specifică rețelei de anonimizare I2P (Invisible Internet Project).

Garlic routing – tunele separate

În rutarea Garlic, creatorii au creat că fiecare client are nevoie de minim două tunele pentru comunicare, unul de intrare, altul de ieșire (Fig. 9) [2]. Astfel pentru ca două calculatoare să comunice, este nevoie de patru tuneluri, câte două pentru fiecare calculator. Două de intrare și două de ieșire [3].

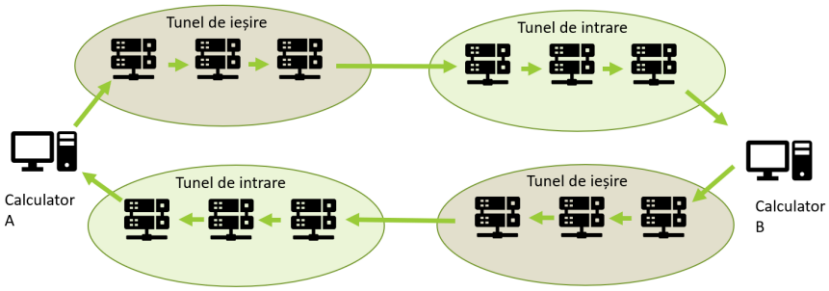


Figura 9. Exemplu de comunicare între două calculatoare în garlic routing

Garlic routing – gruparea pachetelor

Principala metodă a rutării Garlic este gruparea pachetelor pentru transmitea în interiorul unui tunel.

Un tunel constă din 3 tipuri de noduri, poartă, participant și punct final [3].

Poarta captează pachetele un timp anumit, le unește într-un pachet mare, le criptează împreună exact ca și în rutarea Onion și le transmite prin tunel.

Participantul are drept scop simpla retransmitere a pachetelor mai departe prin tunel. Ele pot mai multe la număr în interiorul tunelului, dar minim unul.

Punctul final decriptează pachetul mare, le decuplează și după retransmite fiecare pachet separat.

Denumirea de Garlic – usturoi, provine însăși de la gruparea pachetelor – cățeilor – clove într-un usturoi mare – bulb, Fig. 10.

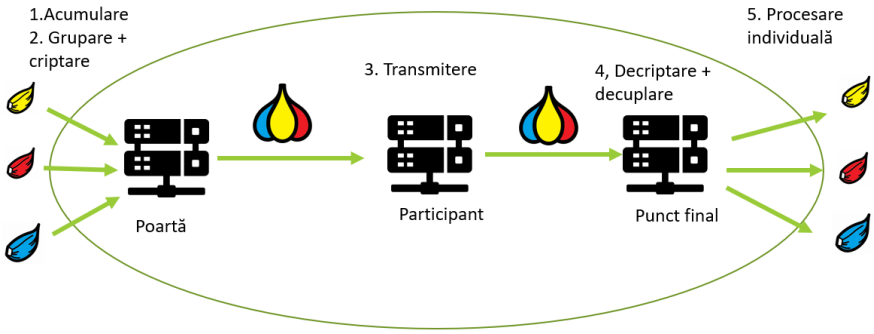


Figura 10. Procesul de transmitere a datelor în tunelul I2P

Concluzii

Tehnicile și protocoalele actuale utilizate pe internet oferă un nivel înalt de securitate pentru conținutul mesajelor transmise, însă, în ceea ce privește datele referitoare la identitatea actorilor implicați în comunicare, acestea pot fi expuse riscurilor. Este esențial să se pună un accent pe protejarea identității în comunicarea online pentru a preveni potențialele atacuri cibernetice care ar putea pune în pericol datele confidențiale ale utilizatorilor.

Utilizarea VPN-urilor este o etapă inițială eficientă pentru protejarea identității, deoarece servește ca un punct intermediar între client și serviciul accesat, ascunzând astfel legătura directă între aceștia. Totuși, pentru a combate riscurile asociate cu pachetele de mărimi aleatorii și timpii de retransmisie, trebuie implementate tehnici de manipulare și rutare a pachetelor.

Metode precum pachetele de mărimi egale, segmentarea pachetelor și sincronizarea pachetelor ajută la contracararea reconstrucției conexiunilor între client și serviciu. În ceea ce privește tehnicile de rutare a pachetelor, soluțiile de rețele anonime precum TOR și I2P, care utilizează tehnici precum Onion Routing și Garlic Routing, oferă mecanisme avansate pentru anonimizarea și protejarea identității utilizatorilor.

Astfel, pentru a obține o protecție adecvată a identității în mediul online, este crucial să se combine tehnici multiple de manipulare și rutare a pachetelor, însoțite de utilizarea rețelelor anonime. Aceasta oferă utilizatorilor un nivel mai mare de siguranță și confidențialitate în timpul comunicării pe internet, asigurându-se că datele lor sunt mai bine protejate împotriva atacatorilor și a altor amenințări cibernetice.

Referințe

[1] „Onion Routing” [Online] Available: https://www.geeksforgeeks.org/onion-routing/
[2] „Tunnel Operation (Message Processing)" Terminology” [Online] Available: https://geti2p.net/en/docs/tunnels/implementation
[3] [„Garlic Routing and "Garlic" Terminology” [Online] Available: https://geti2p.net/en/docs/how/garlic-routing
[4] „"Garlic" Methods in I2P” [Online] Available: https://geti2p.net/en/docs/how/garlic-routing

SISTEM DE CREARE A CIRCUITELOR IMPRIMATEPRIN TEHNOLOGIA LASER

Oleg OVCEARENCO

Departamentul Ingineria Software și Automatică, grupa AI-211, Facultatea de Calculatoare, Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

Autor-corespondent: Oleg Ovcearenco, oleg.ovcearenco@isa.utm.md

Coordonatorul științific **Dumitru MORARU**, lect. univ., mag.,
Departamentul Ingineria Software și Automatică

Rezumat. *Lucrarea reprezintă procesul de elaborare a circuitelor imprimate prin utilizarea tehnologiei laser, și anume, cu ajutorul unui dispozitiv cu coordonate numerice la care este instalat, în calitate de unealtă, modul laser, se creează, prin ardere, desenul circuitului imprimat pe o placă de textolit acoperită cu un strat subțire de cupru. Procedura de creare a circuitelor imprimate este un prim pas în studierea utilizării laserului în diferite procese din natură, ca de exemplu aplicarea laserului mai poate fi utilizată la procese biotehnologice, în agricultură, medicină etc, procese care pe viitor vor fi studiate. Totodată tehnologia aplicată v-a permite studenților să obțină rapid un rezultat pozitiv în elaborarea circuitelor imprimate pentru diferite lucrări de laborator sau proiecte de curs.*

Cuvinte cheie: *sistem de coordonate, diodă laser, circuit imprimat, motor pas cu pas, microcontroler.*

Introducere

Fiecare inginer a încercat măcar o dată să fabrice un circuit imprimat, iar în condițiile casnice acest proces poate fi destul de complicat și pentru unii poate părea chiar imposibil. Acest articol este axat pe studierea procesului de fabricare a circuitelor imprimate cu ajutorul echipamentului de gravare cu laser.

Cel mai răspândit mod de fabricare a unui circuit imprimat în condiții casnice este metoda cu utilizarea imprimantei laser și a unui fier de călcat. Această metodă implică proiectarea modelului circuitului în format electronic și imprimarea acestuia, în oglindă, pe hârtie laminată, ca mai apoi să fie transferat, cu ajutorul fierului de călcat, pe foaia de textolit laminat cu cupru. La temperatură ridicată (aproximativ 200 °C), tonerul de pe hârtia laminată se transferă pe foaia de textolit. În urma procesului termic a ansamblului foaie de textolit – hârtie laminată, este necesar de înlăturat numai hârtia de pe foaia de textolit și apoi de trecut plăcuța printr-un proces de corodare cu substanțe chimice ($FeCl_3$). În final pe foaia de textolit rămâne numai desen imprimat.

În timpul procesului descris mai sus pot apărea o serie de imperfecțiuni sau chiar defecte mai grave, ceea ce duce la repetarea procedurii de mai multe ori. Ca rezultat duce la cheltuieli neprevăzute mai mari.

În lucrare se prezintă procesul de elaborare a circuitelor imprimate prin utilizarea unui gravor laser, care funcționează pe principiul strungurilor cu coordonate numerice. În calitate de unealtă strungul are un modul laser, care, prin ardere, creează desenul circuitului imprimat pe o placă de textolit laminată cu un strat subțire de cupru.

Procedura de creare a circuitelor imprimate este un prim pas în studierea utilizării laserului în diferite procese din natură, ca de exemplu aplicarea laserului mai poate fi utilizată la procese biotehnologice, în agricultură, medicină etc, procese care pe viitor vor fi studiate.

1 Descrierea echipamentului utilizat în studiu

Pentru a simplifica procesul de fabricare a circuitelor imprimate, se propune de utilizat un strung cu coordonate numerice cu tehnologie laser. În figura 1 este reprezentat aspectul exterior al strungului menționat, în care sunt următoarele notații: 1 este blocul de conducere, 2 – sursa de alimentare de, 3 – șină pentru rulmenți liniari, 4 – modul laser 5 – canal pentru aer 6 – motor pas cu pas

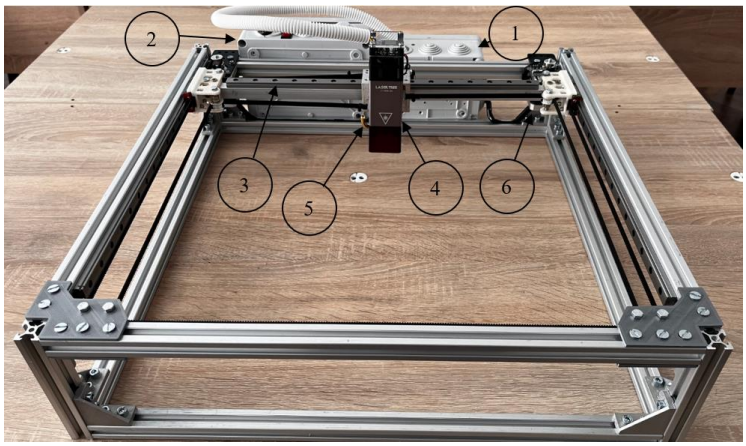


Figura 1. Strungul pentru fabricarea circuitelor imprimate print tehnologie laser

În tabelul 1 sunt prezentați parametrii tehnici a echipamentului cu gravare laser.

Tabelul 1

Parametrii tehnici a echipamentului cu gravare laser

Nume parametru, (unitățile de măsură)	**Valoarea**
Tensiunea de alimentare (V c.a.)	220
Dimensiunile carcasei (mm)	500x500
Puterea laserului (W)	40
Tipul comenzii	numerică
Dimensiuni zonei de lucru (mm)	400x400
Dimensiunea fascicolului (mm)	0,08
Deplasarea minimă pe axele x, y (mm)	0,05

Modelul plăcii de comandă a strungului este LS ESP32 PRO V2.1 la baza căreia se află un microcontroler EP32 cu două nuclee pe 32 de biți, frecvența de lucru este de 240 MHz asigurând performanțe ridicate. Pentru comanda motoarelor strungului se folosesc module driver TMC2209 care asigură un regim de funcționare a lor cu nivel de zgomot redus. Viteza maximă de deplasare la 3000 mm/min. Placa de comandă are un mecanism de protecție încorporat, prevenind expunerea de durată a laserului în același punct.

În tabelul 2 sunt prezentate parametrii tehnice a plăcii de conducere a echipamentului.

Tabelul 2

Parametrii plăcii de conducere a echipamentului cu gravare laser

Nume parametru, (unitățile de măsură)	**Valoarea**
Tensiunea de alimentare (V c.c.)	12V
Curent maximal driverului (A)	1,5
Puterea maximală (W)	50
Viteza de gravare maximă (mm/min)	30000
Deplasarea minimă pe axele x, y (mm)	0,05

În figura 2 este reprezentat aspectul plăcii de comandă a strungului de fabricare a circuitelor imprimate.

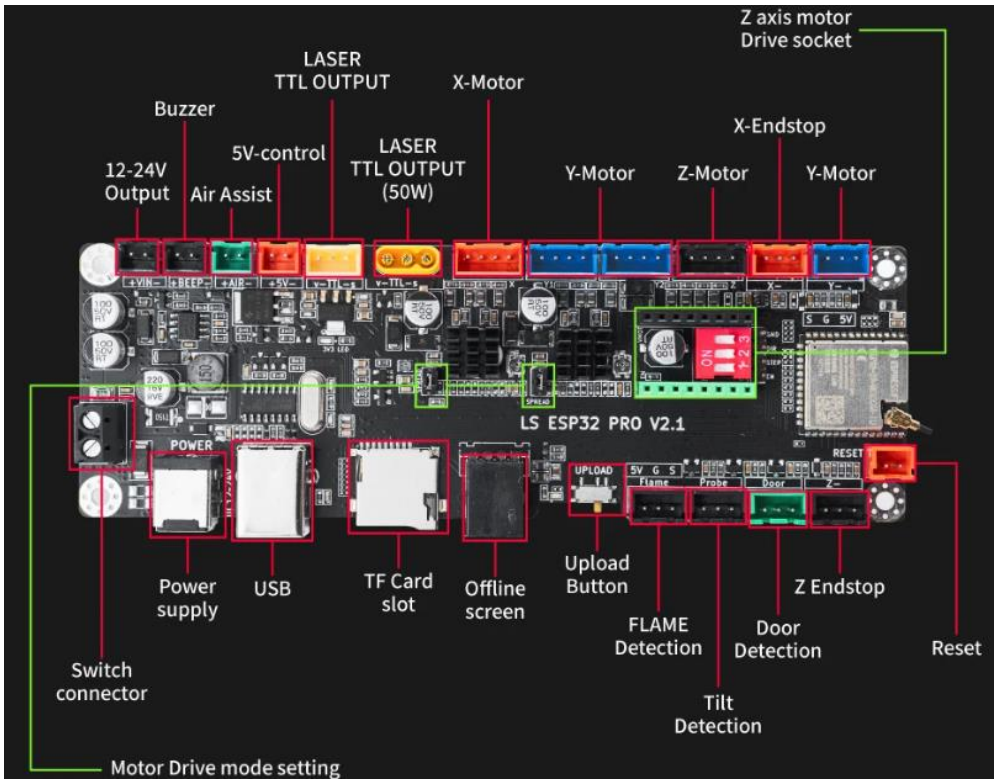


Figura 2. Placa de comandă a strungului

2 Descrierea procesului de elaborare unui circuit imprimat

Procesul de elaborare a unui circuit imprimat cu ajutorul unui strung cu tehnologie laser începe cu elaborarea designului circuitului într-o aplicație specializată pentru proiectare de circuite imprimate (PCB). Inginerul proiectant utilizează software-ul (Altium Designer, Eagle PCB, KiCad etc) pentru a crea schematică circuitului, plasând componente electronice și conectându-le cu fire într-un mod logic și eficient. După finalizarea designului, circuitul este exportat într-un format vector, care păstrează informațiile despre poziția și forma componentelor pe placa de circuit.

Următorul pas implică convertirea fișierului vector într-un format G-code, care conține instrucțiuni specifice pentru mașina de gravat cu laser. Aceste instrucțiuni dictează mișcările precise ale laserului pentru a gravura traseele conductorului și alte elemente ale circuitului pe o placă de textolit. Înainte de a începe gravarea, placa de textolit trebuie pregătită prin degresare și acoperirea cu un strat întunecat pentru a asigura o absorbție optimă a razei laser.

Odată ce placa de textolit este pregătită, este plasată și fixată cu grijă în gravorul cu laser. Este esențial să fie aliniată corect pentru a evita erorile în gravare. În timpul procesului de gravare, laserul elimină stratul întunecat de pe placa de textolit, creând traseele conductorului și alte elemente ale circuitului conform specificațiilor din fișierul G-code.

După finalizarea gravării, placa de textolit este curățată pentru a îndepărta reziduurile rezultate din procesul de gravare. Această etapă este crucială pentru a asigura o calitate ridicată a circuitului imprimat și pentru a evita eventualele scurtcircuite sau probleme de funcționare.

Odată ce placa de circuit este curățată, aceasta este pregătită pentru montarea componentelor. Componentele electronice sunt plasate și lipite pe placa de circuit conform schematicii, iar apoi sunt sudate pentru a asigura conexiuni stabile. Astfel, prin aceste etape integrate de proiectare și producție, este realizat un circuit imprimat funcțional, fabricat cu ajutorul tehnologiei laser.

Concluzii

Utilizarea unui strung cu tehnologie laser pentru elaborarea circuitului imprimat oferă numeroase avantaje care îl fac o opțiune atrăgătoare și eficientă în producția de circuite imprimate.

În primul rând, precizia este unul dintre cele mai importante avantaje ale utilizării unui laser pentru gravarea circuitelor imprimate. Capacitatea laserului de a grava cu o precizie extrem de mare permite crearea de circuite complexe, cu detalii fine, fără compromisuri asupra calității sau a funcționalității acestora.

Flexibilitatea este, de asemenea, un factor cheie în favoarea tehnologiei laser. Laserul poate lucra cu o varietate de materiale utilizate în fabricarea circuitelor imprimate, inclusiv textolit, plastic și metal, oferind astfel un grad ridicat de adaptabilitate la diferite cerințe de proiectare și aplicații.

Viteza este un alt beneficiu semnificativ al utilizării laserului pentru elaborarea circuitelor imprimate. Procesul de gravare cu laser este rapid și eficient, permițând producția de circuite într-un timp scurt, ceea ce este esențial în cazul prototipurilor sau al producției la scară mică.

În plus, costurile reduse reprezintă un avantaj major al acestei tehnologii. Echipamentele de gravare cu laser sunt relativ accesibile, ceea ce face ca această metodă să fie o opțiune rentabilă pentru producția la scară mică sau medie, sau pentru prototipare.

În concluzie, utilizarea unui strung cu tehnologie laser pentru elaborarea circuitului imprimat este o metodă modernă și eficientă de producție a circuitelor imprimate de înaltă calitate. Această tehnologie este potrivită atât pentru producția în serie mică, cât și pentru prototipare, oferind un echilibru optim între precizie, flexibilitate, viteză și costuri reduse.

Bibliografie

[1] *Make Circuit Boards with Lasers*, Make Circuit Boards with Lasers © 2024 [citat 21.03.2024]. Disponibil: https://www.instructables.com/Make-Circuit-Boards-With-Lasers/

[2] *Electrical Engineering about PCB - PCBWay*, Electrical Engineering about PCB - PCBWay © 2024 [citat 05.03.2024]. Disponibil: https://www.pcbway.com/project/question/

[3] Азбука электроники. Электронные устройства своими руками, Ю. Ревич © 2024 [citat 29.03.2024].

[4] Printed Circuit Boards: Design, Fabrication, Assembly and Testing, R. S. Khandpur © 2024 [citat 15.03.2024]

[5] *Laser prototyping of printed circuit boards*, M. Nowak, A. J. Antonczak, P. E. Koziol, K. M. Abramski © 2024 [citat 24.03.2024]. Disponibil: https://www.researchgate.net/publication/257909102_Laser_prototyping_of_printed_circuit_boards

INFLUENȚA RADIAȚIEI SPAȚIALE ASUPRA SENZORILOR AGRICOLI

Adriana URSU

Departamentul Informatică și Ingineria Sistemelor, Facultatea Calculatoare Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Moldova

Autorul corespondent: Adriana URSU, e-mail: ursu.adriana@iis.utm.md

Coordonatorul științific **Nicolae SECRIERU**, Conf. univ., dr.

Rezumat. *În era tehnologiei avansate și a schimbărilor climatice, studiul impactului radiației spațiale capătă o importanță crescândă în agricultură. Pe măsură ce dependența de tehnologii moderne și de datele senzorilor crește, înțelegerea efectelor radiației devine vitală pentru securitatea alimentară și optimizarea producției. Radiația spațială include diverse particule și unde, ale căror efecte asupra senzorilor agricoli necesită studii detaliate pentru evaluarea impactului pe termen lung.*
Senzorii agricoli, esențiali în monitorizarea condițiilor ambientale, sunt direct influențați de radiație, afectând astfel precizia măsurătorilor. Analiza cum radiația spațială afectează senzorii de lumină, umiditate și vânt este importantă pentru a înțelege limitările tehnologiei actuale și pentru a îmbunătăți fiabilitatea datelor. Studiul evidențiază importanța adaptării agriculturii la condițiile spațiale, cu implicații majore pentru dezvoltarea durabilă a sectorului agricol și orientarea viitoarelor cercetări în acest domeniu.

Cuvinte cheie: *radiație spațială, senzori agricoli, lumină, umiditate, vânt, temperatură.*

Introducere

Inovarea tehnologică, inclusiv utilizarea senzorilor IoT și a dronelor, revoluționează agricultura de înaltă precizie, permițând fermierilor să monitorizeze și să optimizeze condițiile de creștere a culturilor cu o acuratețe fără precedent [1]. Senzorii agricoli avansează monitorizarea solului în timp real, permițând evaluări detaliate ale pH-ului, umidității, temperaturii și a altor variabile critice pentru sănătatea plantelor [2].

Având în vedere că fermierii se bazează tot mai mult pe date precise furnizate de senzori pentru a lua decizii informate privind gestionarea culturilor și resurselor, este esențial să înțelegem cum variațiile radiației spațiale pot afecta fiabilitatea datelor colectate.

Prin analiza datelor cercetarea oferă o perspectivă cuprinzătoare asupra modului în care radiația spațială poate influența implementarea tehnologiilor avansate în agricultură, evidențiind provocările și oportunitățile asociate cu adaptarea la aceste condiții. În concluzie, identificarea și înțelegerea influenței radiației spațiale asupra senzorilor agricoli sunt esențiale pentru dezvoltarea unor strategii eficiente pentru asigurarea unei agriculturi de precizie.

Radiația spațială

Radiația spațială este compusă din particule și unde electromagnetice care provin din spațiul cosmic și pot influența mediul din jurul Pământului și alte corpuri cerești. Această radiație provine dintr-o varietate de surse, inclusiv radiația solară și radiația cosmică reprezentată în *Figura 1*.

Radiația poate cauza erori de măsurare, deteriorarea componentelor electronice, interferențe electromagnetice și pierderea sau coruperea datelor în senzorii agricoli, influențând astfel precizia, performanța și fiabilitatea acestora.

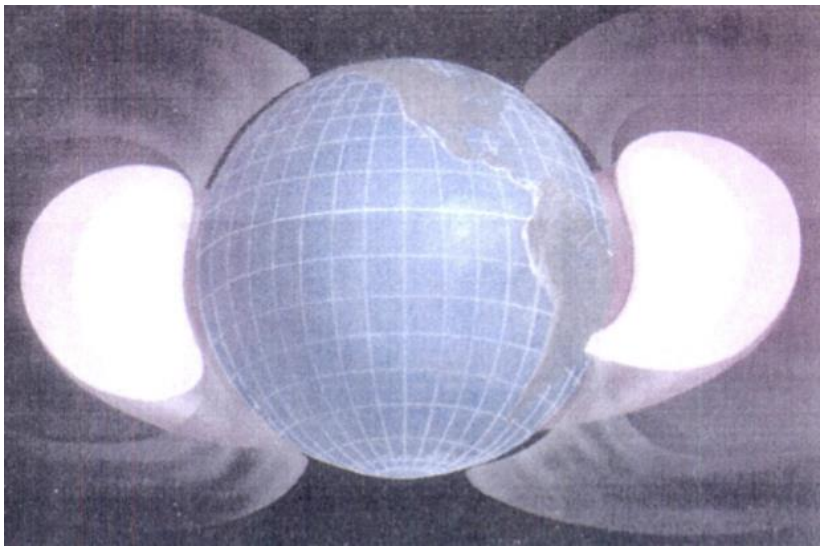


Figura 1. Reprezentarea radiației din jurul pământului [3]

Figura 2 prezintă o diagramă a mediului radiației și efectele sale asupra sistemelor electronice. Fluxul este de la mediul radiației (sus) la interacțiunile care au loc (mijloc) la efectele pe care aceste interacțiuni le duc la capăt (jos).

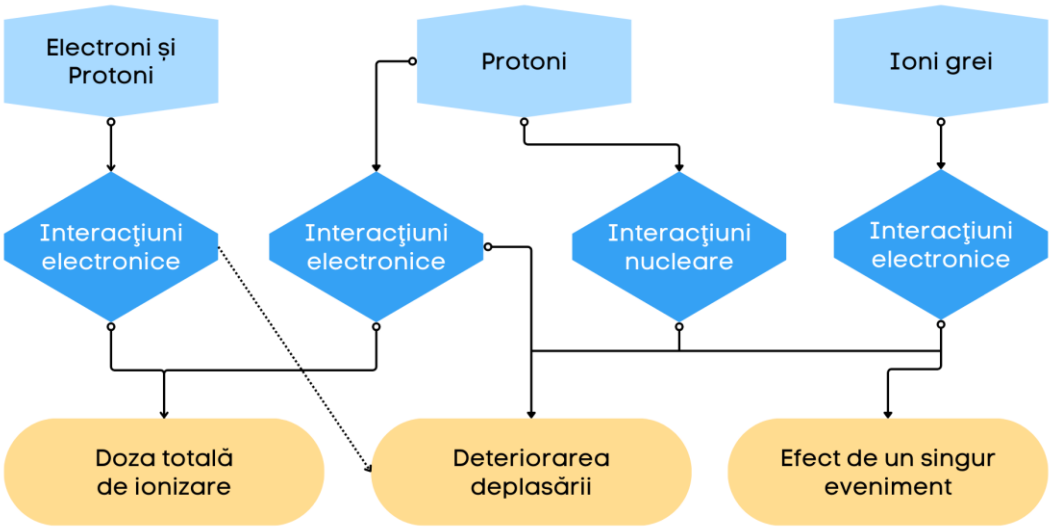


Figura 2. Diagrama efectelor radiației asupra sistemelor electronice

Secțiunea de mijloc a *Figurii 2* arată două interacțiuni. Deși sunt arătate patru cutii, electronică și nucleară sunt singurele interacțiuni. În interacțiunile electronice, radiația incidentă interacționează cu încărcătura înconjurătoare a atomului (adică electronii).

Efectul acestui tip de interacțiune este de a transfera energie de la radiație la atom. Energia nou dobândită ridică starea de energie a atomului la un nivel mai înalt și provoacă excitarea sau ionizarea electronilor din interiorul atomului. Pentru materialele electronice, un număr crescut de electroni (și ion pozitiv asociat) devin disponibili pentru conducție sau alte efecte în cadrul structurii cristaline a semiconductorului.

Prin urmare, pe lângă legătura cu efectele evenimentelor unice care depind de încărcătura tranzitorie generată, se face o legătură directă între interacțiunile electronice ale ionilor grei și cutia deteriorării deplasării [3].

Efectele radiației asupra senzorilor

Influența radiației asupra senzorilor agricoli se referă la impactul pe care radiația, fie ea de origine solară sau cosmică, îl are asupra performanței, preciziei și fiabilității senzorilor folosiți în agricultură.

Radiația poate afecta funcționarea senzorilor agricoli prin:

- Erori de măsurare;
- Deteriorarea componentelor electronice;
- Interferențe electromagnetice;
- Redresarea sau pierderea datelor.

Metode de evaluare a influenței radiației spațiale

Există mai multe metode utilizate pentru evaluarea influenței radiației spațiale asupra diferitelor sisteme și tehnologii, inclusiv asupra senzorilor agricoli.

- *Experimente de laborator,* aceste simulări pot implica utilizarea de surse radioactive sau acceleratoare de particule pentru a reproduce efectele radiației.
- *Studii în teren,* o perspectivă reală asupra influenței radiației spațiale asupra senzorilor agricoli în condiții naturale și pot evidenția modul în care aceștia se comportă în medii reale.
- *Monitorizare în timp real,* pot include sisteme de telemetrie și senzori specializați care pot înregistra și transmite datele în timp real către cercetători pentru analiză.
- *Modelare și simulare,* sunt folosite pentru a anticipa comportamentul senzorilor în diferite condiții de expunere la radiație și pot oferi informații utile pentru dezvoltarea și testarea de noi tehnologii sau strategii de protecție.

Aceste metode de evaluare oferă instrumentele necesare pentru a înțelege mai bine influența radiației spațiale asupra senzorilor agricoli și pentru a dezvolta strategii eficiente de protejare și gestionare a acestor influențe.

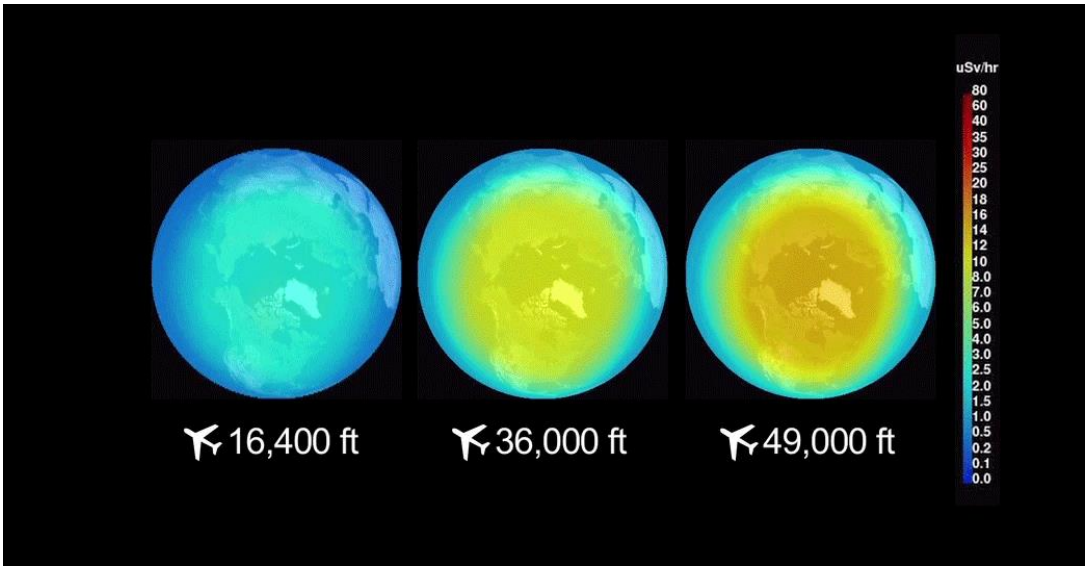


Figura 3. Diagrama efectelor radiației asupra sistemelor electronice [4]

Experimentul NASA cu dozimetria radiației, cunoscut sub numele de RaD-X, a efectuat studii pentru a măsura radiația cosmică la diverse altitudini în atmosfera noastră. Această cercetare este semnificativă pentru îmbunătățirea monitorizării în timp real a radiației pentru industria aviației, deoarece atât echipajul cât și pasagerii pot fi expuși la niveluri mai ridicate de radiație în timpul zborului.

Experimentul RaD-X a folosit un balon umplut cu heliu pentru a transporta instrumente în stratosferă, măsurând radiația cosmică provenind de la soare și spațiul interstelar. Astfel de

măsurători sunt vitale deoarece oferă date despre expunerea la particule de înaltă energie, cunoscute sub numele de raze cosmice, care pot influența atât oamenii cât și echipamentele electronice. În *Figura 3* sunt reprezentate rezultatele pentru 3 altitudini: 6,400 feet - cu 4.99 km, 36,000 feet - cu 10.97 km și 49,000 feet -14.94 km.

Un alt test efectuat de NASA, TID evaluează efectele pe termen lung ale radiației asupra dispozitivelor electronice, cauzate în principal de electroni și protoni. Aceste teste sunt importante pentru misiunile spațiale și pentru electronica utilizată în astfel de medii, unde particulele solare energice și anomalii magnetosferice, cum ar fi Anomalia Atlanticului de Sud, pot cauza daune cumulative.

Tabelul 1.

Exemplu de testare electrică dintr-un test de calificare TID.

#	Electrical Parameters	Spec Limit			Initial	TDE	TDE	Anneal	TDE	Anneal
		Units	Min	Max		1 krad	2 krad	24h / 28°C	3 krad	24h / 28°C
1	Icc_ttl	mA	0	2	0,8	2.9	7,6	7,0	6,2	6,4
2	Icch_cmos	mA	0	0,4	0,2	3,1	5,7	4,5	5,7	5,9
3	Iih_CLK	μA	- 1	1	- 0,3	0	0	- 0,3	- 0,1	- 0,2
4	Iil_CLK	μA	- 1	1	- 0,2	- 0,2	- 0,1	- 0,1	- 0,2	- 0,2
5	Iih_CLR	μA	- 1	1	0,1	0	- 0,1	- 0,2	- 0,1	- 0,2
6	IiI_CLR	μA	- 1	1	- 0,4	- 0,4	- 0,3	- 0,2	- 0,2	- 0,2
7	PSSR_A	%	- 0,001	0,001	0	0	- 0,002	- 0,001	- 0,003	- 0,003
8	GSFE_A	lsb	- 0,5	0,5	0	0	0	0	0	0
9	TE_A	lsb	- 0,5	0,5	0,1	0,2	0	- 0,3	- 0,2	- 0,2
10	DNL_A	lsb	- 1	1	0,2	0,1	0,5	0,2	0,5	0,5

Pentru a determina fiabilitatea unei piese în acest mediu radiații, este necesar un set detaliat de date de test.

Tabelul 1 arată date tipice de la un test TID: parametrii piesei, specificațiile din fișa tehnică și efectele asupra acestor parametri ca funcție de expunerea la doza totală (TDE) și etapele de anelare. Cuvântul anelare, aici, este un termen impropriu. Nu se implică nicio îmbunătățire; este pur și simplu un tratament de temperatură pe o durată fără influența mediului radiației.

Datele prezentate în *Tabelul 1* sunt pentru o singură piesă și arată doar 10 parametri electrici și rezultatele lor. De fapt, această piesă a avut 53 de parametri testați pentru fiecare dintre condițiile menționate [3].

Funcționarea senzorilor agricoli în zonele cu nivel ridicat de radiație

Senzorii au un rol important în optimizarea proceselor agricole prin monitorizarea condițiilor de sol și de mediu, chiar și în zone cu radiații spațiale mai ridicate.

- Monitorizarea umidității solului și nevoile de irigare pentru a reduce consumul de apă.
- Detecta nivelurile nutrienților și a contaminanților pentru a ghida fertilizarea precisă și a minimiza utilizarea îngrășămintelor.
- Supraveghea condițiile climatice pentru a optimiza perioadele de plantare și recoltare.
- Evidenția variații ale parametrilor de creștere, oferind date pentru a îmbunătăți practicile de cultivare.
- În zone cu radiații ridicate, pot fi folosiți senzori specializați care sunt rezistenți la radiații sau se pot implementa protocoale de calibrare pentru a corecta erorile cauzate de radiație.

Rezultatele cercetării influenței radiației asupra dispozitivelor electronice

ESA SEU Monitor se referă la un dispozitiv sau sistem de monitorizare utilizat de Agenția Spațială Europeană pentru a detecta și măsura evenimentele de tip Single Event Upset în componente electronice.

Evenimentele SEU sunt perturbații tranzitorii în funcționarea dispozitivelor electronice cauzate de particule de înaltă energie, cum ar fi protonii sau neutronii, care lovesc circuitul integrat. Aceste evenimente pot conduce la schimbări ale stărilor logice în circuitele electronice, potențial ducând la erori de funcționare.

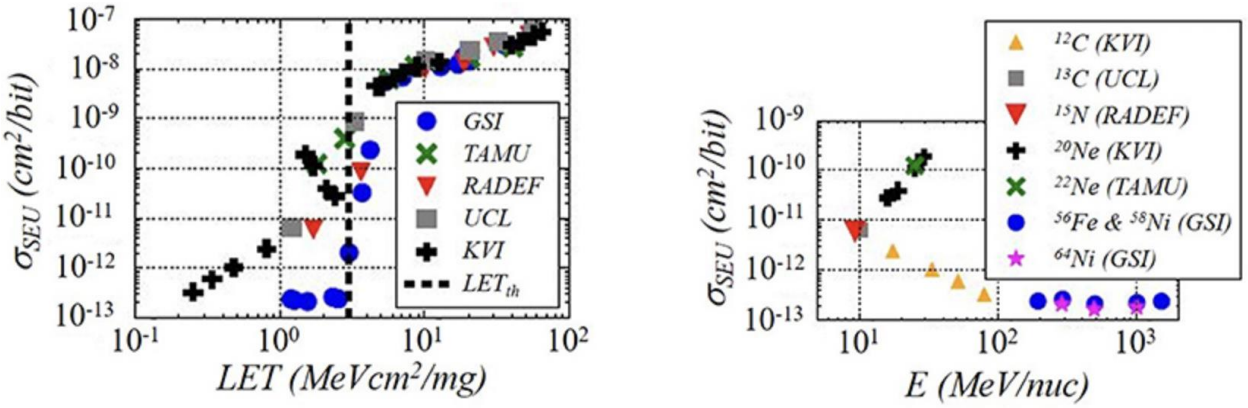


Figura 4. Rezumatul iradierilor cu ioni grei ale monitorului ESA SEU în funcție de LET (stânga) și energie (dreapta) [5]

Figura 4 prezintă o sinteză a iradierilor cu ioni grei asupra Monitorului ESA SEU, reprezentată ca funcție de LET pe partea stângă și ca funcție de energia ionului pe partea dreaptă. Această figură oferă o perspectivă valoroasă asupra dependenței secțiunii transversale pentru evenimente unice sub pragul LET față de energia ionului. În mod particular, pe partea dreaptă a figurii, reprezentarea este revelatoare, deoarece LET-ul ionului primar nu este o cantitate relevantă pentru efectele bazate pe reacții nucleare, așa cum este cazul în evenimentele unice sub pragul LET.

Comparația dintre raza de acțiune în siliciu și LET-ul efectiv pentru mai mulți acceleratori de ioni grei este reprezentată în *Figura 5.* Această figură demonstrează capacitatea diferitelor facilități de a oferi fascicule de ioni grei care să acopere un spectru larg de LET-uri, necesare pentru testarea efectelor radiațiilor asupra dispozitivelor electrice spațiale.

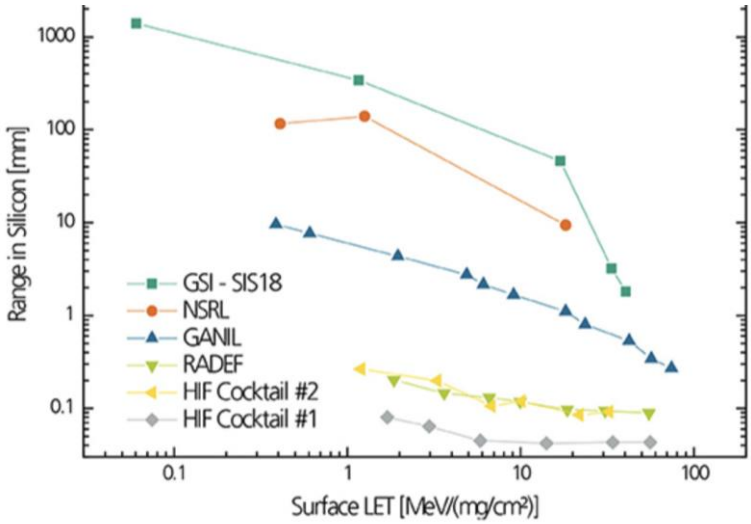


Figura 5. Gama de siliciu vs. LET eficient pentru mai multe acceleratoare europene de ioni grei. Laboratorul de radiații spațiale NASA de la Laboratorul Național Brookhaven [5]

Investigațiile privind efectele radiațiilor cosmice asupra dispozitivelor electrice spațiale, efectuate prin campanii de testare cu ioni grei au evidențiat unele rezultate neașteptate care nu pot fi pe deplin explicate prin simulări.

Testele au inclus măsurători cu Monitorul ESA SEU, un dispozitiv vechi dar bine caracterizat în diferite facilități acceleratoare. Aceste teste sugerează necesitatea continuării cercetărilor privind efectele energetice asupra dispozitivelor pe bază de siliciu, inclusiv utilizarea ionilor la energii și mai mari pentru calificarea adecvată a dispozitivelor în condiții realiste de radiații cosmice.

Este subliniată importanța îmbunătățirii codurilor de simulare pentru a reflecta mai precis interacțiunile complexe dintre radiații și materialele semiconductorilor, precum și explorarea efectelor radiațiilor asupra noilor materiale și tehnologii emergente în electronica spațială [5].

Strategii de gestionare a influenței radiației spațiale

Gestionarea influenței radiației spațiale asupra senzorilor agricoli este importantă pentru asigurarea funcționării corespunzătoare și a fiabilității acestora. Strategii eficiente pentru gestionarea acestei influențe:

- *Utilizarea materialelor și componentelor rezistente la radiație*. Aceste materiale și componente pot fi proiectate pentru a reduce deteriorarea și degradarea cauzate de expunerea la radiație, contribuind astfel la prelungirea duratei de viață a senzorilor. Pentru a preveni efectele radiației spațiale asupra aparatelor electronice, se utilizează materiale de blindaj, cum ar fi aluminiu sau plumb, pentru a reduce expunerea. De asemenea, se pot selecta componente electronice rezistente la radiații sau se pot aplica strategii de proiectare redundante pentru a asigura funcționarea corectă chiar și în cazul deteriorării unor componente.
- *Utilizarea codurilor de corecție a erorilor poate ajuta,* la minimizarea efectelor erorilor induse de radiație asupra datelor transmise.
- *Calibrare și ajustare periodică.* Prin monitorizarea și recalibrarea regulată a senzorilor, se poate menține precizia măsurătorilor în ciuda influențelor externe, cum ar fi radiația spațială.
- *Implementarea sistemelor de protecție și izolare.* Aceste sisteme pot include carcase sau încăperi special concepute pentru a reduce expunerea senzorilor la radiație, precum și ecrane sau materiale absorbante pentru a atenua efectele radiației.

- *Monitorizarea continuă a performanței.* Utilizarea tehnologiilor de monitorizare în timp real pentru a detecta și a remedia rapid eventualele probleme sau erori cauzate de influența radiației.
- *Dezvoltarea de tehnologii avansate.* Aceste tehnologii pot include senzori cu tehnologie de ultimă generație și sisteme de procesare a datelor adaptate pentru a gestiona și a compensa influențele radiației spațiale.

Prin aplicarea acestor strategii de gestionare, se poate minimiza impactul negativ al radiației spațiale asupra senzorilor agricoli și se poate asigura funcționarea eficientă a acestora în mediile cu niveluri ridicate de radiație.

Culturile agricole în spațiu

Sistemului de creștere a plantelor „Veggie" din *Figura 6* pe Stația Spațială Internațională este o inițiativă pentru a testa posibilitatea de a crește alimente proaspete în spațiu. Sistemul Veggie, dezvoltat de Orbital Technologies Corp. (ORBITEC) și testat la Centrul Spațial Kennedy al NASA, a fost livrat pe ISS cu misiunea SpaceX-3 și instalat în modulul Columbus de către inginerii de zbor Steve Swanson și Rick Mastracchio. Proiectul include creșterea de semințe de salată romaine roșie „Outredgeous", cu scopul de a explora producția de alimente bioregenerative pentru misiuni de lungă durată și beneficiile psihologice ale creșterii plantelor în spațiu. Sistemul folosește lumini LED pentru a stimula creșterea plantelor și un mediu special de creștere.

Cercetătorii de pe Pământ efectuează experimente paralele pentru a compara rezultatele. Obiectivele includ verificarea funcționării hardware-ului Veggie și asigurarea că salata este sigură pentru consum. Veggie urmează să rămână pe ISS ca platformă de cercetare permanentă, marcând un pas important spre autosuficiența pe termen lung în explorarea spațială [7].

Plantele cultivate în spațiu necesită tehnologii avansate pentru protecție și creștere, cum ar fi hidroponia, care permite cultivarea fără sol și folosirea eficientă a resurselor. Această metodă ajută la gestionarea condițiilor precum temperatura, umiditatea, lumina și concentrația de CO2, esențiale pentru creșterea optimă a plantelor în absența gravitației și pentru protejarea lor împotriva radiațiilor cosmice și altor condiții extreme din spațiu [6].



Figura 6. Sistemul de creștere a plantelor Veggie [7]

În ceea ce privește protecția plantelor și a experimentelor științifice față de radiația cosmică pe ISS, aceasta se bazează pe tehnologiile și materialele de construcție ale stației însăși, care sunt concepute pentru a minimiza expunerea la radiații.

Proiectul Veggie pentru combaterea radiației, există câteva abordări generale utilizate pe ISS pentru protecția împotriva radiațiilor:

- *Materiale de protecție,* stația folosește materiale speciale în construcția sa care pot ajuta la absorbția unei părți din radiația cosmică, reducând astfel expunerea ocupanților și a experimentelor științifice la radiații.
- *Poziționarea strategică,* echipamentele și experimentele sensibile la radiații pot fi plasate în zone ale stației care beneficiază de o protecție naturală mai bună, cum ar fi zonele mai apropiate de centrul masei al stației, unde materialele și structura oferă o protecție suplimentară.
- *Monitorizarea radiaților*, stația este echipată cu instrumente pentru monitorizarea nivelurilor de radiație.
- *Cercetări științifice*, pe ISS se desfășoară constant cercetări legate de efectele radiației asupra materiilor vii, inclusiv plante, microorganisme și țesuturi umane.

În ciuda acestor măsuri, lupta împotriva radiației cosmice rămâne o provocare majoră pentru misiunile spațiale de lungă durată și pentru viitoarele călătorii în spațiu profund, cum ar fi misiunile către Marte. Cercetările și experimentele precum Veggie sunt pași esențiali în înțelegerea cum să trăim și lucrăm în spațiu.

Concluzii

Este evident că evaluarea influenței radiației spațiale asupra senzorilor agricoli și a altor dispozitive electronice este decisivă pentru asigurarea funcționării corecte și fiabile a acestora în medii cu niveluri ridicate de radiație. Pentru a aborda această problemă, este necesar să se efectueze mai multe cercetări și experimente. De asemenea, este important să se investigheze posibilele influențe ale ionilor asupra altor materiale utilizate în afara microelectronicii digitale, precum SiC() și GaN(), și să se analizeze impactul reacțiilor asupra carcaselor dispozitivelor și circuitelor.

Prin aceste tipuri de cercetări, putem asigura ca senzorii agricoli și alte dispozitive electronice să-și păstreze fiabilitatea chiar și în fața condițiilor extreme din spațiu sau din alte medii cu radiație intensă.

Analiza evidențiază importanța înțelegerii și gestionării efectelor radiației spațiale asupra senzorilor agricoli și a tehnologiilor utilizate în agricultură. Având în vedere creșterea dependenței de date precise pentru monitorizarea și optimizarea condițiilor de creștere a culturilor, este importantă să se evalueze și să se minimizeze potențialul impact negativ al radiației spațiale.

Cercetările și experimentele prezentate în articol subliniază complexitatea provocărilor întâmpinate, dar și oportunitățile de a îmbunătăți fiabilitatea și performanța senzorilor prin utilizarea materialelor rezistente la radiații, strategii de corecție a erorilor și monitorizare continuă. Pe măsură ce explorăm noi frontiere în agricultura spațială și pe Pământ, adaptarea la condițiile de radiație și dezvoltarea tehnologiilor capabile să funcționeze eficient în aceste medii devin esențiale pentru succesul pe termen lung.

Abrevieri:

IoT	Internet of Things
SEU	Single Event Upset
GSI	Gauge Symmetry Inflation
RADEF	Cosmic Microwave Background Radiation
UCL	Light Conversion Unit
LET	Linear Energy Transfer
HIF	High Intensity Facility
ESA	European Space Agency
Icc_ttl	Curent consumat de CI în tehnologia TTL

Icch_cmos	Curent consumat în starea "high" de un circuit CMOS
Iih_CLK	Curentul de intrare "high"
Iil_CLK	"low" pentru semnalul de ceas
Iih_CLR	"low" pentru semnalul de resetare/clar
PSSR_A	Raportul de respingere a alimentării pentru analog.
GSFE_A	Performanța Circuitului
TE_A	Eroarea totală pentru aplicații analogice.
DNL_A	Non-linearitate diferențială pentru analog
SiC	Carbură de Siliciu
GaN	Nitrat de Galiu
ISS	Stația Spațială Internațională

Mulţumiri. Doresc să-mi exprim recunoștința profundă către coordonatorul meu, domnul Secrieru Nicolae, pentru îndrumarea și suportul acordat. De asemenea, mulțumiri domnului Cărbune Viorel și doamnei Mașnic Alisa pentru sfaturile valoroase și asistența oferită. Prețuiesc profund contribuția tuturor la realizarea acestui articol.

Surse bibliografice:

[1] A. Barabas, *Senzorii IoT revoluționează agricultura de înaltă precizie, 2020.* https://teraseya.com/ro/senzorii-iot-revolutioneaza-agricultura-de-inalta-precizie/

[2] Agrimasat, *Senzorii agricoli & Inginer Agronom.* https://agrimasat.ro/senzori-agricoli-inginer-agronom/

[3] J.W. Howard, Jr. Computer Sciences Corporation, Huntsville, AlabamaD.M.Hardage Marshall Space Flight Center, Marshall Space Flight Center, Alabama, *Spacecraft Environments Interactions:Space Radiation and Its Effects on Electronic Systems* https://ntrs.nasa.gov/api/citations/19990116210/downloads/19990116210.pdf

[4] *NASA studies cosmic radiation to protect high-altitude travelers* https://www.eurekalert.org/news-releases/905660

[5] Stefan K. Höeffgen, Stefan Metzger, Michael Steffens, *Investigating the Effects of Cosmic Rays on Space Electronics, 18 september 2020,* https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphy.2020.00318/full

[6] *Creșterea plantelor în spațiu:inovații și perspective pentru viitor,* 13 iulie 2023. *https://hy-farm.com/cresterea-plantelor-in-spatiu-inovatii-si-perspective-pentru-agricultura-viitorului/*

[7] Linda Herridge, *Sistemul de creștere a plantelor vegetale a fost activat pe Stația Spațială Internațională, 8 mai 2024. https://www.nasa.gov/missions/station/veggie-plant-growth-system-activated-on-international-space-station/*

PROVOCĂRI DE SECURITATE CIBERNETICĂ ÎN PROTOCOLUL HTTP

Ana TURCAN

Departamentul Informatică și Ingineria Sistemelor, Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Moldova

Autorul corespondent: Ana TURCAN, e-mail: ana.turcan@fcim.utm.md

Coordonator: **Dumitru CIORBĂ**, dr., Universitatea Tehnică a Moldovei

Rezumat. *Hypertext Transfer Protocol este un protocol fundamental pentru comunicarea în Web, definind semantica și sintaxa interacțiunilor. Avantajele protocolului pe lângă accesul rapid și flexibil la conținuturi cuprind simplitatea, interoperabilitatea și versatilitatea. Evoluția protocolului a fost determinată de necesitatea de a îmbunătăți performanța: transfer date mai rapid, mai sigur și mai eficient. În prezent aplicarea versiunilor de protocol fluctuează în funcție de procesele tehnologice și de adoptarea acestora la cerințele actuale. Deși noile specificații determină noi parametri de performanță și securitate, rămân a fi susceptibile la anumite vulnerabilități, care pot compromite atât integritatea, cât și confidențialitatea datelor. Ultimele vulnerabilități atestate în protocolul HTTP/2 confirmă necesitatea conștientizării faptului că orice protocol, indiferent de statutul său, proiect propus sau standard recunoscut, fiind expus noilor amenințări pot induce vulnerabilități neidentificate. Pentru a diminua din vulnerabilitățile protocolului și implementările acestuia este crucial de a fi adoptate măsuri de securitate adecvate, nu doar utilizarea TLS, dar și utilizarea unor practici de dezvoltare sigure și implementarea unor politici de securitate bine definite. Acestea se pot augmenta prin implementarea antetelor de securitate potrivite, beneficiind în continuare de avantajele oferite de protocolul HTTP, asigurând în același timp o experiență online sigură și protejată pentru toți utilizatorii.*

Cuvinte cheie: *protocol HTTP, antete de securitate, politica de securitate, vulnerabilități de tip man-in-the-middle, handshake, injection, Rapid Reset, zero-day.*

Domeniul de cercetare

Odată cu dezvoltarea mediului Web a evaluat și protocolul HTTP fiind ajustat la cerințele noilor tehnologii pentru a oferi livrări rapide, fiabile și securizate de conținut. Evoluția versiunilor HTTP/1.1, HTTP/2 cât și HTTP/3 denotă focusarea pe extinderea performanței: transfer date mai rapid, mai sigur și mai eficient [1-3].

În prezent utilizarea versiunilor protocolului fluctuează în funcție de adoptarea proceselor tehnologice la cerințele actuale, de implementarea și suportul browserelor și serverelor Web. În Figura 1 este prezentată distribuția utilizării versiunilor protocolului HTTP, la nivel global și separat pentru Republica Moldova [4].

Versiunea dominantă rămâne a fi HTTP/2, deși există încă o cantitate semnificativă de trafic web care rulează pe HTTP/1.1 fie datorită ritmului lent de actualizare a serverelor și site-urilor web fie compatibilității limitate a browserelor mai vechi. Actualizarea și optimizarea continue a infrastructurii web vor accelera probabil migrarea către HTTP/2. HTTP/3 deși se află în faza de dezvoltare prezintă o tendință ascendentă clară datorită avantajelor sale precum reducerea semnificativă a latenței și îmbunătățirea eficienței rețelei, ce îl fac o alegere atractivă pentru viitorul web [5,6].

Motivarea cercetării

Deși specificațiile implementate în protocolul HTTP au determinat noi parametri de performanță și un grad de securitate ridicat niciuna dintre ele nu rămâne imună la vulnerabilități, fapt ce poate compromite atât integritatea, cât și confidențialitatea datelor. Protocolul HTTP rămâne de a fi susceptibil inclusiv la vulnerabilitățile zero-day sau DDoS [7-10].

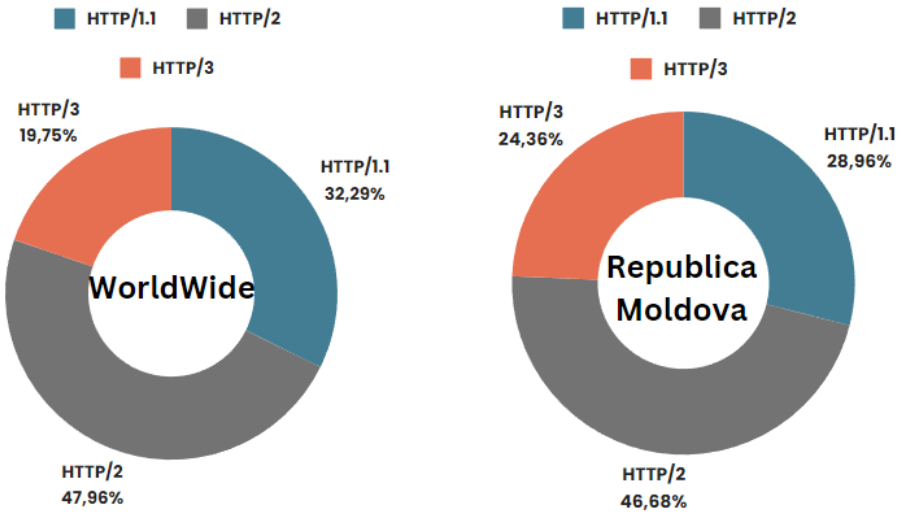


Figura 1. Utilizarea versiunilor protocolului HTTP [4]

Obiectivele și metodologia cercetării

Pentru a diminua din vulnerabilitățile protocolului HTTP, inclusiv și implementările acestuia este crucial de a fi adoptate măsuri de securitate adecvate, nu doar utilizarea protocolului TLS, dar și utilizarea unor practici de dezvoltare sigure, precum și implementarea unor politici de securitate bine definite. Acestea se pot augmenta prin implementarea antetelor de securitate potrivite [2,11].

Rezultatele analizei exploratorii a literaturii de specialitate, a rapoartelor de incidente, portalurilor de tehnologii și cercetare denotă creșterea interesului pentru securitatea în protocolul HTTP.

Pentru a proteja sistemele bazate pe protocolul HTTP de vulnerabilitățile curente, este esențial de a se propune politici de securitate prin intermediul antetelor specializate, deoarece modificări în construcția sau structura HTTP sunt eventuale decât în versiunile ulterioare. Deși importanța antetelor de securitate este evidentă adopția lor nu este la nivelul necesar. Utilizarea exclusivă a setărilor implicite sau neglijarea totală a antetelor de securitate expune site-urile web la un spectru larg de atacuri cibernetice [12,13].

Concluzii

Protocolul HTTP va continua a fi piatra de temelie în comunicarea Web. În pofida faptului că a progresat semnificativ, totuși rămâne susceptibil la diverse vulnerabilități care pot compromite atât integritatea, cât și confidențialitatea datelor. Analiza standardelor HTTP este relevantă pentru menținerea unui nivel adecvat de securitate și protecție a datelor chiar și după publicare, acceptare și standardizarea acestora. Antetele de securitate HTTP joacă un rol important în atenuarea amenințărilor și vulnerabilităților. Implementate corect cu o configurare corespunzătoare, ținându-se cont de vulnerabilitățile deja depistate și remediate, în combinație cu alte mecanisme de securitate, acestea vor contribui semnificativ la protecția datelor și a infrastructurii web. Beneficiind astfel în continuare de avantajele oferite de protocolul HTTP, de o comunicare sigură și protejată în mediul Web.

Referințe

[1] Bishop, Mike. *HTTP/3*. Request for Comments, RFC 9114, Internet Engineering Task Force, June 2022, https://datatracker.ietf.org/doc/rfc9114/.

[2] "HTTP/1 vs HTTP/2 vs HTTP/3." *DEV Community*, 5 May 2023, https://dev.to/accreditly/http1-vs-http2-vs-http3-2k1c.

[3] *NVD - CVE-2023-44487*. https://nvd.nist.gov/vuln/detail/CVE-2023-44487. Accessed 13 Mar. 2024.

[4] "Cloudflare Radar" [Online]. Available: https://radar.cloudflare.com/year-in-review/2023/#http-versions, 2024

[5] Ortiz, Bob. "What Security Risks Are Involved in Using Older HTTP Protocols Such as HTTP/1.x That Would Justify Upgrading to HTTP/2 or HTTP/3?" *Information Security Stack Exchange*, 30 Oct. 2023, https://security.stackexchange.com/q/272878.

[6] Sjoerd. "Answer to 'What Security Risks Are Involved in Using Older HTTP Protocols Such as HTTP/1.x That Would Justify Upgrading to HTTP/2 or HTTP/3?'" *Information Security Stack Exchange*, 1 Nov. 2023, https://security.stackexchange.com/a/272917.

[7] "Built-in Weakness in HTTP/2 Protocol Exploited for Massive DDoS Attacks." *CSO Online*, https://www.csoonline.com/article/655106/built-in-weakness-in-http-2-protocol-exploited-for-massive-ddos-attacks.html. Accessed 13 Mar. 2024.

[8] *CRITICAL: Vulnerable HTTP Report | The Shadowserver Foundation*. https://www.shadowserver.org/what-we-do/network-reporting/vulnerable-http-report/. Accessed 25 Mar. 2024

[9] Newman, Lily Hay. "A New Protocol Vulnerability Will Haunt the Web for Years." *Wired*, https://www.wired.com/story/http-2-rapid-reset-flaw/. Accessed 13 Mar. 2024.

[10] "HTTP/2 Rapid Reset: Deconstructing the Record-Breaking Attack." *The Cloudflare Blog*, 10 Oct. 2023, https://blog.cloudflare.com/technical-breakdown-http2-rapid-reset-ddos-attack.

[11] *HTTP Headers - OWASP Cheat Sheet Series*. https://cheatsheetseries.owasp.org/cheatsheets/HTTP_Headers_Cheat_Sheet.html. Accessed 19 Mar. 2024.

[12] Buchanan, William J., et al. "Analysis of the Adoption of Security Headers in HTTP." *IET Information Security*, vol. 12, no. 2, 2018, pp. 118–26, https://doi.org/10.1049/iet-ifs.2016.0621

[13] *OWASP Secure Headers Project | OWASP Foundation*. https://owasp.org/www-project-secure-headers/. Accessed 19 Mar. 2024.

IMPLEMENTAREA SECURITĂȚII CIBERNETICE ÎN DEZVOLTAREA SOFTWARE

Maxim CATANOI

Departamentul Ingineria Software și Automatică, Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Moldova

Autorul corespondent: Maxim CATANOI, e-mail: *maxim.catanoi@isa.utm.md*

Coordonator: **Dumitru CIORBĂ**, dr., Universitatea Tehnică a Moldovei

Rezumat. *Creșterea numărului de amenințări cibernetice induce considerarea securității încă de la începutul ciclului de dezvoltare software. Experiența companiilor dezvoltatoare de software arată că numărul de vulnerabilități ce pot fi identificate la etapa finală de dezvoltare se pot diminua la o abordare corectă și sistematică a aspectelor de securitate cibernetică. Lipsa unei protecții cuvenite nu se observă în urma testelor funcționale a sistemelor software, ceea ce deseori rezultă în compromiterea datelor ce sunt procesate sau stocate de către aceste sisteme. În lucrare se analizează necesitatea elaborării unui cadru ce ar reieși din experiențe practice fiind urmată pentru a asigura un nivel de protecție avansat încă de la primele faze de dezvoltare. Cadrul fiind versatil ar cuprinde atât echipele de dezvoltare software, cât și clienții ce solicită sisteme informatice complexe. O atenție sporită se acordă sistemelor software care sunt accesibile din rețeaua globală Internet, acestea fiind expuse atacurilor cibernetice în mod continuu, evidențiind că doar abordarea corectă și metodologică pe tot parcursul de dezvoltare software poate diminua efectul compromiterii datelor, precum și a infrastructurilor conexe, în urma exploatării de vulnerabilități rezultate a unor omisiuni de securitate.*

Cuvinte cheie: *dezvoltarea software, securitate cibernetică, amenințări cibernetice, cadre de dezvoltare, threat modeling, secure coding, security testing, system hardening, SSDLC.*

Introducere

Abordarea curentă de software pune accentul, în mare parte, pe dezvoltarea cu resurse minime și în termeni cât mai restrânși, iar aspectul securității cibernetice, de regulă, rămâne neacoperit. Aceasta cauzează apariția de vulnerabilități care expun unui risc considerabil sistemele informaționale, inclusiv datele ce sunt stocate sau procesate de către acesta. Astfel în ultimii ani se atestă o creștere a vulnerabilităților în sistemele software (Figura 1) [1]. Ipoteza fiind că majoritatea din acestea se datorează lipsei unui cadru de dezvoltare software care ar presupune abordarea aspectului de securitate cibernetică încă de la primele etape de dezvoltare.

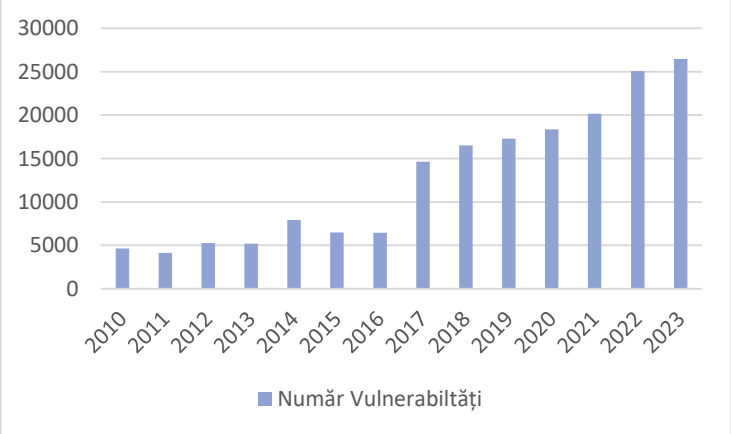


Figura 1. Trendul vulnerabilităților în ultimii ani [1]

Un alt studiu indică faptul că nerespectarea unui cadru de dezvoltare software în mod securizat, ar crește considerabil eforturile de corectare a vulnerabilităților identificate la ultima etapa de dezvoltare, care ar reprezenta costuri de 30 de ori mai mare comparativ cu celea care ar putea fi alocate în cazul în care aspectul de securitate cibernetică ar fi abordat corect încă de la etapele incipiente (Figura 2).

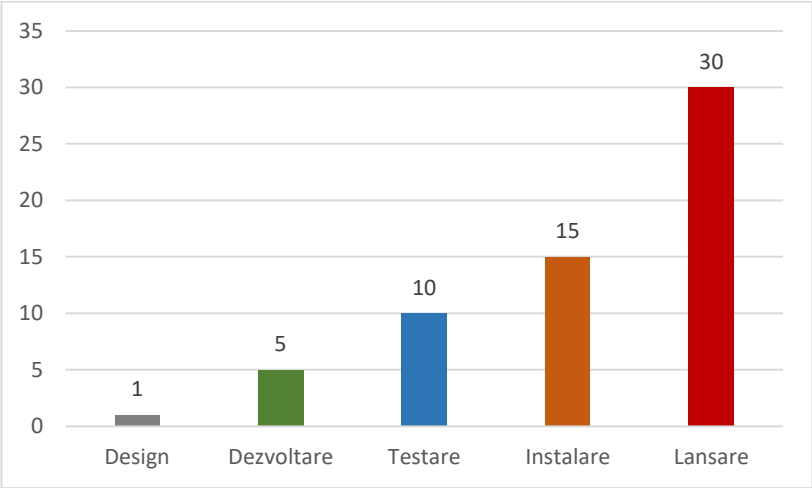


Figura 2. Costuri de referință de eliminare a vulnerabilităților [2]

Abordarea corectă a aspectelor de securitate cibernetice ar satisface cerințele reglementărilor și standardelor din domeniu în special atunci când ne referim la sisteme informaționale ce stochează, procesează sau transmit date ale cardurilor bancare, care s-ar supune reglementărilor PCI-DSS [3].

Problema de cercetare

În spațiul cibernetic orice linie de cod neasumată ar putea reprezenta o vulnerabilitate care ar aduce la consecințe drastice în condițiile în care aceasta ar fi exploatată de către actorii rău intenționați. Aceste riscuri sunt în creștere datorită nivelului de complexitate crescută a sistemelor. Din aceste considerente este necesară redefinirea proceselor de dezvoltare software ce ar stipula cum trebuie abordat aspectul de securitate cibernetică. Totodată se propune schimbarea accentelor de la o abordare reactivă în cazul confruntării cu consecințele unui atac cibernetic, spre un model pro-activ care integrează măsuri de securitate robuste încă de la începutul ciclului de dezvoltare software. Astfel s-ar putea de asigurat ca sistemele software nu sunt doar funcționale și performante, dar și rezistente în fața amenințărilor curente.

Metodologia cercetării

În urma studiului dat s-a propus respectarea unei metodologii de cercetare ce ar evidenția cadrele existente aplicabile prin analize bazate pe experiența proprie. Analiza celor mai populare cadre existente transpuse prin prisma realităților curente de dezvoltare software ar accentua necesitatea ajustării cadrelor existente sau elaborarea unui cadru nou ce ar fi aplicabil în diverse situații. Au fost analizare cadrele de referință de securitate cibernetică utilizate în industrie. Analiza dată a permis identificarea avantajelor și dezavantajelor acestora.

Cadrele existente

Pentru analiza dată au fost selectate trei cadre existente care sunt utilizate de către cele mai mari companii cu renume, și anume:

1. Microsoft Security Development Lifecycle (SDLC) [4]
    a) Avantaje: Dezvoltat de o companie majoră cu experiență vastă.

b) Dezavantaje: Complexitatea ridicată ce poate fi un impediment pentru organizații mici.

2. OWASP Software Assurance Maturity Model (SAMM) [5]
   a) Avantaje: Este un cadru echilibrat în raport cu celelalte metode.
   b) Dezavantaje: Necesită mai mult timp pentru implementări.
3. NIST SP 800-64 [6]
   a) Avantaje: Utilizează standarde și principii recunoscute internațional, cu o abordare testată în timp.
   b) Dezavantaje: Complexitatea poate împiedica implementarea în organizațiile mici care nu sunt familiare cu standardele NIST.

Concluzii

Implementarea cadrelor de referință necesită o investiție semnificativă de timp și resurse, ceea ce poate fi dificil pentru organizațiile mici și mijlocii. Prin urmare se atestă o necesitate pentru elaborarea unui cadru de securitate pentru procesul de dezvoltare software. Caracteristicele de bază a cadrului nou propus spre elaborare se vor baza pe următoarele principii:

1. Simplificare – reducerea complexității de implementare, concentrând-se pe elementele cele mai critice ce ar oferi un beneficiu mai mare în raport cu efortul investit
2. Flexibilitate – capacitatea de adaptare la schimbările rapide în domeniul tehnologiilor informaționale și la specificul diverselor organizații ce ar permite ajustări rapide și eficiente
3. Practicabilitate – procese clare și concise, cu exemple de tehnici care ar facilita implementarea rapidă pe diferite scenarii de dezvoltare
4. Resurse adaptate – oferirea de instrumente și resurse specifice pentru organizații cu bugete și echipe restrânse, facilitând astfel adoptarea și menținerea securității.

Aceste principii ar putea permite elaborarea cadrului care ar fi mai simplu, mai ușor de aplicat la livrarea rapidă a unor sisteme informatice prototip (MVP, Minimum Viable Product), care deseori sunt lipsite de protecție elementară împotriva atacurilor cibernetice.

Referințe:

[1] Qualys, 2023 Threat Landscape Year in Review: If Everything Is Critical, Nothing Is, Ianuarie 2024, [Online]. Available: https://blog.qualys.com/vulnerabilities-threat-research/2023/12/19/2023-threat-landscape-year-in-review-part-one
[2] NIST, 2002, The Economic Impacts of Inadequate Infrastructure for Software Testing, Mai 2002, [Online]. Available: https://www.nist.gov/system/files/documents/director/planning/report02-3.pdf
[3] PCI-DSS, 2022, PCI DSS v4.0 At a Glance, Decembrie 2022, [Online]. Available: https://docs-prv.pcisecuritystandards.org/PCI%20DSS/Supporting%20Document/PCI-DSS-v4-0-At-A-Glance.pdf
[4] Microsoft, 2011, Simplified Implementation of the Microsoft SDL, Februarie 2011, [Online]. Available: https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=12379
[5] OWASP, 2022, Software Assurance Maturity Model, Ianuarie 2022, [Online]. Available: https://github.com/OWASP/samm/raw/master/Supporting%20Resources/v1.5/Final/SAMM_How_To_V1-5_FINAL.pdf
[6] NIST, 2019, NIST Special Publication 800-64 Revision 2, Mai 2019, [Online]. Available: https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/legacy/sp/nistspecialpublication800-64r2.pdf

SUBSECŢIA MICROELECTRONICĂ ŞI NANOTEHNOLOGII

MICROELECTRONICS AND NANOTECHNOLOGIES SUBSECTION

CERCETAREA INFLUENȚEI PALADIULUI ASUPRA PROPRIETĂȚILOR PELICULELOR DIN OXID DE ZINC

Cristian LUPAN

Departamentul Microelectronică și Inginerie Biomedicală, Facultatea Calculatoarea Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica of Moldova

Autorul corespondent: Cristian Lupan, cristian.lupan@mib.utm.md

Coordonatorul științific **Artur BUZDUGAN**, prof. univ., dr. hab., Universitatea Tehnică a Moldovei

Rezumat. *În această lucrare este prezentată o metodă de îmbunătățire a proprietăților peliculelor de oxid de zinc, obținute prin metoda sintezei chimice din soluții prin dopare și funcționalizare cu paladiu. Imaginile SEM și spectrul Raman indică prezența paladiului în pelicula obținută, nanostructurile fiind interconectate cu formă columnară. Cercetările proprietăților senzoriale denotă micșorarea temperaturii de lucru de la 300 °C la 150-250 °C, selectivitate la 100 ppm hidrogen și mărirea răspunsului la hidrogen de la ~1.35 la ~5.6 la temperatura de 300 °C în urma dopării și funcționalizării cu paladiu. Din răspunsul dinamic la 100 ppm hidrogen a fost determinat timpul de răspuns de ~5 s și timpul de recuperare de ~4 s la temperatura de 300 °C. Este demonstrată că doparea și funcționalizarea cu Pd poate fi folosită ca metodă de îmbunătățire a proprietăților senzoriale, cu scopul detectării scurgerilor de hidrogen, gaz ce poate fi utilizat ca sursă perspectivă de energie, în locul combustibililor fosili.*

Cuvinte cheie: *pelicule, ZnO, senzor, funcționalizare, Pd, metal nobil*

Introducere

Îmbunătățirea proprietăților dispozitivelor senzoriale pe bază de nanostructuri este un domeniu de interes major de studiu [1]. Aceste dispozitive pot fi utilizate pentru monitorizarea încăperilor pentru detecția gazelor periculoase, precum hidrogenul, compușii volatili, amoniacul, etc. Cu mărirea cotei de utilizare a hidrogenului în diverse aplicații datorită tranziției la energie verde, este necesară detectarea sigură și rapidă a scurgerilor [2].

ZnO reprezintă un material semiconductor cu proprietăți atractive pentru aplicații senzoriale [3], însă cu anumite dezavantaje, ce pot fi eliminate prin doparea cu diferite elemente chimice. Cu ajutorul dopării se pot modifica proprietățile de bază a materialului, combinând proprietăților ambelor materiale, într-un final obținându-se un material cu proprietăți noi și promițătoare [1]. Pd reprezintă un material catalizator pentru ZnO în aplicații senzoriale [4]. Acest metal nobil are un efect benefic pentru detecția hidrogenului și micșorarea temperaturii de operare, datorită solubilității înalte în Pd [4–6].

În lucrarea dată sunt prezentate proprietățile morfologice, senzoriale și spectrul Raman a peliculelor de ZnO și ZnO:Pd funcționalizat cu Pd obținute prin metoda sintezei chimice din soluții.

Partea experimentală

Peliculele de ZnO și ZnO:Pd au fost obținute prin metoda sintezei chimice din soluție, descrisă anterior în [4]. Din analiza EDX s-a observat prezența a 0.1 at% Pd în pelicula obținută. Peliculele au fost tratate termic rapid la 650 °C timp de 60 de secunde și depuse contacte de aur (200 nm) în formă de meandru. Ulterior, pelicula de ZnO:Pd a fost funcționalizată cu Pd, utilizând metoda descrisă în [6]. Cu ajutorul microscopului electronic cu baleiaj au fost obținute imaginile SEM ale suprafeței peliculelor obținute. Ulterior, a fost cercetat spectrul Raman. Dispozitivele obținute pe baza peliculelor au fost testate la o serie de gaze cu concentrația de 100 ppm la diferite temperaturi de operare, utilizând metoda descrisă anterior în [5].

Valoarea răspunsului la gaz (S) a fost determinat utilizând raportul curenților în aer (I_{aer}) și gaz (I_{gaz}), conform Ec. (1):

$$S = \frac{I_{gaz}}{I_{aer}} \quad (1)$$

Rezultate și discuții

Imaginile SEM ale peliculelor obținute sunt prezentate în Figura 1. S-a observat din imaginea SEM (figura 1a) la o scară largă depunerea uniformă a nanostructurilor de ZnO. La magnificare mai mare a SEM s-a notat că nanostructurile au formă columnară interconectată (figura 1b). În figura 1c sunt reprezentate pelicule de ZnO:Pd funcționalizat cu Pd, unde se observă de asemenea nanostructuri columnare interconectate, ceea ce semnifică că doparea cu Pd nu afectează semnificativ morfologia. La o rezoluție mai înaltă se observă nanopunctele de Pd de pe suprafața peliculelor columnare (figura 1d).

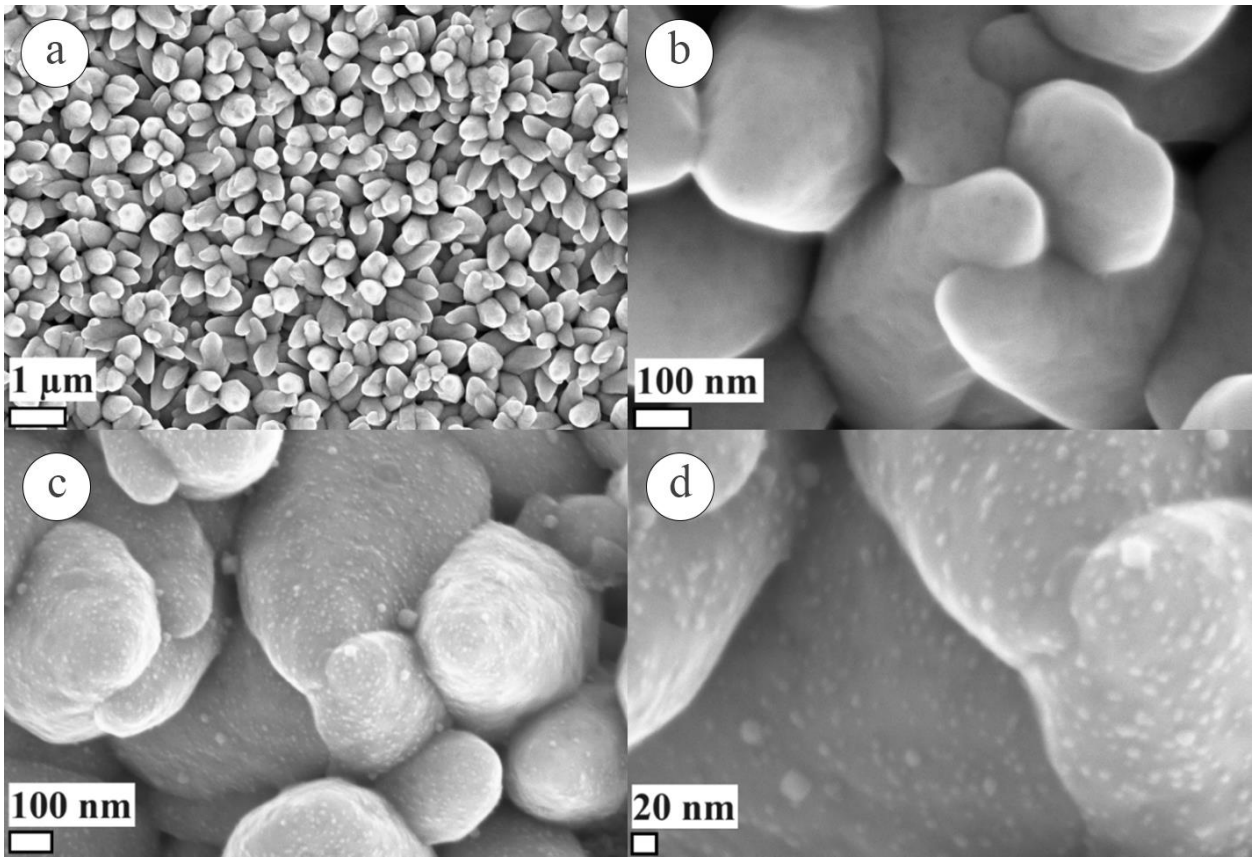


Figura 1. Imagini SEM a peliculei de: (a-b) ZnO; (c-d) ZnO:Pd funcționalizate cu Pd.

În figura 2 este prezentat spectrul Raman, unde sunt observate vârfuri tipice asociate oxidului de zinc și paladiu. Se observă două vârfuri dominante, ce au fost atribuite oxidului de zinc cu structura de tip wurtzit: E_2(low) la ~120 cm^{-1} și E_2(high) la ~440 cm^{-1}. Un vârf la ~650 cm^{-1} a fost atribuit oxidului de paladiu (B_{1g}), ce s-a format în urma dopării, funcționalizării și tratării termice [4].

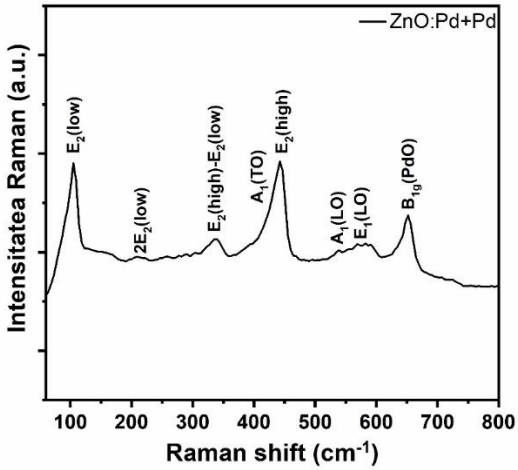
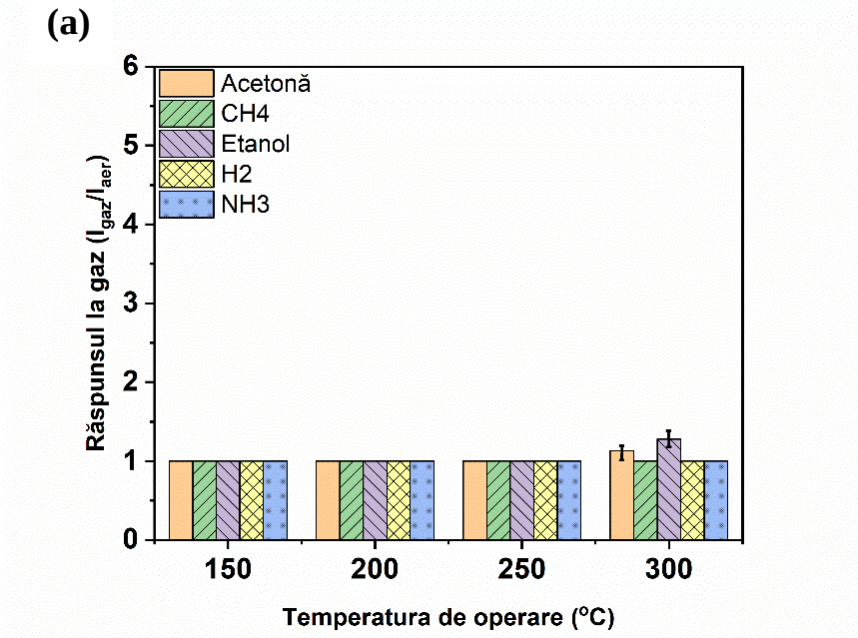


Figura 2. Spectrul Raman a peliculei de ZnO:Pd funcționalizat cu Pd.

Dispozitivele pe bază de pelicule de ZnO și ZnO:Pd funcționalizat cu Pd au fost testate la o serie de gaze cu concentrația de 100 ppm: acetonă, metan, etanol, hidrogen și amoniac, la diferite temperaturi de operare de la temperatura camerei la 300 °C. Răspunsul la gaz a fost comparat în figura 3, observând că senzorul pe bază de ZnO necesită temperaturi înalte de operare (300 °C), iar valoarea răspunsului (~1.2 la acetonă și ~1.35 etanol) este mult mai mică ca la senzorul pe bază de ZnO:Pd funcționalizat cu Pd (~1,6 și ~5.6) pentru 100 ppm acetonă și hidrogen, respectiv. De asemenea s-a observat micșorare a temperaturii optime de lucru, în urma dopării și funcționalizării cu Pd, de la 300 °C până la 150-200 °C la 100 ppm hidrogen. De asemenea s-a observat o selectivitate ridicată la 100 ppm hidrogen în intervalul de temperaturi în urma funcționalizării cu Pd. Aceste îmbunătățiri a proprietăților senzoriale se datorează funcționalizării cu nanopuncte de Pd, care au o importanță majoră [4–6]. La temperaturi de peste 250 °C s-a observat răspuns la compuși volatili (acetonă, etanol), ceea ce este tipic senzorilor pe bază de pelicule de ZnO [5]. Nu s-a observat răspuns la 100 ppm metan și amoniac și la temperatura camerei.



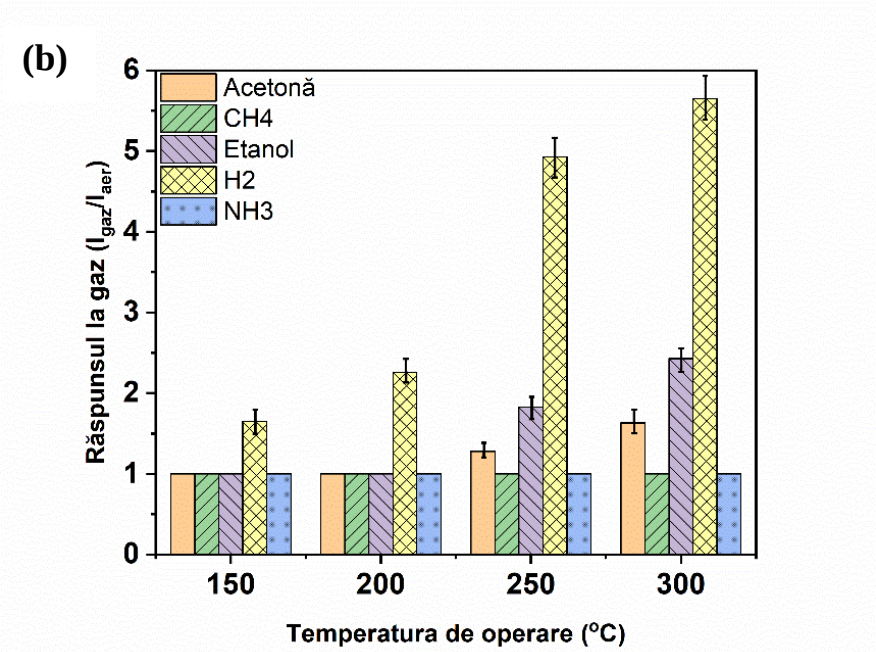


Figura 3. Răspunsul la o serie de gaze cu concentrația de 100 ppm la diferite temperature de operare a senzorului pe bază de: (a) ZnO; (b) ZnO:Pd funcționalizat cu Pd.

În figura 4 este reprezentat răspunsul dinamic la 100 ppm hidrogen la temperatura de 300 °C a peliculei de ZnO:Pd funcționalizat cu Pd. Valoarea răspunsului este de ~5.6, iar pentru verificarea repetabilității s-a aplicat 100 ppm hidrogen încă o dată, observându-se o valoare similară de ~5. De asemenea a fost determinat timpul de răspuns și de recuperare, ce reprezintă timpul necesar ca valoarea răspunsului să se modifice de la 10% la 90% și de la 90% la 10% respective. Timpul de răspuns calculat este de ~5 s, iar cel de recuperare de ~4 s.

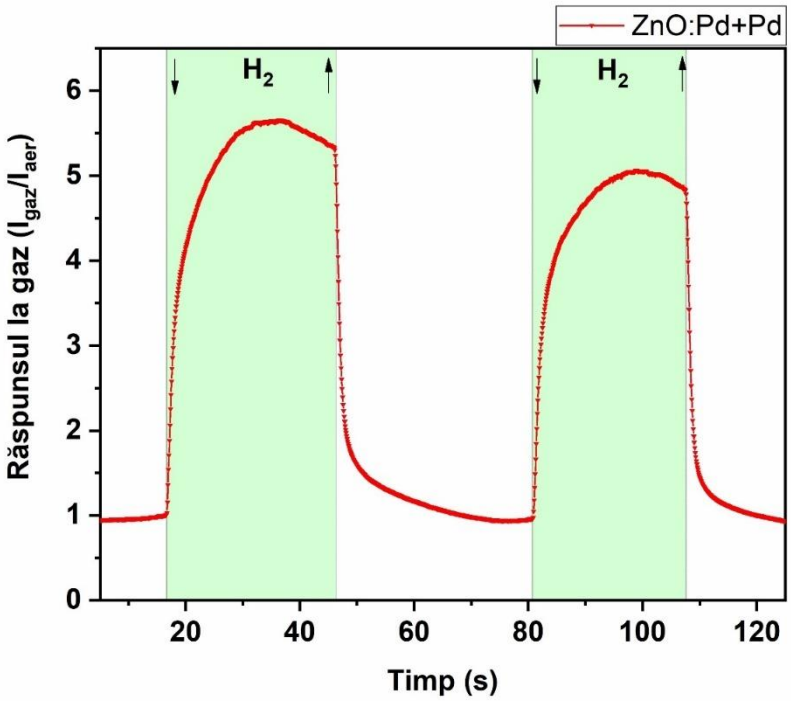


Figura 4. Răspunsul la 100 ppm de hidrogen la 300 °C a senzorului pe bază de ZnO:Pd funcționalizat cu Pd.

Mecanismul de detecție a hidrogenului de senzor, poate fi explicat conform reacției chimice a oxidului de paladiu cu hidrogenul, la temperaturi mai mari de 101 °C [5]:

$$PdO + H_{2(g)} \rightarrow Pd + H_2O_{(g)} \quad (2)$$

Expunerea ulterioară conduce la formarea PdH_x, ce facilitează transferul purtătorilor de sarcină și micșorarea lățimii regiunii de sărăcire [5].

Concluzii

Doparea și funcționalizarea cu metale nobile a oxizilor semiconductori permite controlul proprietăților acestora. În lucrarea dată au fost studiate efectele dopării și funcționalizării cu Pd a oxidului de zinc. Proprietățile morfologice și spectrul Raman indică prezența nanopunctelor de Pd în pelicula obținută. În urma testelor la gaz s-a observat micșorarea temperaturii de lucru în urma dopării și funcționalizării cu Pd de la 300 °C la 150 °C pentru 100 ppm hidrogen. De asemenea, Pd a avut un efect asupra selectivității la temperaturi joase, observându-se selectivitate la 100 ppm hidrogen. Senzorul elaborat a demonstrat un timp de răspuns și de recuperare mic, de aproximativ 5 secunde.

Mulţumiri. Lupan Cristian doctorand la Universitatea Tehnică a Moldovei (UTM), aduce sincere mulțumiri Universității din Kiel, Germania, Chair for Multicomponent Materials, Department of Materials Science, și PSL Université, Chimie-ParisTech IRCP, Paris, Franța pentru stagii de practică pe parcursul anului 2023. Cercetările au fost finanțate de Programul de Stat LIFETECH, cod 020404 la UTM.

Referințe:

[1] Yuan, Z.; Li, R.; Meng, F.; Zhang, J.; Zuo, K.; Han, E. Approaches to Enhancing Gas Sensing Properties: A Review. *Sensors (Switzerland)* 2019, *19*, doi:10.3390/s19071495.

[2] Lee, J.H.; Kim, J.Y.; Kim, J.H.; Kim, S.S. Enhanced Hydrogen Detection in Ppb-Level by Electrospun SnO_2 -Loaded ZnO Nanofibers. *Sensors (Switzerland)* 2019, *19*, doi:10.3390/s19030726.

[3] Lupan, O.; Chow, L.; Chai, G. A Single ZnO Tetrapod-Based Sensor. *Sensors Actuators, B Chem.* 2009, *141*, 511–517, doi:10.1016/j.snb.2009.07.011.

[4] Lupan, O.; Postica, V.; Hoppe, M.; Wolff, N.; Polonskyi, O.; Pauporté, T.; Viana, B.; Majérus, O.; Kienle, L.; Faupel, F.; et al. PdO/PdO_2 Functionalized ZnO:Pd Films for Lower Operating Temperature H2 Gas Sensing. *Nanoscale* 2018, *10*, 14107–14127, doi:10.1039/c8nr03260b.

[5] Lupan, C.; Khaledialidusti, R.; Mishra, A.K.; Postica, V.; Terasa, M.I.; Magariu, N.; Pauporté, T.; Viana, B.; Drewes, J.; Vahl, A.; et al. Pd-Functionalized ZnO:Eu Columnar Films for Room-Temperature Hydrogen Gas Sensing: A Combined Experimental and Computational Approach. *ACS Appl. Mater. Interfaces* 2020, *12*, 24951–24964, doi:10.1021/acsami.0c02103.

[6] Lupan, C.; Lupan, O.; M.-I. Terasa, T.; J. Drewes, J.; Polonskyi, O.; Faupel, F.; Adelung, R.; Hansen, S.; Viana, B.; Pauporte, T. H_2 Gas Sensing Properties of a Pd/ZnO:Eu Nanosensor. 2023, 60, doi:10.1117/12.2651116.

EFFECTS OF TEMPERATURE ON OPTICAL PROPERTIES OF ZnO NETWORKS

Rajat NAGPAL[1,2*], Cristian LUPAN[1]

[1]*Center for Nanotechnology and Nanosensors, Department MIB, Technical University of Moldova, 168 Stefan cel Mare Av., MD-2004 Chisinau, Republic of Moldova*
[2]*Department of Materials Science, Chair for Functional Nanomaterials, Faculty of Engineering, Kiel University, Kaiserstraße 2, D-24143 Kiel, Germany*

*Corresponding author: Rajat Nagpal, rajat@doctorat.utm.md

Coordinator: **Oleg LUPAN**, univ. prof. dr. hab., Center for Nanotechnology and Nanosensors, Department MIB, Technical University of Moldova, Department of Materials Science, Chair for Functional Nanomaterials, Faculty of Engineering, Kiel University

Abstract. *ZnO tetrapodal (t-ZnO) based photodetector has been fabricated for UV applications like wearable sensors, optical communications, pollution monitoring, etc. In this study, influence of operating temperature has been evaluated on t-ZnO based UV detectors. The structure and morphology of t-ZnO were studied using characterization tools like XRD and SEM. Photo response was evaluated at different operating temperatures from 25 °C up to 100 °C, observing maximum photo response of ~ 7178 for 400 nm wavelength at 25 °C. The rise and fall time have been monotonically reduced ~ 496 seconds to ~ 102 seconds and ~ 1493 seconds to ~ 132 seconds in the respective tested temperature range (25 °C to 100 °C). This decreasing trend of rise/fall time can be attributed to the faster desorption rate at higher temperatures. This work shows UV response decreases by increasing operating temperature in temperature range 25 °C to 100 °C. This work can be extended to lower temperature ranges to evaluate its optical sensing performance in polar regions.*

Keywords: *photodetection, wavelength, 400 nm, fall time, UV response.*

Introduction

Optoelectronic devices are of great significance in different fields like wearable electronics [1], space exploration [2], optical communication [3], etc. The applications like wearable device-based monitoring require moderate operating temperature (~20 °C to 40 °C), but applications like space exploration or other polar region UV monitoring require low temperature (<= 0 °C) operationality [2]. It is necessary to study optical properties at high temperatures above 100 °C for industrial monitoring and control applications to ensure their reliable operation at high temperatures. These types of applications require reliable and stable photodetectors which can work under harsh operating conditions.

ZnO is one of the direct wide bandgaps (~3.36 eV) semiconducting material being used for optoelectronic devices. ZnO due to its good thermal stability, optoelectronic properties and its optical bandgap lies in UV regime makes it excellent UV photodetector [4]. ZnO network-based sensors eliminate high temperature operation requirement and can effectively work at room temperature which extends the sensor lifespan [5]. Generally, ZnO based UV detectors shows slow charge carrier dynamics at sensing surface due to charge carrier trapping at oxygen adsorption/desorption sites [6].

This work elucidates on evaluating effect of operating temperature on optical properties of ZnO based photodetector. In case of ZnO based UV detector, the role of oxygen adsorption/desorption was investigated for wide temperature range 25 °C to 100 °C, which can be useful for diverse applications. This thermally stable ZnO based photodetector can be further

tested at other temperature ranges like low temperature range to confirm its thermal stability for space exploration applications.

Experimental section

Tetrapodal networks were obtained using flame transport synthesis method, as reported before in [7,8]. Morphology and structural properties were studied using SEM and XRD, as reported before in [9]. UV sensing properties were evaluated using setup described in [10].

Results and discussion

The morphology and structural investigation were confirmed through SEM and XRD characterization tools.

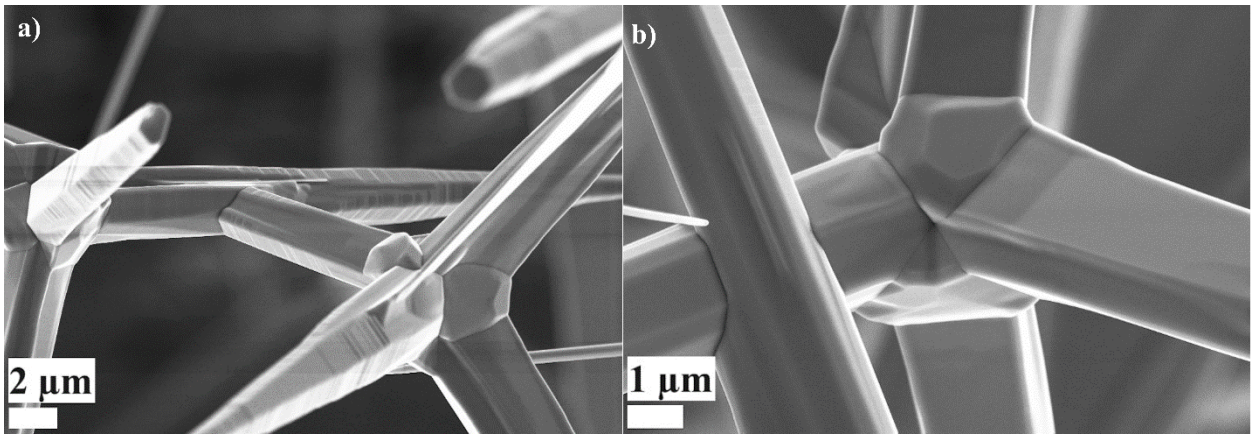


Figure 1. SEM images of ZnO networks at different magnifications: (a) 4000; (b) 9500.

In Fig. 1 we observed that nanostructures have tetrapodal morphology and are interconnected. At higher magnification we noticed that tetrapod arms have columnar form, with a diameter of approximately 2 µm. The interconnected tetrapod networks have great advantage for multiple applications, including UV sensing [11].

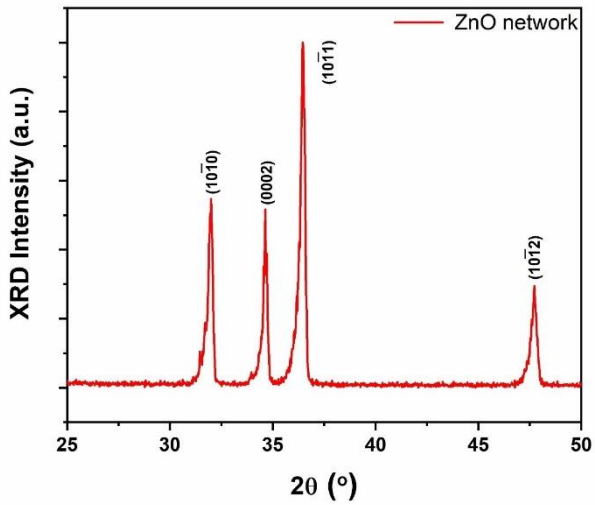


Figure 2. XRD pattern of ZnO networks.

In Fig. 2 is presented XRD pattern of ZnO network used in our study in the 25-50° 2θ range. Typical ZnO peaks were detected according to PDF 036-1451 at 32°, 34.64°, 36.46° and 47.72°. Highest intensity was observed for 10$\bar{1}$1 peak.

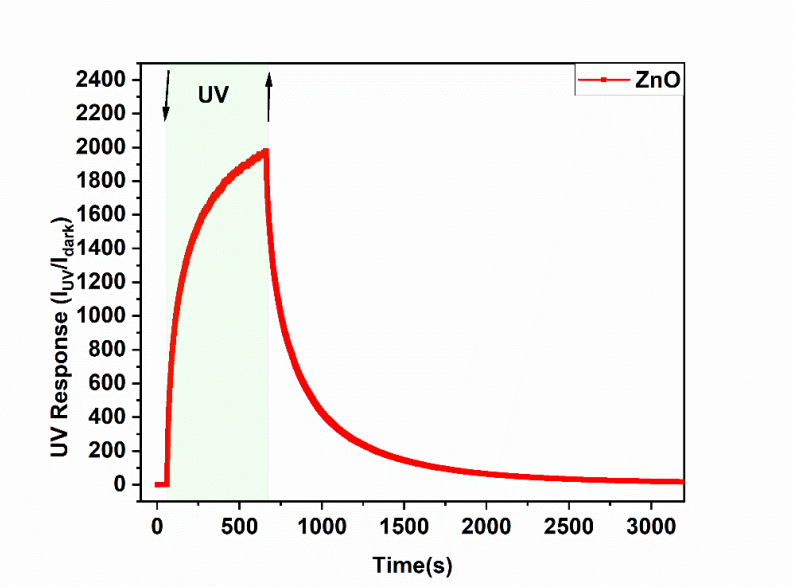


Figure 3. Dynamic UV response for 400 nm UV illumination at 50 ℃.

In this study, UV photodetection for 400 nm wavelength has been tested at different temperatures to evaluate the effect of change in temperature on UV response of prepared ZnO networks. Figure 3 shows the transient UV response at 50 ℃ for 400 nm UV illumination on ZnO networks. It can be observed that UV response at 50 ℃ is ~1993 for 400 nm tested wavelength. UV response can be calculated by using Eq. (1):

$$UV\ response = \frac{I_{UV}}{I_{dark}} \quad (1)$$

where I_{UV}, I_{dark} denotes photocurrent and dark current, respectively.

Figure 4 shows comparative UV response study for 400 nm illumination at different temperatures. This study clearly depicts that the UV response monotonically decreases from ~7178 to ~295 by increasing operating temperature from 25 ℃ to 100 ℃. This can be ascribed as due to faster desorption rate at higher temperature leads to faster de-trapping of oxygen molecules. The error bar for Fig. 4 is taken as 10% of respective UV response at different temperatures.

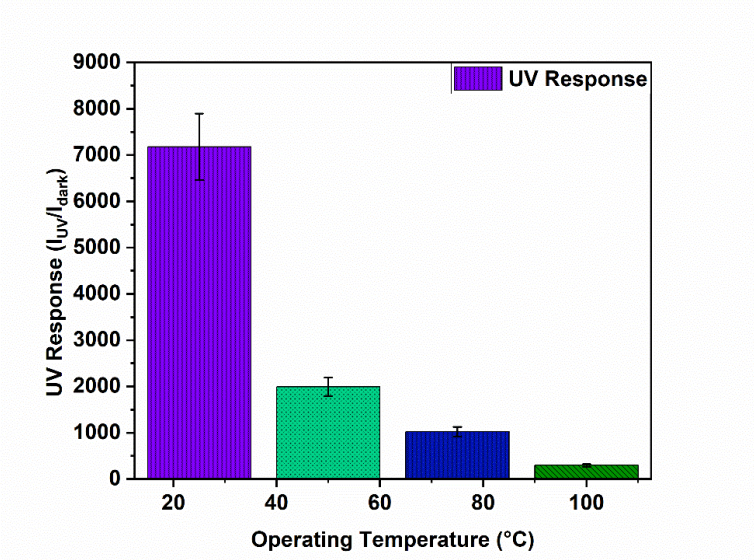


Figure 4. Dependence of UV response for 400 nm UV illumination at different operating temperatures

The effect of operating temperature on rise/fall time has been evaluated. Tab. 1 shows the rise/fall time for 400 nm UV illumination at different operating temperatures. The rise/fall time was calculated as time taken by the sensor to reach 10%/90% and 90%/10%, respectively of maximum response value in a cycle.

Table 1

Effect of temperature on rise/fall time of ZnO networks

Operating temperature (℃)	Rise time (sec)	Fall time (sec)
25	496	1493
50	343	658
75	220	266
100	102	132

The evaluation of rise/fall time trend in Table 1 clearly shows by increase in operating temperature, rise/fall time decreases. This confirms the above explained mechanism of faster de-trapping of adsorbed molecules at higher temperatures. These obtained results can be explained well through oxygen adsorption/desorption mechanism in the absence/presence of UV illumination, respectively.

After UV illumination on ZnO networks, electron-hole pairs generated as shown in Eq. (2).

$$h\upsilon \rightarrow e^- + h^+ \quad (2)$$

Before UV illumination, oxygen adsorption occurs on ZnO networks surface as shown in Eq. (3). After UV illumination, oxygen desorption occurs from ZnO networks surface as shown in Eq. (4). This oxygen molecule's adsorption/desorption lead to change in conductivity of ZnO network surface.

$$O_{2(gas)} + e^- \rightarrow {O_2}^-_{(ads.)} \quad (3)$$

$$O^-_{2(ads.)} + h^+ \rightarrow O_{2(des.)} \quad (4)$$

where h, $\boldsymbol{\upsilon}$, e^-, h^+, $O_{2(gas)}$, ${O_2}^-_{(ads.)}$ and $O_{2(desorp.)}$ represents Planck's constant, frequency of photon, electron generated, hole generated, oxygen gas molecule, adsorbed oxygen ion and desorbed oxygen molecule, respectively.

Conclusions

In this work, we observed the effect of operating temperature on UV response and rise/fall time for 400 nm UV illumination on ZnO networks. The morphology and structure of ZnO networks were investigated through SEM and XRD showed typical ZnO peaks and tetrapodal morphology, with diameter of ~2 µm. The effect of operating temperature on UV response of ZnO networks showed maximum response ~7178 for 400 nm illumination at 25 ℃ which monotonically decreases by increase in operating temperatures among all tested temperatures. The rise/fall time also reduces from ~496/1493 sec to ~102/132 sec by increasing temperature from 25 ℃ to 100 ℃. This study exhibits effect of operating temperature on surface properties of photodetector which can be attributed to enhancement in oxygen gas molecule's desorption rate with temperature. This study may contribute to the progress of wearable sensors and this study can further extended in future to lower temperature regime to find further applications in polar regions.

Acknowledgments. Author acknowledges Mr. Erik Greve for his synthesis contribution of ZnO networks. This paper was partially supported by the Technical University of Moldova and by the project EU-project SENNET "Porous Networks for Gas Sensing", which runs under the Marie Skłodowska-Curie Actions funded by the European Union, under the number 101072845.

References

[1] M. Ku, J. C. Hwang, B. Oh, and J.-U. Park, "Smart Sensing Systems Using Wearable Optoelectronics," *Advanced Intelligent Systems*, vol. 2, no. 3, p. 1900144, 2020, doi: https://doi.org/10.1002/aisy.201900144.

[2] J. Peng, L. Hou, D. Liu, Z. Zhao, J. Zhang, Z. Qiu, and B.Z. Zhang, "Organic Optoelectronic Devices Based on Through-Space Interaction," *ACS Applied Optical Materials*, vol. 2, no. 1, pp. 15–27, Jan. 2024, doi: 10.1021/acsaom.3c00370.

[3] O. Wada, "Femtosecond semiconductor-based optoelectronic devices for optical-communication systems," *Opt Quantum Electron*, vol. 32, no. 4, pp. 453–471, 2000, doi: 10.1023/A:1007002408115.

[4] X. Liao, Q. Liao, Z. Zhang, X. Yan, Q. Liang, Q. Wang, M. Li, and Y. Zhang, "A Highly Stretchable ZnO@Fiber-Based Multifunctional Nanosensor for Strain/Temperature/UV Detection," *Adv Funct Mater*, vol. 26, no. 18, pp. 3074–3081, 2016, doi: 10.1002/adfm.201505223.

[5] J. Hu, H. Ma, Y. Zhou, L. Ma, S. Zhao, S. Shi, J. Li, and Y. Chang, "Gas-Sensing Properties and Mechanisms of 3D Networks Composed of ZnO Tetrapod Micro-Nano Structures at Room Temperature," *Materials*, vol. 17, no. 1, 2024, doi: 10.3390/ma17010203.

[6] Y. Yang, Y. Zhang, S. Fernandez-Alberti, and R. Long, "Resolving the Puzzle of Charge Carrier Lifetime in ZnO by Revisiting the Role of Oxygen Vacancy," *J Phys Chem Lett*, vol. 15, no. 1, pp. 1–8, Jan. 2024, doi: 10.1021/acs.jpclett.3c03195.

[7] T. Reimer, I. Paulowicz, R. Roder, S. Kaps, O. Lupan, S. Chemnitz, W. Benecke, C. Ronning, R. Adelung, and Y.K. Mishra, "Single Step Integration of ZnO Nano- and Microneedles in Si Trenches by Novel Flame Transport Approach: Whispering Gallery Modes and Photocatalytic Properties," *ACS Appl Mater Interfaces*, vol. 6, no. 10, pp. 7806–7815, May 2014, doi: 10.1021/am5010877.

[8] Y. K. Mishra, A. Schuchardt, I. Paulowicz, X. Jin, D. Gedamu, S. Wille, O. Lupan, and R. Adelung, "Versatile Fabrication of Complex Shaped Metal Oxide Nano-Microstructures and Their Interconnected Networks for Multifunctional Applications," *KONA Powder and Particle Journal*, vol. 31, pp. 92–110, 2014, doi: 10.14356/kona.2014015.

[9] C. Lupan, R. Khaledialidusti, A.K. Mishra, V. Postica, M.I. Terasa, N. Magariu, T. Pauporte, B. Viana, J. Drewes, A. Vahl, F. Faupel, and R. Adelung, "Pd-Functionalized ZnO:Eu Columnar Films for Room-Temperature Hydrogen Gas Sensing: A Combined Experimental and Computational Approach," *ACS Appl Mater Interfaces*, vol. 12, no. 22, pp. 24951–24964, Jun. 2020, doi: 10.1021/acsami.0c02103.

[10] R. Nagpal, M. Chiriac, A. Sereacov, A. Birnaz, N. Ababii, C. Lupan, A. Buzdugan, I. Sandu, L. Siebert, T. Pauporte, O. Lupan, "ANNEALING EFFECT ON UV DETECTION PROPERTIES OF ZnO:Al STRUCTURES," *JOURNAL OF ENGINEERING SCIENCE*, vol. 30, pp. 45–62, Jan. 2024, doi: 10.52326/jes.utm.2023.30(4).04.

[11] Y. K. Mishra and R. Adelung, "ZnO tetrapod materials for functional applications," *Materials Today*, vol. 21, no. 6, pp. 631–651, 2018, doi: 10.1016/j.mattod.2017.11.003.

DEVELOPMENT OF AN ELECTROSPINNING DEVICE FOR NANOFIBER PRODUCTION

Cătălin CRECIUNEL[1,2]

[1] *National Center for Materials Study and Testing, Technical University of Moldova, Chisinau, Republic of Moldova*
[2] *Department of Microelectronics and Biomedical Engineering (DMBE), group MN-231M, Faculty of Computers, Informatics, and Microelectronics (FCIM), Technical University of Moldova, Chisinau, Republic of Moldova.*

*Corresponding author: Cătălin Creciunel, catalin.creciunel@mib.utm.md

Scientific supervisor: Dr., assoc. prof. **Eduard MONAICO**, National Center for Materials Study and Testing, Technical University of Moldova, Chisinau, Republic of Moldova

Abstract. *The electrospinning device is designed exclusively for use in a research center, operates with meticulous precision and incorporates comprehensive safety features, mitigating any potential risks associated with its high-voltage operations. This devise stands at the forefront of materials research, offering researchers opportunities to produce nanofibers with desired diameters and lengths. The modular structure of a device allows for easy assembly and disassembly of interchangeable parts or modules. This design offers flexibility, scalability, and ease of maintenance, as faulty modules can be quickly identified and replaced. It also promotes cost-effectiveness by enabling users to invest in only the modules they need initially and upgrade gradually over time. Its ability to generate nanofibers opens avenues for breakthroughs in fields such as biomedicine, electronics, energy storage, and filtration. As a crucial tool in science, this electrospinning device pushes nanotechnology forward, sparking new ideas and shaping the future of materials science.*

Keywords: *Electrospinning, nanomaterials, high-voltage source, nanofibers*

Introduction

Semiconductor nanowires are considered one-dimensional (1D) nanomaterials with diameters of less than 100 nanometers and with lengths of several micrometers. Due to their unique size-dependent properties, semiconductor nanowires have attracted significant attention for various applications including nanoelectronics, sensors, photonics, optoelectronics and energy conversion. Among the important parameters can be mentioned: (i) high surface-to-volume ratio, for applications where surface chemistry plays a critical role, including catalysis and sensing; (ii) quantum confinement effects, due to the small dimensions which can significantly change the electrical, optical, and thermal properties of the semiconductor nanowires; (iii) controllable properties due to the possibilities to change their composition, dimensions, and shape opening possibilities for wide range of applications [1-4]. There are several main methods for semiconductor nanowires synthesis: vapor-liquid-solid (VLS) growth, solution-phase synthesis, and template-assisted synthesis. VLS Growth represent the most common method, requiring a noble metal acting as catalyst to initiate the growth of nanowires, at the same time gives very good control of the diameter and crystal structure, while the method Solution-Phase Synthesis provides versatility in terms of materials and allows for some control over the nanowire properties [5]. A lot of attention gained template-assisted synthesis of one-dimensional nanostructures such as nanowires and nanotubes by means of chemical or electrochemical deposition in porous templates [6]. Template-assisted synthesis can be used to for nanowires and nanotubes obtaining with controlled morphology and complex shapes, but it is a more expensive and time-consuming process [7-13]. At the same time, a significant drawback of template-assisted synthesis is that the achievable length of the nanowires is inherently limited by the thickness of the template itself. This can be a major constraint for applications requiring long nanowires.

A more cost-effective approach was found to be electrospinning using an electric voltage to extrude a polymer solution from a nozzle, forming thin nanofibers [14-16].

The first arrangement of particles through the magnetic or electromagnetic process was achieved by William Gilbert as early as the 16th century. With technological advancement, this effect became automated and realized on a much smaller scale. The electrospinning process was patented by J.F. Cooley in May 1900 and February 1902, and by W.J. Morton in July 1902 [17-20].

The resulting size of a fiber from electrospinning can be at the nano scale, and the surface texture of the fibers can also be at the nano scale, leading to different interactions with other materials compared to macro-scale materials. Ultrathin fibers produced by electrospinning are expected to have two main properties: a very high surface-to-volume ratio and a relatively defect-free structure at the molecular level. These properties make materials obtained by electrospinning suitable for activities requiring a high degree of physical contact, such as providing sites for chemical reactions or capturing small particles through physical entanglement - filtration. Additionally, they allow electrospun fibers to approach the theoretical maximum strength of the spun material, opening up the possibility of producing composite materials with high mechanical performance.

There are many areas of application for the process, but we aim to combine polymers with semiconductor materials and obtain a semiconductor through electrospinning.

The project's goal is to create a device that offers a wider variety of laboratory processes, automated and at a reasonable price, thereby facilitating the research process.

Device implementation

In the electrospinning process, precise control and integration of various components are vital for successful operation. The electrospinning setup detailed in this study incorporates the following components:

Electrospinning Device Components

1. *Power Supply:* In the electrospinning setup described herein, a power supply with an output voltage of 24 V and a current rating of 10 A is used. This power supply is employed not only for general operation but also for creating a high-voltage output necessary for electrospinning processes, achieving high voltages of up to 30 kV.
2. *ZVS Driver:* Zero Voltage Switching (ZVS) driver circuitry is incorporated to facilitate efficient and controlled switching of the power supply. This technology minimizes energy losses and contributes to maintaining stable operation throughout the electrospinning process. Notably, the ZVS driver is designed to handle power levels up to 1 kW, ensuring robust performance under demanding electrospinning conditions.
3. *Flyback Transformer:* The flyback transformer plays a crucial role in transforming the input voltage from the power supply to the required high voltage suitable for electrospinning applications.
4. *Arduino Control Unit:* An Arduino microcontroller serves as the central control unit for process automation, providing functionalities such as voltage monitoring, substance dosing control, and process duration setting.
5. *2.8" ILI9341 Touchscreen Display*: Integration of a touchscreen display allows for intuitive user interaction and real-time feedback on electrospinning parameters, enhancing ease of operation and monitoring.
6. *Syringe Pump*: In order to precisely control the liquid dispersion from the needle to the collector (positive to negative electrode) by the high voltage arc, a servo motor is used which is calibrated initially.
7. *Collector (negative terminal).* The formed nanofibers are collected on the negative terminal which consist of a rotary drum made of aluminum. The collector speed is also controlled by a servo motor controlled by the Arduino unit through a L293D Motor Driver Shield.

These components are meticulously assembled and interconnected to form a comprehensive electrospinning setup, as depicted in Figure 1. For safety reason, the syringe pump and collector are encapsulated in a transparent plexiglass box. The configuration ensures precise control and monitoring of critical parameters, contributing to the reproducibility and efficiency of the electrospinning process.

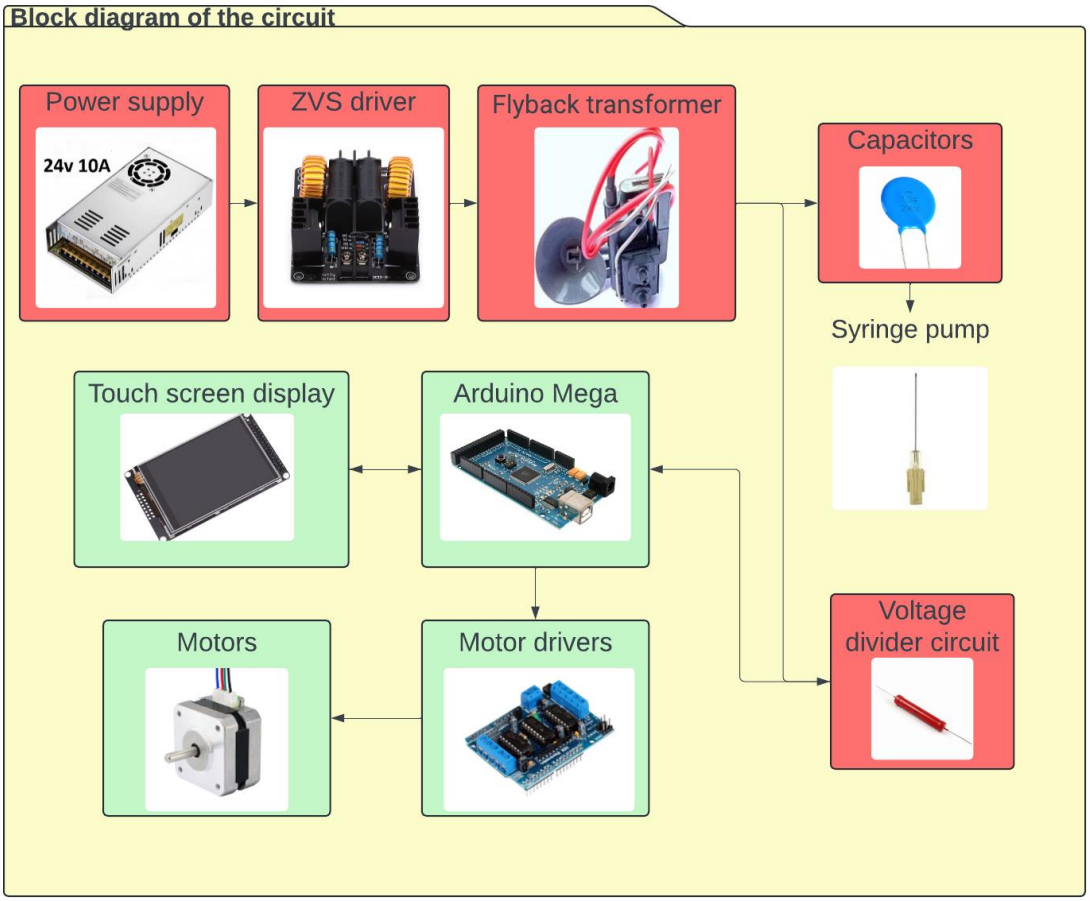


Figure 1. Schematic Diagram of the Electrospinning Device

It can be taken into consideration that, the electrospinning process is influenced by various factors, including:

- Viscosity of the substance utilized;
- Polymer concentration in the solution;
- Molecular weight of the polymer;
- Conductivity of the substance;
- Distance between the device and the collector;
- Ambient humidity;
- Working environment temperature [21].

Understanding and controlling these factors are crucial for attaining the desired outcomes in electrospinning applications.

The developed electrospinning device will represent a leading advancement in nanofiber manufacturing technology, integrating several innovative features to improve efficiency, precision and scalability. It should be noted that the device is designed with modular components, allowing easy assembly, disassembly according to specific application requirements. Monitoring and controlling the critical parameters such as voltage, flow rate, temperature and humidity will ensure precise manipulation of electrospinning conditions for optimal fiber morphology and properties. Real-time monitoring and feedback mechanisms

further improve process stability and reproducibility. Greater attention must be paid to safety because it operates with high voltages. The electrospinning device will be equipped with comprehensive safety features, including voltage interlocks, emergency shutdown mechanisms and user-friendly interfaces with clear operational instructions.

Conclusions

The electrospinning process is essential in the research of nano-scale semiconductor materials from two major perspectives. Firstly, its ability to produce thin fibers at the nano level provides researchers with precise control over the morphology and dimensions of materials, facilitating the development and characterization of semiconductor materials with improved nanostructured properties. Secondly, increasing the active surface area of materials through electrospinning promotes maximum interaction between the semiconductor material and the surrounding environment, which can lead to improved performance and efficiency of nanostructured optoelectronic and photovoltaic devices.

Acknowledges

The author thanks the scientific coordinator Dr. Eduard MONAICO and Dr. Vladimir CIOBANU for their support and technical assistance. The work was partially financially supported by the institutional subprogramme 02.04.02 no. 4/FI "Development of technologies and investigation of properties of layered semiconductor compounds, hybrid nanostructures and laser sources".

References

[1] E. Monaico, "Micro- and nano-engineering of III-V and II-VI semiconductor compounds and metal nanostructures based on electrochemical technologies for multifunctional applications." Technical University of Moldova. Chisinau: S. n., Bons Offices, 2022, 286 p. ISBN 978-9975-166-63-8.

[2] E. Monaico, I. Tiginyanu, V. Ursaki, Porous Semiconductor Compounds. *Semicond. Sci. Technol.* Vol. 35, 103001, 2020. https://doi.org/10.1088/1361-6641/ab9477.

[3] M. Oliva, V.M. Kaganer, M. Pudelski, S. Meister, A. Tahraoui, L. Geelhaar, O. Brandt, T. Auzelle, A Route for the Top-down Fabrication of Ordered Ultrathin GaN Nanowires. *Nanotechnology* Vol. 34, 205301, 2023. https://doi.org/10.1088/1361-6528/acb949.

[4] E.V. Monaico, E.I. Monaico, V.V. Ursaki, I.M. Tiginyanu, Porous Semiconductor Compounds with Engineered Morphology as a Platform for Various Applications. *Physica status solidi (RRL) – Rapid Research Letters* 2300039, 2023. https://doi.org/10.1002/pssr.202300039.

[5] E.V. Monaico, V. Morari, V.V. Ursaki, K. Nielsch, I.M. Tiginyanu, Core–Shell GaAs-Fe Nanowire Arrays: Fabrication Using Electrochemical Etching and Deposition and Study of Their Magnetic Properties. *Nanomaterials* Vol. 12, 1506, 2022. https://doi.org/10.3390/nano12091506.

[6] J.-L. Chiang, B.K. Yadlapalli, M.-I. Chen, D.-S. Wuu, A Review on Gallium Oxide Materials from Solution Processes. Nanomaterials Vol. 12, 3601, 2022. https://doi.org/10.3390/nano12203601.

[7] I. Tiginyanu, V. Ursaki, E. Monaico, Template Assisted Formation of Metal Nanotubes. In Nanostructures and Thin Films for Multifunctional Applications: Technology, Properties and Devices; Tiginyanu, I., Topala, P., Ursaki, V., Eds.; NanoScience and Technology; Springer International Publishing: Cham, pp. 473–506. 2016. ISBN 978-3-319-30198-3. https://doi.org/10.1007/978-3-319-30198-3_15.

[8] I.M. Tiginyanu, E.V. Monaico, "Self-Organized Porous Semiconductor Compounds." In: Encyclopedia of Condensed Matter Physics (Second Edition); Chakraborty, T., Ed.;

Academic Press: Oxford, Vol. 5, pp. 350–374. 2024. ISBN 978-0-323-91408-6. https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90800-9.00105-0.
[9] R.R. Poolakkandy, M.M. Menamparambath, Soft-Template-Assisted Synthesis: A Promising Approach for the Fabrication of Transition Metal Oxides. Nanoscale Adv. Vol. 2, pp. 5015–5045, 2020. https://doi.org/10.1039/D0NA00599A.
[10] A. Kaur, B. Bajaj, A. Kaushik, A. Saini, D. Sud, A Review on Template Assisted Synthesis of Multi-Functional Metal Oxide Nanostructures: Status and Prospects. Materials Science and Engineering: B Vol. 286, 116005, 2022. https://doi.org/10.1016/j.mseb.2022.116005.
[11] M. Royo, M. De Luca, R. Rurali, I. Zardo, A Review on III–V Core–Multishell Nanowires: Growth, Properties, and Applications. J. Phys. D: Appl. Phys. Vol. 50, 143001, 2017. https://doi.org/10.1088/1361-6463/aa5d8e.
[12] E.I. Monaico, E.V. Monaico, V.V. Ursaki, I.M. Tiginyanu, Controlled Electroplating of Noble Metals on III-V Semiconductor Nanotemplates Fabricated by Anodic Etching of Bulk Substrates. Coatings Vol. 12, 1521, 2022. https://doi.org/10.3390/coatings12101521.
[13] Ed. Monaico, E.I. Monaico, V.V. Ursaki, I.M. Tiginyanu, K. Nielsch, Electrochemical Deposition by Design of Metal Nanostructures. Surf. Engin. Appl. Electrochem. Vol. 55, pp. 367–372, 2019. https://doi.org/10.3103/S1068375519040070.
[14] I.M. Tiginyanu, V.V. Ursaki, E. Monaico, M. Enachi, V.V. Sergentu, G. Colibaba, D.D. Nedeoglo, A. Cojocaru, H. Föll, Quasi-Ordered Networks of Metal Nanotubes Embedded in Semiconductor Matrices for Photonic Applications. Journal of Nanoelectronics and Optoelectronics Vol. 6, pp. 463–472, 2011. https://doi.org/10.1166/jno.2011.1197.
[15] A. Nadaf, A. Gupta, N. Hasan, Fauziya, S. Ahmad, P. Kesharwani, F.J. Ahmad, Recent Update on Electrospinning and Electrospun Nanofibers: Current Trends and Their Applications. RSC Adv. Vol. 12, pp. 23808–23828, 2022. https://doi.org/10.1039/D2RA02864F.
[16] B. Fromager, E. Marhuenda, B. Louis, N. Bakalara, J. Cambedouzou, D. Cornu, Recent Advances in Electrospun Fibers for Biological Applications. Macromol Vol. 3, pp. 569–613, 2023. https://doi.org/10.3390/macromol3030033.
[17] B.A. Venmathi Maran, S. Jeyachandran, M. Kimura, A Review on the Electrospinning of Polymer Nanofibers and Its Biomedical Applications. Journal of Composites Science Vol. 8, pp. 32, 2024. https://doi.org/10.3390/jcs8010032.
[18] W. Gilbert, "De Magnete, Magneticisque Corporibus, et de Magno Magnete Tellure (On the Magnet and Magnetic Bodies, and on That Great Magnet the Earth)," London, Peter Short, 1628.
[19] J.F. Cooley, Patent GB 06385 "Improved methods of and apparatus for electrically separating the relatively volatile liquid component from the component of relatively fixed substances of composite fluids" 19 May 1900.
[20] J. F. Cooley et al., "Apparatus for electrically dispersing fluids" U.S. patent 692,631 Issue date: February 4, 1902.
[21] W.J. Morton et al., "Method of dispersing fluids" U.S. patent 0,705,691 Issue date: July 29, 1902.

МИКРООХЛАЖДАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО НА ОСНОВЕ СЛОЕВ И ФОЛЬГ ТОПОЛОГИЧЕСКИХ ИЗОЛЯТОРОВ

Денис ШИВЕРСКИЙ

DMIB, гр. MN-201, Факультет Вычислительной техники, информатики и микроэлектроники, Технический Университет Молдовы, Кишинев, Молдова

Автор-корреспондент: Денис Шиверский, email denis.siverscki@mib.utm.md

Научный руководитель: **Леонид КОНОПКО**, email leonid.konopko@iien.utm.md

Абстракт. *Приведены результаты исследования термоэлектрических свойств монокристаллических слоев на основе топологических изоляторов Bi_2Te_3 p-типа и фольг $Bi_{0,84}Sb_{0,16}$ n-типа (d=10-20 μm). Обнаружено, что теплопроводность фольг в интервале температур 300–100 К остается постоянной. Независимость теплопроводности от температуры является важнейшим фактором для термоэлектрических применений, в частности, для миниатюрных термоэлектрических охладителей. На основе разработанной авторами технологии формирования монокристаллических слоев Bi_2Te_3 p-типа и фольг $Bi_{0,84}Sb_{0,16}$ n-типа создано устройство, обеспечивающее градиент температуры ΔT = 9 К на площади. 0,01 cm^2. Структуры на основе Bi_2Te_3 могут быть использованы для создания миниатюрных датчиков термоэлектрических устройств, таких как термоэлектрические охладители, в частности, для охлаждения процессора компьютера.*

Ключевые слова: *топологический изолятор, теллурид висмута, микрослои, фольга, термоэлектричество, микроохладитель.*

Введение

Теллурид висмута (Bi_2Te_3) представляет собой узкозонный полупроводник, который хорошо известен как один из лучших термоэлектрических материалов [1,2]. При комнатной температуре массивный Bi_2Te_3 и его твердые растворы ($Bi_{2-x}Sb_xTe_3$, $Bi_2Te_{3-y}Se_y$) имеют самые высокие показатели термоэлектрической эффективности $ZT = \alpha^2\sigma T/\kappa \sim 1$, где α - коэффициент Зеебека, σ - электропроводность, κ - теплопроводность, T - температура. В течение многих десятилетий ведутся поиски способов повысить термоэлектрическую эффективность термоэлектрических материалов. В настоящее время параметры Bi_2Te_3 оптимизируются за счет таких технологических факторов, как легирование и ионное замещение $[(Bi,Sb)_2(Te,Se,S)_3]$, изменение мезоструктуры (сверхрешетки, квантовые точки и проволоки [3]) и изменение условий синтеза. Недавно Bi_2Te_3 и $Bi_{1-x}Sb_x$ были представлены как новый тип квантовой материи - 3D топологический изолятор (ТИ) [4]. Благодаря своим многочисленным замечательным свойствам топологические изоляторы в настоящее время стали одним из наиболее активно исследуемыми предметами в физике конденсированного состояния. В объеме ТИ имеется изолирующая щель, тогда как на поверхности существуют нетривиальные металлические поверхностные состояния (ПС). Топологические ПС защищены симметрией обращения времени и поэтому не могут быть разрушены возмущениями немагнитных примесей и дефектами решетки. Более того, такие ПС порождают двумерные фермионы Дирака, что обещает множество новых достижений в физике и спинтронике. Теоретически было показано, что ZT можно радикально улучшить в тонких пленках и нанопроволоках Bi_2Te_3 толщиной всего в несколько атомных слоев за счет увеличения плотности электронных состояний вблизи уровня Ферми, вызванного конфайнментом [5, 6]. Многообещающие, но трудновоспроизводимые результаты ($ZT \sim 2,4$) были получены только в лабораторных условиях при температурах выше 350 К.

Методика эксперимента

Известно, что теллурид висмута (Bi_2Te_3) представляет собой узкозонный слоистый полупроводник с тригональной элементарной ячейкой; он легко расщепляется вдоль тригональной оси из-за слабых ван-дер-ваальсовых связей между соседними атомами теллура [7]. Монокристаллические слои на основе сплавов Bi_2Te_3 *n*- и *p*-типов формировались путем механического отслаивания слоев из монокристаллического слитка соответствующего состава как с использованием скотча [8], так и без клейкой ленты по специальной, разработанной нами технологии. Рентгеноструктурные исследования подтвердили, что полученные слои представляют собой монокристаллы с осью C_3, ориентированной перпендикулярно плоскости слоя.

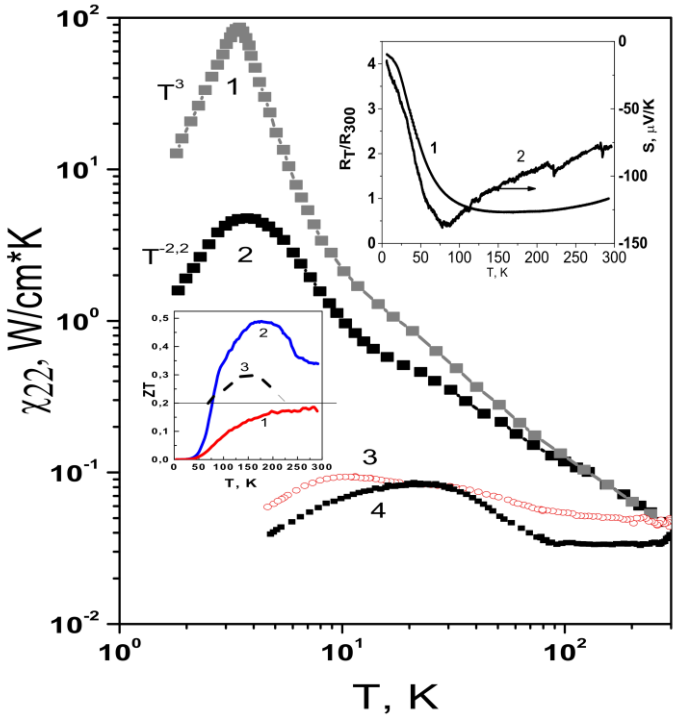


Рисунок 1. Температурные зависимости теплопроводности χ(T) фольг $Bi_{0,84}Sb_{0,16}$, *d*=17μm и массивных образцов Bi и $Bi_{1-x}Sb_x$, Bi (1), $Bi_{0,865}Sb_{0,135}$ (2) и фольг: (3) $Bi_{0.97}Sb_{0.03}$, *d*=20 μm и (4) $Bi_{0.84}Sb_{0,16}$, *d*=17μm. Вставка вверху - температурные зависимости сопротивления $R_T/R_{300}(T)$ - (1) и термоЭДС *S(T)* - (2) фольги $Bi_{0,84}Sb_{0,16}$, *d*=17μm, вставка в центре - температурные зависимости *ZT(T)* фольги $Bi_{0,84}Sb_{0,16}$ (кривая 2).

Фольги полупроводниковых сплавов $Bi_{1-x}Sb_x$ готовились методом высокоскоростной кристаллизации тонкого слоя путем впрыскивания капли расплава массой 0,2–0,3 g во внутреннюю полированную поверхность вращающегося полого медного цилиндра [9]. Электронно-зондовый микроанализ распределения висмута и сурьмы показал, что в быстро затвердевших фольгах сплавов $Bi_{0,84}Sb_{0,16}$ сурьма распределяется равномерно, образуя $(10\,\bar{1}\,\bar{2})$ текстуру; то есть зерна расположены так, что указанные плоскости лежат параллельно поверхности фольги, а ось симметрии C_3 совпадает с нормалью к поверхности фольги.

Разработана и изготовлена автоматизированная установка для исследования термоэлектрических микроохладителей. Установка позволяет исследовать эффект Пельтье в микротермопарах, изготовленных из слоев, фольг или проволок термоэлектрических материалов, при комнатной температуре, т.е. автоматически регистрировать зависимость возникающей разности температур между холодным и горячим спаями микротермопары от силы и направления проходящего через нее тока.

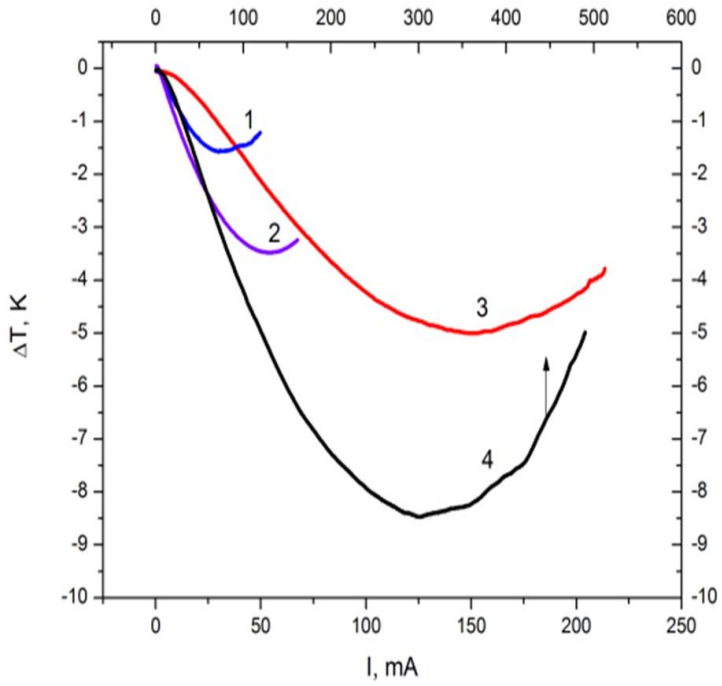


Рисунок 2. Зависимость градиента температуры D*T* от протекающего тока: (кривая 1) одна термопара (слой *n*-Bi_2Te_3 и *p*-Bi_2Se_3); (кривая 2) две сегментные термопары из слоев Bi_2Te_3 и Bi_2Se_3; (кривая 3) одна термопара из фольги $Bi_{0,84}Sb_{0,16}$ *n*-типа и *p*-слой Bi_2Te_3; (кривая 4) термопара из двух параллельно соединенных *p*-слоев Bi_2Te_3 и фольги $Bi_{0,84}Sb_{0,16}$ *n*-типа

Результаты и обсуждение

Были изучены температурные зависимости сопротивления и термоЭДС образцов в интервале температур 4,2–300 К. При температуре *T*=300 К удельное сопротивление фольг полупроводникового сплава $Bi_{0,84}Sb_{0,16}$ ρ=200 ´ 10^{-6} W cm, что в пределах погрешности совпадает со значениями ρ массивных монокристаллических образцов соответствующего состава и при этом ниже удельного сопротивления пленок, выращенных различными методами. Впервые экспериментально исследована теплопроводность фольг сплавов $Bi_{1-x}Sb_x$ в интервале температур 4,2–300 К. Типичные температурные зависимости теплопроводности c(*T*) для фольг сплавов $Bi_{0,84}Sb_{0,16}$ представлены на рис. 1. Для сравнения показаны температурные зависимости массивных образцов Bi и $Bi_{1-x}Sb_x$. При 300 К значения теплопроводности с фольг Bi–16at%Sb (*t*=17μm) практически идентичны значениям, определенным для массивных образцов. В интервале температур 300–200 К теплопроводность фольг не зависит от температуры, тогда как в объемных образцах c(*T*) линейно возрастает в 3 раза. Независимость с от температуры в диапазоне 300–200 К является важнейшим фактором для термоэлектрических применений, в частности, для миниатюрных термоэлектрических охладителей. Именно этим фактом обусловлено использование фольги в качестве *n*-ветви в микроохлаждающем устройстве. На основе одного монокристаллического слоя Bi_2Te_3 *n*-типа и Bi_2Se_3 *p*-типа (рис.2, кривая 1) создано миниатюрное охлаждающее устройство (в виде термопары), обеспечивающее охлаждение на D*T* = 2 К на площади 0,01 cm^2. Зависимость градиента температуры от тока, проходящего через две сегментные термопары на основе слоев *n*- и *p*-типа Bi_2Te_3 и Bi_2Se_3, представлена на рис. 2, кривая 2. Охлаждение на D*T* = 5 К наблюдалось на термопаре, изготовленной из одного слоя Bi–17at%Sb *n*-типа и одного слоя Bi_2Te_3 *p*-типа (рис.2, кривая 3). Использование фольги Bi–16at%Sb *n*-типа в качестве *n*-ветви позволило получить градиент температуры D*T* = 9 К на термопаре, изготовленной из двух монокристаллических слоев Bi_2Te_3 *p*-типа, соединенных параллельно, и *n*-типа фольги Bi –16ат%Sb (рис. 2, кривая 4).

Заключение

Обнаружено, что в фольгах $Bi_{0,84}Sb_{0,16}$ *n*-типа теплопроводность $\chi = 3 \times 10^{-2}$ W/(cm K) при 300 K и остается постоянной при уменьшении температуры до 100 K. Независимость с от температуры в диапазоне 300–200 K является важнейшим фактором для термоэлектрических применений, в частности, для миниатюрных термоэлектрических охладителей. На основе слоя Bi_2Te_3 *p*-типа и фольги $Bi_{0,84}Sb_{0,16}$ *n*-типа создано миниатюрное охлаждающее устройство (на площади 0,01 cm^2) с ΔT = 9 K при 300 K. Использование разработанных миниатюрных охлаждающих устройств позволит повысить функциональность и расширить диапазоны миниатюризации современных электронных компонентов.

Acknowledgments Данная работа выполнена в рамках Subprogram de cercetare 020201 „Nanostructuri și materiale avansate pentru aplicații în spintronică, termoelectricitate și optoelectronică”.

Список литературы

[1] D.V. ROWE, *Thermoelectric handbook: macro to nano.* Boca Raton: Taylor FrancIs, 2006.
[2] O. YAMASHITA, S. TOMIYOSHI, K. MAKITA, “Bismuth telluride compounds with high thermoelectric figures of merit,” Journal of Applied Physics, vol. 93, pp. 368-374, 2003, doi: 10.1063/1.1525400
[3] L. KONOPKO, A. NIKOLAEVA, T. HUBER, and D. MEGLEI, “Thermoelectric properties of Bi_2Te_3 microwires,” *Physica Status Solidi C*, vol. 11, pp. 1377–1381, 2014, doi: 10.1002/pssc.201300202
[4] M. HASAN and C. KANE, “Colloquium: Topological insulators,” *Reviews of modern physics*, vol. 82, pp. 3045-3067, 2010, doi: 10.1103/RevModPhys.82.3045
[5] J.P. HEREMANS ”Low dimensional thermoelectricity,” *Acta Physica Polonica*, vol. 108, pp. 609-634, 2005.
[6] O. RABIN, Y.M. LIN, M.S. DRESSELHAUS, ”Anomalously high thermoelectric figure of merit in $Bi_{1-x}Sb_x$ nanowires by carrier pocket alignment,” *Applied Physical Letters*, vol. 79, pp. 81-83, 2001, doi: 10.1063/1.1379365
[7] P. LARSON, S.D. MAHANTI, M.G. KANATZIDIS, “Electronic structure and transport of Bi_2Te_3 and $BaBiTe_3$,” *Physical Review B*, vol. 61, pp. 8162-8171, 2000, doi: 10.1103/PhysRevB.61.8162
[8] V. GOYAL, D. TEWELDEBRHAN and A. BALANDIN, ”Mechanically-exfoliated stacks of the films of Bi_2Te_3 topological insulator,” *Applied Physics Letters*, vol. 97, p. 133117, 2010, doi: 10.1063/1.3494529
[9] A.V. DEMIDCHIK and V.G. SHEPELEVICH, *“*Structure and electronic spectrum of fullerene-like nanoclusters based on Mo, Nb, Zr, and Sn disulfides,” *Inorganic Materials*, vol. 40, pp. 391-395, 2004

ELABORAREA SISTEMULUI DE ILUMINARE A AUTOVEHICULULUI

Alexandru RAILEAN*, Andrian CHEPTENE

[1] *Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea Calculatoare Informatică și Microelectronică, Departamentul Microelectronică și Inginerie Biomedicală, grupa MN-221, Chișinau, Republica Moldova*

*Autorul corespondent: Railean Alexandru, alexandru.railean@mib.utm.md

Îndrumătorul/coordonatorul științific **Maxim CHIRIAC**, Asistent universitar, Centrul de Nanotehnologii și Nanosenzori, Departamentul Microelectronică și Inginerie Biomedicală, Facultatea Calculatoare Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

Rezumat. *În lucrarea dată este descris actualizarea și modernizarea automobilului electric dezvoltat la Universitatea Tehnică a Moldovei intitulată Haiduc. Acest vehicul este complet proiectat de studenții acestei universități. Modernizarea acestuia constă în actualizarea componentelor actuale precum și adăugarea a noi funcționalități. Pentru o economie și eficiență mai mare în cadrul acestui proiect se vor efectua studii privind protocoale de comunicare între dispozitivele unui vehicul electric. Tema cuprinde unul din cele mai importante sisteme care sunt prezente într-un automobil, iluminarea și semnalizarea. Cea mai importantă condiție pentru conducerea unui automobil în siguranță este comunicarea cu alți participanți ai traficului. Din acest considerent este fundamental elaborarea sistemului de iluminare și semnalizare. Schemele principiale pentru efectuarea sistemului de semnalizare și cotire precum și comunicarea între module sunt prezentate în articol.*

Cuvinte cheie: *Iluminare, indicatoare, sistem încorporat, control.*

Introducere

În ultimii ani mașinile electrice devin din ce în ce mai populare, acest fenomen se datorează faptului că ele sunt cu mult mai econoame ca cele cu combustibil. Deși mașinile electrice au un preț mărit la procurare în termen lung ele sunt capabile să economisească o sumă mai mare de bani. În întreaga lume, guvernele și producătorii de automobile promovează vehiculele electrice ca fiind o tehnologie cheie pentru a reduce consumul de petrol și pentru a combate schimbările climatice. General Motors a declarat că își propune să nu mai vândă mașini și camioane ușoare noi pe benzină până în 2035 și că se va orienta către modelele alimentate cu baterii [1]. Oamenii de știință din domeniul climei afirmă că electrificarea vehiculelor este una dintre cele mai bune modalități de a reduce emisiile de gaze cu efect de seră care încălzesc planeta. În Statele Unite, sectorul transporturilor este cea mai mare sursă de emisii, cea mai mare parte provenind de la autoturisme și camioane [2]. Ca mașinile electrice să fie cât mai ecologice, este necesar să fie asamblate pe cele mai ecologice să eficiente componente. Un sistem important pentru un automobil este sistemul de iluminare și semnalizare, iar cea mai eficientă sursă de lumină electrică cunoscută la moment este dioda emițătoare de lumină (LED). LED este cea mai eficientă din punct de vedere energetic și se dezvoltă rapid în prezent. LED-urile sunt de mărimi reduse în comparație cu becurile de incandescență și pot emite lumină într-o gamă de culori. Un alt aspect pozitiv al LED-urilor se datorează faptului că emit foarte puțină căldură. În comparație, becurile cu incandescență eliberează 90% din energia lor sub formă de căldură, aceste pierderi în căldură duc la un consum ridicat de energie [3]. Mașina electrică se subînțelege că va consuma destul de multă energie electrică, din acest motiv este necesar utilizarea componentelor cât mai eficiente din punct de vedere energetic. O altă componentă necesară în proiectarea unei mașini electrice sunt releele care vor îndeplini rolul întrerupătoarelor de putere, care vor fi controlate de la blocul de control. Releele sunt dispozitive electromecanice care utilizează un electromagnet pentru a acționa o pereche de contacte mobile de la o poziție

deschisă la o poziție închisă [4]. Blocul de relee va permite o simplificare a sistemului de iluminare al vehiculului, un alt punct semnificativ este utilizarea ca bloc de control Arduino Mega 2560 [5], ce va modifica starea releelor din acest bloc .

Partea tehnică

Conceptul dispozitivului este crearea unui bloc de control pentru iluminare modular, astfel încât să fie ușor de modificat sau reparat la necesitate. Pentru diagnosticarea defecțiunilor care pot apărea pe viitor. În componența cutiei blocului de control se va conține o foaie tehnică, pe care va fi descris atât conexiunile blocului cât și semnificația fiecărui bloc.

Pentru asamblarea unui bloc electronic de iluminare ce este capabil să controleze cu dispozitivele de iluminare se va folosi un modul de relee comercial care va permite comutarea tuturor iluminațiilor din autovehicul , iar pe viitor vor rămâne module utilizate pentru extinderea funcționalității. Acest bloc va fi plasat într-o cutie specială cu dimensiunile de 300x250x120 mm, având gradul de protecție IP65.

Pentru realizarea acestui bloc de control se va folosi microprocesorul ATmega2560 [5]. Comunicarea între blocul de control, senzorilor și dispozitivelor se va face cu ajutorul protocolului CAN [6] (Controller Area Network – Rețea de Control). Acest protocol va permite realizarea comunicării printr-o magistrală, deoarece utilizarea de legături cablate pentru interconectarea va fi costisitoare și ineficientă.

Cu scopul diagnosticării la timp a defecțiunilor unei părți componente a sistemului de iluminare sau a altui dispozitiv în cadrul proiectului, a fost elaborată schema principială de control cu feedback pe un panou de indicație dedicat (Fig. 1). Acest panou va îndeplini funcția conceptuală de a informa utilizatorul cu privire la orice disfuncționalitate în funcționarea sistemului. Indicatorii LED sau afișajul digital de pe panou vor semnaliza, ca exemplu, starea de defect a unui releu de iluminare.

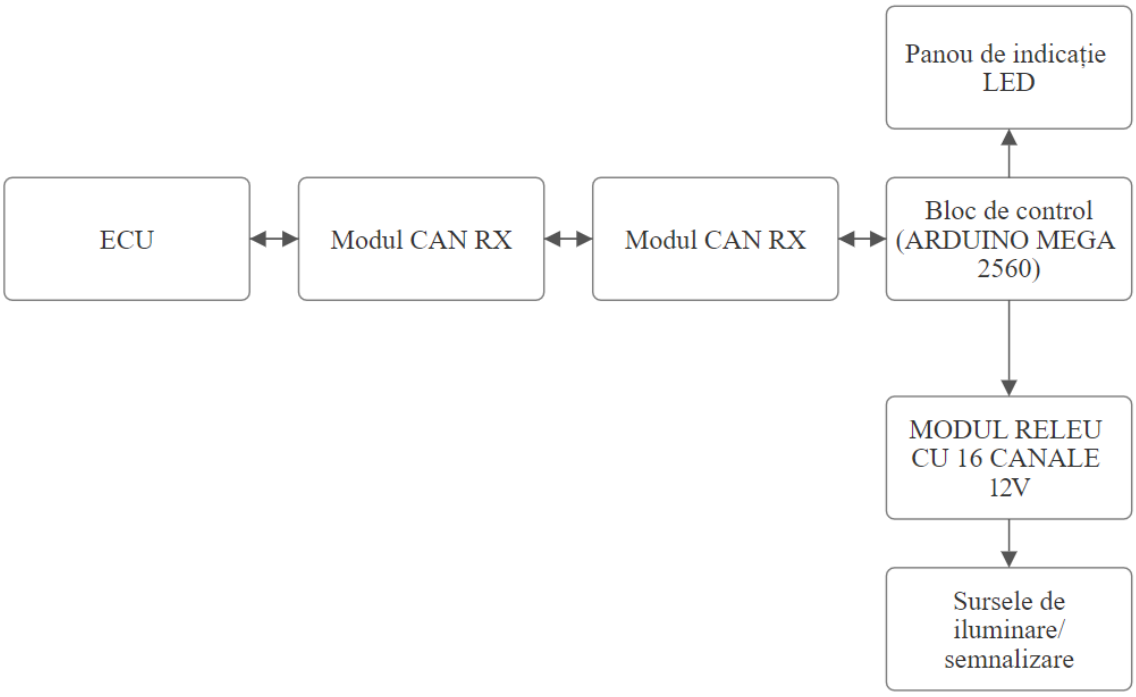


Figura 1. Imaginea schemei conceptuale a sistemului de control

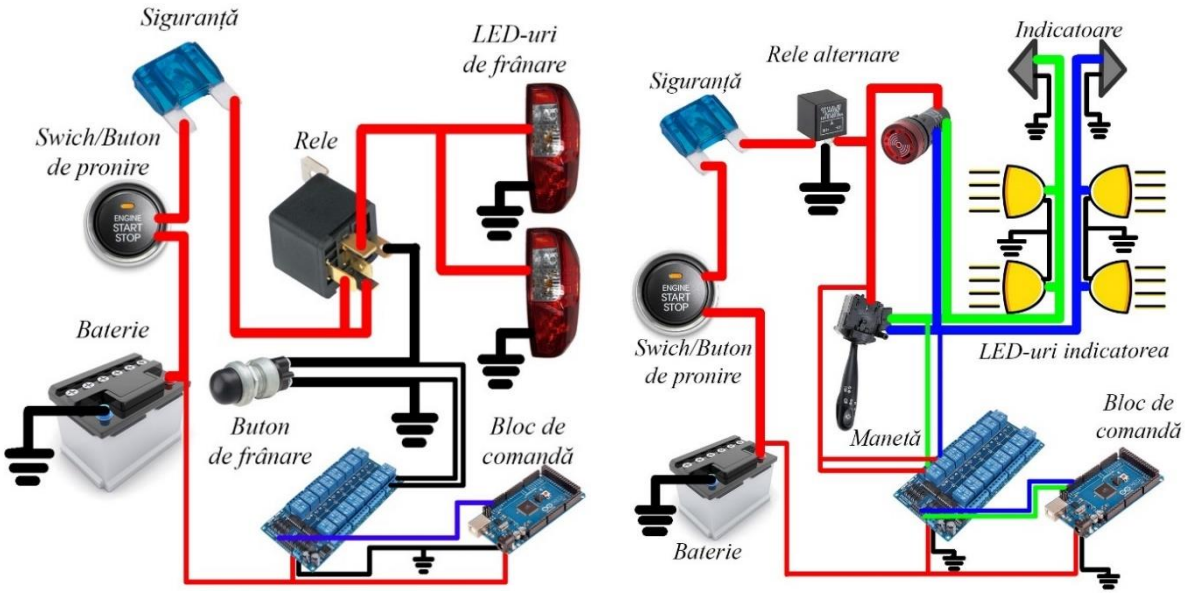
Pentru siguranța în trafic un rol important au luminile de frânare. Semnalizarea manevrei de frânare va fi format dintr-un circuit independent care va aprinde LED-urile indicatoare în timpul apăsării pe pedală. Circuitul responsabil de informarea altor participanți la trafic trebuie să fie independent, simplu și să funcționeze fără erori. Luminile de indicare pentru frânare

trebuie să emită o lumină accentuată roșie pentru atragerea atenției participanților la trafic. În Fig. 2a este reprezentată schema principială pentru circuitul respectiv.

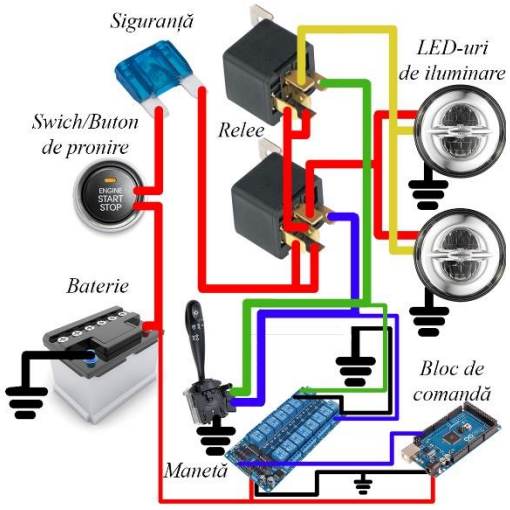
Un alt aspect important pentru siguranța în trafic, este semnalizarea intenției de a executa o manevră de cotire. În comparație cu sistemul de informare frânare, sistemul de indicare la cotire este constituit din patru LED-uri, de culoare Galbenă care trebuie să clipească cu o perioadă prestabilită. Conectarea acestui circuit este reprezentată în Fig. 2b.

Pe lângă comunicarea cu alți participanți ai traficului este esențial ca un automobil să fie dotat cu un sistem de iluminare. Pe timpul nopți sau când este vizibilitatea redusă este obligatoriu pornirea iluminări. Sistemul de iluminare ne oferă oportunitatea de a selecta unul din cele două moduri de lucru: lumină de apropiere și lumină de distanță. Schema principială pentru sistemul de iluminare este reprezentată în Fig. 2c.

Pentru comunicarea cu acest sistem, se va folosi platforma Arduino Mega 2560 [5] care va permite transmiterea semnalului pentru virare sau oprire de la blocul de comandă prin protocolul CAN [6], acesta la rândul său va fi capabil să recepționeze acest semnal.



(a) (b)



c)

Figura 2. Imaginea schemei principiale a sistemului de indicare
(a)- frânare; (b)- direcției de cotire; (c)- iluminare

Avantaje:

a) Utilizarea blocului de relee permite cu ușurință să fie introduse modificări în sistemul vehiculului;
b) Sistemul este asamblat pe module independente și aparte de circuitul cu tensiune mare, ce permite diagnosticarea fiecărui sistem în parte și înlăturarea problemei eficient și cu cost redus;
c) Adăugarea foaiei tehnice în componența blocului de control va permite altor persoane terțe să restituie funcționalitatea sistemului;

Concluzii

Proiectul respectiv reprezintă o abordare inovatoare și eficientă în dezvoltarea unui sistem modular de control al iluminatului. Prin utilizarea unui microprocesor puternic, cum este ATmega2560, și a unui modul de relee comercial, se va forma un bloc de control versatil, ușor de extins și controlat. Integrarea unui panou de indicație adaugă o dimensiune importantă de diagnosticare și monitorizare a sistemului, permițând utilizatorului să detecteze și să remedieze rapid eventualele defecțiuni. Pe lângă funcționalitățile principale de control și monitorizare, se acordată atenție datelor tehnice, care presupune o documentație pentru înlăturarea defectelor într-o cale mai ușoară a sistemului pe viitor. Astfel, dispozitivul propus nu doar îndeplinește cerințele inițiale, ci aduce și un plus valoare de inovație și eficiență în controlul dispozitivelor de iluminare. De asemenea, este important de menționat că implementarea sistemului de informare oferă șoferilor din spate informații clare cu privire la intenția de frânare a vehiculului, contribuind astfel la prevenirea accidentelor și la creșterea nivelului de siguranță în trafic.

Mulţumiri. Railean Alexandru este recunoscător Universității Tehnice a Moldovei, pentru oferirea posibilități de dezvoltare a proiectului dat, în special doctorului, Nicolai Ababii.

Referinţe

[1] "The New Youk Times, CLIMATE How Green Are Electric Vehicles?" [Online]. Available: https://www.nytimes.com/2021/03/02/climate/electric-vehicles-environment.html
[2] "The New Youk Times, Electric Cars Are Better for the Planet – and Often Your Budget, Too" [Online]. Available: https://www.nytimes.com/interactive/2021/01/15/climate/electric-car-cost.html
[3] "U.S. Department of Energy, Energy Saver Renewables & Electricity Lighting LED Lighting." [Online]. Available: https://www.energy.gov/energysaver/led-lighting
[4] ”Specificațiile modulului cu relee." [Online]. Available: https://www.uctronics.com/download/Amazon/U604302_print.pdf
[5] "Arduino docs, Hardware, Mega 2560 Rev3"[Online]. Available: https://docs.arduino.cc/hardware/mega-2560/
[6] "Typhoon HIL Documentation, CAN Bus protocol" [Online]. Available: https://www.typhoon-hil.com/documentation/typhoon-hil-software-manual/References/can_bus_protocol.html

ELABORAREA DISPOZITIVULUI PENTRU STUDIEREA EFECTULUI DE TUNELARE

Serghei ANATI

Departamentul Microelectronică și Inginerie Biomedicală, grupa IBM-212, Facultatea Calculatoare Informatică și Microelectronică, Chişinau, Universitatea Tehnică a Moldovei, Republica Moldova

*Autorul corespondent: Serghei Anati, serghei.anati@mib.utm.md

Îndrumător/coordonatorul științific: **Dinu LITRA**, asistent universitar, Centrul de Nanotehnologii și Nanosenzori, Departamentul Microelectronică și Inginerie Biomedicală, Facultatea Calculatoare Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

Rezumat. *Studiul efectului de tunelare reprezintă un proces complex, care include aspecte teoretice și experimentale. La nivel teoretic, cercetătorii explorează modele matematice și principii fizice care stau la baza fenomenului de tunelare, inclusiv ecuațiile lui Schrödinger și teoria câmpurilor cuantice. Cercetările experimentale implică dezvoltarea metodelor și dispozitivelor pentru măsurarea și observarea efectului de tunelare în diferite sisteme. De exemplu, se utilizează microscopia cu tunelare de tip scanare, spectroscopia curentului de tunelare și alte metode pentru studiul fenomenului la micro si nano nivel. Aplicațiile efectului de tunelare acoperă o gamă largă de domenii cum ar fi electronică inclusiv superconductori. În plus, cercetările asupra efectului de tunelare sunt de o importanță majoră pentru dezvoltarea calculului cuantic, unde este utilizat pentru implementarea porților și operațiilor cuantice. În ansamblu, studiul efectului de tunelare nu numai că contribuie la o înțelegere mai profundă a mecanicii cuantice și a interacțiunii la micro/nano nivel, dar și deschide uși către o multitudine de inovații și aplicații în știința și tehnologii moderne.*

Cuvinte cheie: *tunelare, campuri, micro/nano nivel, dispozitiv*

Introducere

Efectul de tunelare este un fenomen cuantic în care o mică particulă, cum ar fi un electron, trece printr-o barieră de potențial, chiar dacă energia sa nu este suficientă pentru a o depăși dintr-o perspectivă clasică. Acest fenomen are aplicații importante în diferite domenii ale științei și tehnicii, cum ar fi:

- În electronică, este utilizat pentru crearea dispozitivelor specializate, cum ar fi diodele tunel și tranzistoarele, care asigură o viteză mare de funcționare și eficiență.
- În superconductori, efectele de tunelare joacă un rol major în crearea contactelor și structurilor de tunel, ceea ce este util pentru dezvoltarea calculului cuantic și a senzorilor foarte sensibili.
- Microscopia cu scanare tunel permite studierea suprafeței materialelor la nivel atomic.

Astfel, efectul de tunelare este larg utilizat în diferite domenii ale științei și tehnicii, iar înțelegerea sa joacă un rol important în tehnologiile și cercetările moderne. Pentru a obține caracteristica volt-amperică a unei diode tunel, se poate utiliza un dispozitiv specializat numit analizator parametric [1]. Acest dispozitiv este destinat măsurării dependenței curentului prin diodă de tensiunea aplicată pe aceasta. Analizatorul parametric poate furniza date precise despre curent și tensiune pentru diferite valori ale tensiunii de intrare, permițând construirea caracteristicii volt-amperice a diodei tunel.

Cu toate acestea, dispozitivele comerciale de acest tip pot avea un preț excesiv. Pentru a studia efectul de tunelare în cadrul lecțiilor de laborator, s-a luat decizia de a elabora un dispozitiv cu aceleași funcționalități la un cost mai redus. În timpul procesului de cercetare a valorilor cu un analizator parametric, diferite valori ale tensiunii de intrare pot fi setate în mod

alternativ, iar curentul corespunzător prin diodă poate fi măsurat. Aceste date pot fi apoi analizate și prezentate sub formă de grafic al caracteristicii volt-amperice.

Este important ca analizatorul parametric să fie capabil să funcționeze în condiții care să corespundă caracteristicilor diodei tunel, cum ar fi frecvențe ridicate, niveluri scăzute de curent și straturi subțiri de material, în cazul în care sunt utilizate.

Partea tehnică

Principiul de funcționare al diodei tunel se bazează pe fenomenul de tunelare a electronilor prin bariera de potențial [2]. Dioda tunel constă din două regiuni semiconductoare, numite anod și catod, între care există un strat subțire de dielectric, numit barieră.

Atunci când se aplică o tensiune pe dioda tunel, aceasta provoacă o diferență de energie între electronii din anod și cei din catod. Dacă energia electronilor din emitor este mai mare decât cea din barieră, atunci ei pot trece prin barieră și ajunge în regiunea catodului.

Factorul cheie a diodei tunel este grosimea și înălțimea barierei de potențial. Cu o barieră suficient de subțire și o tensiune ridicată, electronii pot trece prin barieră chiar dacă nu ar avea suficientă energie pentru a o depăși conform legilor fizicii clasice.

Astfel, în anumite condiții, dioda tunel asigură o eficiență ridicată în conducerea curentului electric, deoarece o mare parte din electroni trec prin barieră datorită efectului de tunelare, ceea ce duce la o viteză mare de transport a electronilor și la o reacție rapidă la schimbările în tensiunea externă. Aceasta face ca diodele tunel să fie utile în aplicații care necesită un timp de reacție rapid și o sensibilitate ridicată, cum ar fi amplificatoarele de frecvențe înalte, generatoarele de microunde și alte dispozitive radio.

În schema elaborata pentru construirea caracteristicii curent tensiune se utilizează Arduino NANO [3] în combinație cu un senzor digital de curent și tensiune INA219 și cu interfața I2C [4], iar datele obținute sunt prezentate pe un ecran LCD cu interfață I2C [5]. Cu ajutorul acestor componente, a fost proiectată o schemă principial, prezentată în figura 1. Mediul de lucru utilizat pentru a elabora circuitul cu un cablaj imprimat este EasyEDA [6], care reprezintă un mediu de lucru cu acces liber. Aceasta furnizează o gamă largă de instrumente pentru proiectarea și testarea circuitelor, permițând utilizatorilor să creeze și să simuleze scheme electronice, să proiecteze plăci de circuit imprimate (PCB) și să colaboreze cu alți utilizatori în procesul de proiectare.

Datorită schemei principiale prezentate in figura 1, toate componentele au fost amplasate pe o placă cu circuit imprimat pentru a ușura asamblarea componentelor și testarea dispozitivului. Traseele pentru dispozitivul elaborat sunt prezentate in figura 2a (vederea de jos), și figura 2b (vederea de sus). De asemenea, a fost realizat modelul 3D a dispozitivului elaborat vizualizat in figura 2c. Dimensiunea plăcuței cu cablaj imprimat pentru dispozitiv are dimensiunile de 85 mm x 65 mm.

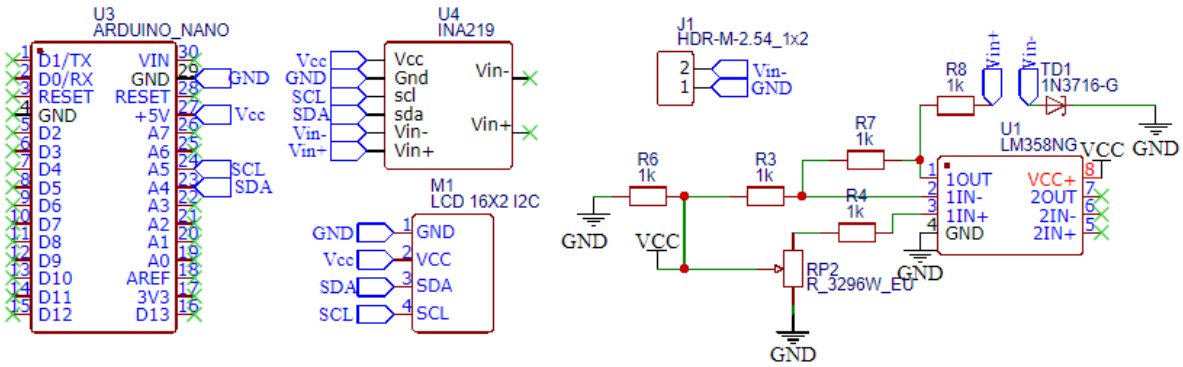


Figura 1. Schema electrică principială a unui dispozitiv pentru studierea diodei tunel

Datorită schemei principiale prezentate in figura 1, toate componentele au fost amplasate pe o placă cu circuit imprimat pentru a ușura asamblarea componentelor și testarea dispozitivului. Traseele pentru dispozitivul elaborat sunt prezentate in figura 2a (vederea de jos), și figura 2b (vederea de sus). De asemenea, a fost realizat modelul 3D a dispozitivului elaborat vizualizat in figura 2c. Dimensiunea plăcuței cu cablaj imprimat pentru dispozitiv are dimensiunile de 85 mm x 65 mm.

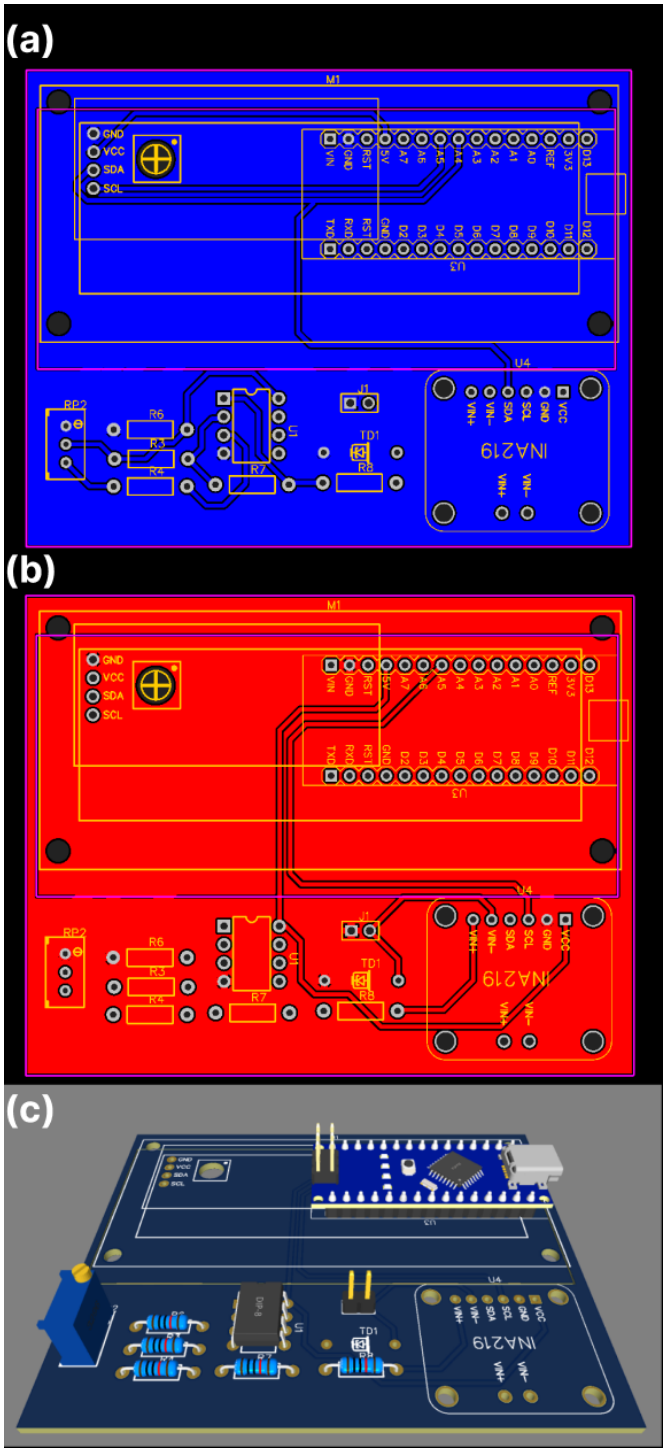


Figura 2. Imaginea PCB a dispozitivului: (a)vedere de jos, (b) vedere de sus și (c) imaginea plăcii de bază

Concluzii

În concluzie, efectul de tunel este un fenomen cuantic important care permite particulelor mici, cum ar fi electronii, să pătrundă în barierele potențiale, deschizând calea pentru numeroase aplicații în știință și tehnologie. Acest fenomen este esențial în dezvoltarea dispozitivelor electronice avansate, cum ar fi diodele tunel și tranzistoarele care beneficiază de viteză, eficiență și performanță. Astfel, înțelegerea și exploatarea efectului de tunel joacă un rol critic în progresul tehnologic și în cercetarea actuală și viitoare. Utilizarea unui analizor parametric pentru obținerea caracteristicilor de tensiune ale diodelor tunelului este importantă pentru studierea și optimizarea acestor dispozitive, asigurând buna funcționare a acestora în anumite condiții de frecvență, curent și grosime a materialului.

Dispozitivul elaborat este unul dintre cele mai simple, ușor de utilizat și, datorită construcției modulare, este potrivit pentru reparare și ieftin în întreținere. Poate fi folosit pentru a demonstra studenților efectul tunelului în timpul lucrărilor de laborator.

Referințe

[1] „Как устроен туннельный диод” [Online]: https://www.radioelementy.ru/articles/kak-ustroen-tunnelnyi-diod/
[2] „Туннельный эффект” [Online]: http://nuclphys.sinp.msu.ru/enc/e169.htm
[3] „Arduino Arduino® Nano Datasheet Available” [Online]: https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000005-datasheet.pdf.
[4] „Bi-Directional CURRENT/POWER MONITOR with I2 C Interface”[Online]: https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/551671/TI/INA219.html
[5] [„I2C Serial Interface 1602 LCD Module” [Online]: https://www.handsontec.com/dataspecs/module/I2C_1602_LCD.pdf
[6] „EasyEDA”[Online]. https://easyeda.com/editor

IMPACTUL SUBSTRATULUI ASUPRA MORFOLOGIEI ȘI ORDONĂRII NANOFIRELOR DE OXID DE ZINC

Simon BUSUIOC

Centrul Național de Studiu și Testare a Materialelor, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

Autorul corespondent: Simon Busuioc, simon.busuioc@cnstm.utm.md *ORCID ID 0009-0006-2601-4015*

Îndrumătorul/coordonatorul științific **Eduard MONAICO**, dr., conf. cerc., Centrul Național de Studiu și Testare a Materialelor, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

Rezumat. *În lucrare se investighează influența diferitor configurări de substrat asupra morfologiei și proprietăților nanofirelor de ZnO obținute prin creșterea hidrotermală. Scopul constă în identificarea unei platforme potrivite pentru dezvoltarea senzorilor electrochimici non-enzimatici pentru glucoză, peroxid de hidrogen, acid lactic și alți analiți chimici sau biologici. Creșterea nanofirelor de ZnO este explorată pe diverse substraturi, precum sticlă, sticlă pulverizată cu aur, sticlă pulverizată cu aur și tratată termic pentru formarea nanodotelor de Au, strat de germinație de acetat de zinc pre-depus pe ambele tipuri de sticlă. O atenție sporită a fost atrasă cristalelor de arseniură de galiu (GaAs), utilizate pentru creșterea ZnO atât ca substraturi planare cât și rețele de nanofire de GaAs. Aceste configurații specifice au fost alese pentru potențialul ce-l pot avea asupra morfologiei și proprietăților electrice ale nanofirelor de ZnO, influențând în cele din urmă capacitatea lor de a se lega și de a detecta selectiv analiții doriți. Microscopia electronică cu scanare (SEM) a fost utilizată pentru a caracteriza nanofirele obținute. Această analiză își propune să dezvăluie impactul configurației substratului asupra morfologiei, proprietăților cristalografice și potențialului pentru viitoare aplicații de senzori.*

Cuvinte cheie: *substrat de GaAs, nanofire de ZnO, nanodote de Au, strat de germinație.*

1. Introducere

Oxidul de zinc (ZnO) sub formă de nanofire a devenit un material promițător pentru diverse aplicații datorită proprietăților sale unice, printre care o bandă energetică largă, bio-compatibilitate și caracteristici excelente piezoelectrice, semiconductoare și fotocatalitice [1,2]. Raportul înalt a suprafeței către volum sporește considerabil potențialul de utilizare în diverse domenii precum senzori de gaze, tranzistoare cu efect de câmp și biosenzori [3].

Senzorii electrochimici non-enzimatici oferă avantaje semnificative față de alternativele bazate pe enzime, deoarece sunt cost-efective, stabile pe termen lung de funcționare și rezistente la condiții de mediu dure [4]. Nano-firele de ZnO sunt promițători pentru dezvoltarea unor astfel de senzori datorită mecanismelor de detectare controlate și a suprafeței active mari, care facilitează interacțiunea eficientă cu analitul dorit [3].

Cu toate acestea, performanța senzorilor bazate pe nano-fire de ZnO este puternic influențată de morfologia și proprietățile acestora, care sunt la rândul lor afectate semnificativ de substratul pe care cresc[5]. Respectiv, optimizarea platformei de substrat este crucială pentru obținerea unor senzori cu sensibilitate și selectivitate ridicată.

Straturile de germinație joacă un rol vital în promovarea creșterii controlate a nano-firelor. Acestea oferă locuri de nucleație, influențând densitatea, orientarea și diametrul nano-firelor [6]. Un strat de germinație, precum acetatul de zinc, poate promova creșterea orientată a nano-firelor de ZnO prin furnizarea de locuri de nucleație preferențiale pentru ionii Zn și O [7]. ITO este un mix din oxid de indiu și selenium, un material transparent și electric conductiv și are o compatibilitate structurală bună cu ZnO. Această combinație are potențial în aplicații fotoelectrice.

Acest studiu investighează influența diferitelor configurații de substrat indicate în Tabelul 1 asupra morfologiei și proprietăților nanofirelor de ZnO crescute hidrotermal. Alegerea substratului de sticlă în detrimentul substraturilor de GaAs în unele aplicații poate fi motivată în principal de accesibilitate și costuri reduse. Sticla este un material abundent, ieftin, ceea ce o face atractivă pentru diverse aplicații tehnologice. Cu toate acestea, în unele cazuri, în special în domeniul optoelectronicii și nanotehnologiei, substraturile de GaAs pot oferi avantaje semnificative datorită proprietăților lor intrinseci. Prin îmbinarea substraturilor de GaAs cu nanostructuri de ZnO pot fi create structuri hibride cu proprietăți îmbunătățite.

Tabelul 1

Sistematizarea datelor referitor la substraturile utilizate pentru creșterea nanofirelor de ZnO

Nr.	Substrat	Funcționalizare cu strat de aur	Strat de germinație
1	Sticlă	-	-
2	Sticlă	-	Aplicat
3	Sticlă	Aur pulverizat	-
4	Sticlă	Aur pulverizat	Aplicat
5	Sticlă	Aur pulverizat + tratare termică (300°C, 60 min)	Aplicat
6	ITO pe Sticlă	-	Aplicat
7	GaAs	-	Aplicat
8	GaAs	Electrochimic (t_{on}=50 ms, t_{off}=1 s, t_{dep}=90 s)	-
9	GaAs	Electrochimic (t_{on}=300 ms, t_{off}=1 s, t_{dep}=90 s)	-

Aceste configurații specifice au fost alese datorită impactului asupra proprietăților cristaline, caracteristici de suprafață și morfologiei generale a nanofirelor. Înțelegerea interacțiunii dintre acești factori este crucială pentru adaptarea a nanofirelor pentru aplicații de detecție eficiente și fiabile.

Microscopia electronică cu scanare (SEM) a fost folosită pentru a caracteriza vizual nanofirele rezultate, dezvăluind morfologia acestora și oferind o înțelegere clară în ceea ce privește influența substratului subiacent. Această analiză stabilește o corelație între caracteristicile structurale ale nanofirelor și potențialul lor pentru viitoare aplicații de detecție.

Prin identificarea configurației optime a substraturilor care promovează o sensibilitate și selectivitate ridicate față de analiții țintă precum glucoza, peroxidul de hidrogen și acidul lactic, această lucrare deschide calea pentru dezvoltarea de senzori electrochimici non-enzimatici eficienți și fiabili bazați pe nanofire de ZnO.

2. Materiale și metode

2.1. Reactivi chimici

Pentru stratul de germinație s-a utilizat acetat de zinc dihidrat (Sigma-Aldrich), etanol și dietanolamină (Sigma-Aldrich). Pentru creșterea firelor de ZnO în soluție hidrotermală s-a utilizat azotat de zinc hexahidrat 98% (Sigma-Aldrich), hidroxid de potasiu 90% (Sigma-Aldrich).

2.2. Obținerea stratului de aur

Pentru pulverizare s-a utilizat Cressington Sputter 108auto. Pe probă s-a pulverizat aur cu grosimea de 17 nm în plasmă de argon. Tratarea termică a avut loc la 300 °C timp de 60 minute. Pentru probele de GaAs, aurul s-a aplicat prin metoda electrochimică cu durata impulsului de 300 ms și 50 ms respectiv, ambele cu pauza între impulsuri de 1 secundă și durata totală de 90 secunde.

2.3 Prepararea stratului de germinație (seed-layer)

A fost amestecat 1,3gr de acetat de zinc dihidrat cu 10 ml de etanol, apoi amestecată cu un magnet la 400 rpm timp de 1 h. După 15 minute de amestec s-au picurat 15 picături de dietanolamină pentru a o dilua până a devenit transparent. Între timp, probele au fost spălate în acetonă, apoi izopropanol și în final apă deionizată. După finisarea amestecului, soluția s-a picurat pe probe cu o pipetă, astfel încât să acopere toată suprafața. După aceasta proba a fost

plasată pe centrifugă și rotită la 6000 rpm timp de 40 sec pentru a repartiza soluția uniform pe toata suprafața. Ulterior, probele au fost tratate termic timp de 135 minute (45 min de la temperatura camerei până la 500 °C, apoi 90 min la temperatura de 500 °C).

Creșterea firelor de ZnO

Pentru soluția în care se cresc hidrotermal firele de ZnO au fost utilizate mixturi de 9,6 g de hidroxid de potasiu cu 40 ml apă deionizată într-un vas de 50 ml și alta soluție de 6 g de nitrură de zinc hexahidrată cu 40 ml apă deionizată într-un vas de 100 ml. Ambele au fost amestecate separat la 400 rpm timp de 10 min. Imediat după finisare, soluția din vasul de 50 ml a fost turnată în vasul de 100 ml și amestecată mai departe la aceeași viteza a magnetului timp de 20 min. Apoi soluția a fost încălzită la 50 °C și vasul scufundat în alt vas de 250 ml cu apă cu temperatura de 80 °C. Vasul cu apă servește ca baie termică pentru vasul de 100 ml. Probele au fost scufundate în soluția hidrotermală de zinc cu fața spre magnet. Vasul de 250 ml a fost acoperit cu o folie de aluminiu.. Soluția a fost amestecată la 300 rpm timp de 2 h la temperatura de 80 °C cu controlul temperaturii prin inserat în apă a termocontrolerului mesei Sigma Aldrich.

3. Rezultate experimentale

Ca referință, s-a încercat de a crește fire de ZnO pe substraturi simple (Fig. 1). Pe sticlă curată (Fig. 1a) au crescut puține fire, iar formele neregulate fiind prezente cel mai mult. Celelalte doua probe (Fig. 1b,c) nu au permis o creștere propriu-zisă de nanofire, formându-se doar o suprafață mai mult poroasă cu multe defecte locale.

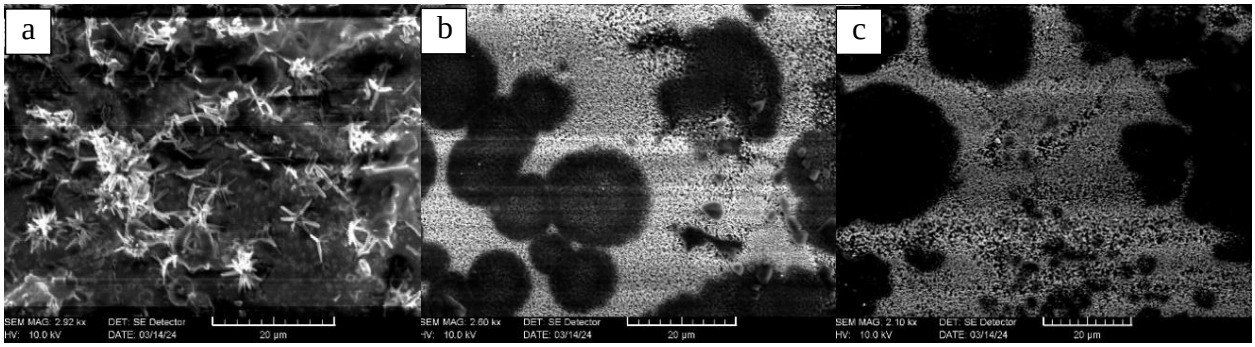


Figura 1. Creșterea nanofirelor de ZnO pe substraturi de: (a) Sticlă curată; (b) Sticlă acoperită cu strat de germinație; (c) Sticlă acoperită cu aur prin pulverizare cu grosimea de 17 nm.

Următorul substrat investigat reprezintă aur pulverizat pe sticlă (Fig. 2a,b), ulterior acoperit cu strat de germinație. Nanofirele sunt bine definite, neordonate, cu o lungime mai mare ca în probele anterioare, fiind vizibile mici defecte locale după cum este prezentat în Fig. 1b,c. Cu toate că astfel de aranjament al nanofirelor ar favoriza modificarea suprafeței lor, se dorește totuși, pentru eficiență mai mare, nanofire crescute perpendicular pe suprafață. O explicație pentru această creștere ar fi că pulverizarea creează de obicei o suprafață rugoasă cu vârfuri și denivelări microscopice, ce favorizează creșterea în diverse direcții.

Pe următorul substrat de aur pulverizat pe sticlă și tratat termic, acoperit ulterior cu strat de germinație (Fig. 2c,d), firele au crescut perpendicular pe substrat și sunt bine definite. Există câteva zone mici de defect unde nanofirele au crescut neordonat. În zonele negre fie nu au crescut sau au fost distruse în timpul sintetizării. Motivul creșterii ordonate a nanofirelor constă în faptul că stratul de germinare netezește suprafața și elimină tensiunile structurale care ar putea să existe, astfel facilitând creșterea perpendiculară a nanofirelor pe substrat. Întrucât densitatea nanofirelor este mare, pe viitor se dorește rărirea lor prin creștere controlată pentru a putea modifica suprafețele lor, de exemplu funcționalizare pentru îmbunătățirea performanței [8,9].

Cele mai reușite morfologii au fost obținute pe substrat de ITO (a se vedea Fig. 2.e,f), unde sunt observate defecte minime. Din imaginea SEM în secțiune transversală se observă

aranjarea lor ordonată și cu o distribuție uniformă a diametrului. Compatibilitate parțială a structurilor cristaline a permis acest aranjament al nanofirelor de ZnO. Aici se dorește pe viitor de a rări densitatea nanofirelor în primul rând pentru aplicații fotoelectrice, întrucât ITO este un material transparent și pătrunderea luminii este absolut necesară.

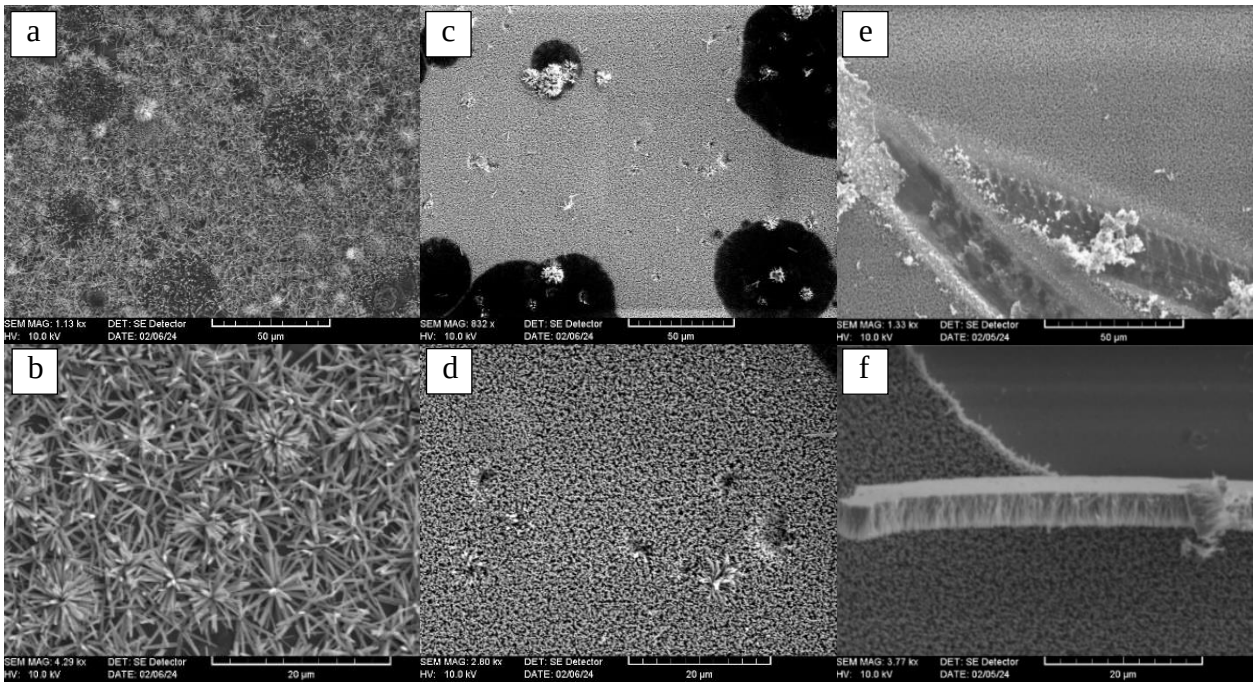


Figura 2. Creșterea nanofirelor de ZnO pe substrat de: (a,b) Sticlă cu aur pulverizat, acoperit ulterior cu strat de germinație; (c,d) Sticlă cu aur urmat de tratat termic cu strat de germinație; (e,f) ITO pe sticlă cu strat de germinație

Morfologii mai complexe, cu un raport suprafață/volum mare pot fi obținute prin utilizarea straturilor poroase. În ultimul deceniu a fost demonstrat că compușii semiconductori poroși sunt folosiți ca template pentru formarea structurilor hibride, în special metal-semiconductor [10-15].

Substraturile de GaAs poros sunt un material semiconductor de înaltă performanță, utilizat în diverse aplicații tehnologice, inclusiv în creșterea nanostructurilor de ZnO. Această combinație oferă o platformă promițătoare pentru dezvoltarea dispozitivelor optoelectronice și a altor aplicații în domeniul nanotehnologiilor.

S-a încercat sintetizarea nanofirelor de ZnO și pe substrat de *n*-GaAs pentru a observa tendința de creștere (a se vedea Fig. 3). Astfel, pe substrat de GaAs cu strat de germinație au crescut rețele de nanofire ordonate și de asemenea pot fi observate unele clustere, asemenea unor arici conform Fig. 3a,b. Deci GaAs are potențial de a fi utilizat în calitate de substrat, dar suprafața necesită îmbunătățiri.

Un alt set de probe de GaAs (Fig. 3c-f) constă din depunerea prin metoda electrochimică a nanodotelor de Au cu diametrul de 20 nm, întrucât tratarea termică poate induce defecte în GaAs, precum oxidarea. Depunerea a fost efectuată la diferite durate a impulsului, dar cu aceeași pauză și durată totală. În ambele cazuri nanofirele au crescut haotic cu diametre variabile. Pentru proba cu durata impulsului de 300 ms (Fig. 3c,d), unde stratul de aur depus este mai gros, s-au format mai multe fire și clustere decât pe proba cu durata impulsului de 50 ms (Fig. 3e,f). O cauză a creșterii haotice ar fi suprafața de aur neuniformă. Pentru îmbunătățirea creșterii, se dorește pe viitor de optimizat parametrii de sintetizare. În dependență de scopul utilizării, este necesar de luat în considerație și bariera Schottky care se formează la interfața dintre Au și GaAs (metal și semiconductor).

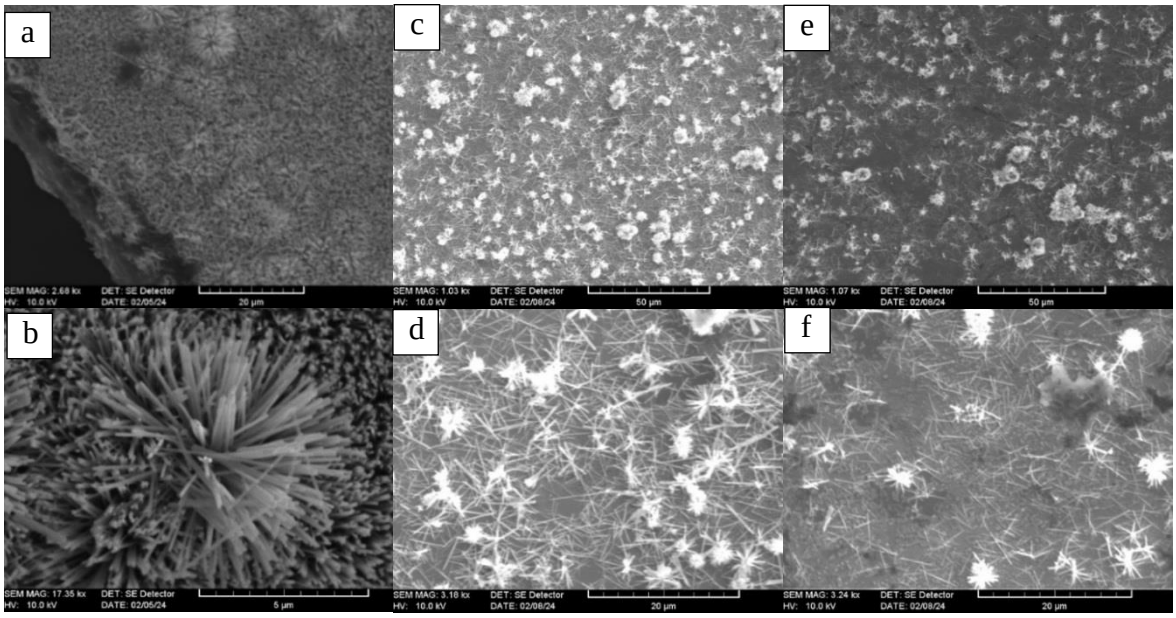


Figura 3. Creșterea firelor de ZnO pe substrat de: (a,b) GaAs cu strat de germinație; (c,d) GaAs acoperit cu nanodote de aur obținute prin depunerea electrochimică în impulsuri: (e) t_{on}=300 ms, t_{off}=1 sec, t_{tot}=1,5 min și pentru (f) t_{on}=50 ms, t_{off}=1 sec, t_{tot}=1,5 min.

Concluzii

Aceste cercetări experimentale vor permite dezvoltarea în viitor a diferitor nanostructuri pe diverse substraturi. Au un potențial deosebit în optoelectronică și senzorică. Creșterea hidrotermală fiind versatilă și rentabilă, va permite ușor de optimizat sintetizarea nanofirelor de ZnO. Proprietățile materialelor utilizate în lucrare, precum ZnO, GaAs, ITO, sunt foarte bine cunoscute și pe larg cercetate în literatura științifică, ceea ce va contribui și mai mult la avansarea acestei teme. Pe lângă creșterea nanofirelor, se dorește și sporirea eficienței de lucru fie prin diversificarea metodei de creștere sau prin tratarea suprafețelor cu metale nobile sau grupe funcționale.

Mulțumiri

Autorul aduce mulțumiri coordonatorului științific dr., conf. Eduard MONAICO și îndrumătorului dr. Vladimir CIOBANU pentru suport și asistența tehnică. Lucrarea a fost susținută financiar parțial din cadrul subprogramului instituțional 02.04.02 nr. 4/FI „Elaborarea tehnologiilor și investigarea proprietăților compușilor semiconductori stratificați, nanostructurilor hibride și ale surselor laser”.

Referințe

[1] Ü. ÖZGÜR, Y. ALIVOV, C. LIU, A. TEKE, M. RESHCHIKOV, & H. MORKOÇ. „A comprehensive review of ZnO materials and devices”. *Proceedings of the IEEE, 93(10), pp. 1733-749, 2005*. doi:10.1063/1.1992666.

[2] Z. L. WANG. „Functional oxide nanobelts: Materials, properties and applications”. *Journal of Materials Chemistry, Vol. 22(8), pp. 3983-3992, 2012.* doi: 10.1146/annurev.physchem.55.091602.094416

[3] S. GASSO, A. MAHAJAN, “Development of Highly Sensitive and Humidity Independent Room Temeprature NO2 Gas Sensor Using Two Dimensional Ti3C2Tx Nanosheets and One Dimensional WO3 Nanorods Nanocomposite,” *ACS Sens., vol. 7, no. 8, pp. 2454–2464, Aug. 2022,* doi: 10.1021/acssensors.2c01213.

[4] G. CHEN, J. ZHENG, “Non-enzymatic electrochemical sensor for nitrite based on a graphene oxide–polyaniline–Au nanoparticles nanocomposite,” *Microchemical Journal, vol. 164, p. 106034, May 2021,* doi: 10.1016/j.microc.2021.106034.

[5] G. JING, X. ZHANG, D. YU, "Effect of surface morphology on the mechanical properties of ZnO nanowires," *Appl. Phys. A, vol. 100, no. 2, pp. 473–478, Aug. 2010,* doi: 10.1007/s00339-010-5736-7.
[6] Z. H. AZMI, S. N. MOHD ARIS, S. ABUBAKAR, S. SAGADEVAN, R. SIBURIAN, S. PAIMAN, "Effect of Seed Layer on the Growth of Zinc Oxide Nanowires by Chemical Bath Deposition Method," *Coatings, vol. 12, no. 4, Art. no. 4, Apr. 2022,* doi: 10.3390/coatings12040474.
[7] M. C. AKGUN, Y. E. KALAY, H. E. UNALAN, "Hydrothermal zinc oxide nanowire growth using zinc acetate dihydrate salt," *Journal of Materials Research, vol. 27, no. 11, pp. 1445–1451, Jun. 2012,* doi: 10.1557/jmr.2012.92.
[8] S. AHOULOU, E. PERRET, J.-M. NEDELEC. Functionalization and characterization of silicon nanowires for sensing applications: A review. *Nanomaterials, Vol. 11(4), 999, 2021*. doi:10.3390/nano11040999
[9] E. FORMO, E. LEE, D. CAMPBELL, Y. XIA. Functionalization of electrospun TiO2 nanofibers with Pt nanoparticles and nanowires for catalytic applications. *Nano Letters, Vol. 8(2), pp. 668-672, 2008.* doi: 10.1021/nl073163v
[10] E. MONAICO, I. TIGINYANU, V. URSAKI. Porous semiconductor compounds. *Semiconductor Science and Technology, Vol. 35(10), 103001, 2020*. doi: 10.1088/1361-6641/ab9477
[11] E. V. MONAICO, E. I. MONAICO, V. V. URSAKI, I. M. TIGINYANU. Porous semiconductor compounds with engineered morphology as a platform for various applications. *Physica Status Solidi (RRL) - Rapid Research Letters, Vol. 17(2), 2300039, 2023*. doi:10.1002/pssr.202300039
[12] E. V. MONAICO, V. V. URSAKI, I. M. TIGINYANU. Gold coated microstructures as a platform for the preparation of semiconductor-based hybrid 3D micro-nano-architectures. *The European Physical Journal Plus, Vol. 138(7), 827, 2023*. doi:10.1140/epjp/s13360-023-04462-8
[13] E. V. MONAICO, V. MORARI, V. V. URSAKI, K. NIELSCH, I. M. TIGINYANU. Core–shell GaAs-Fe nanowire arrays: Fabrication using electrochemical etching and deposition and study of their magnetic properties. *Nanomaterials, Vol. 12(9), 1506, 2022.* doi: 10.3390/nano12091506
[14] E. V. MONAICO, V. MORARI, M. KUTUZAŬ, V. V. URSAKI, K. NIELSCH, I. M. TIGINYANU. Magnetic properties of GaAs/NiFe coaxial core-shell structures. *Materials, Vol. 15(18), 6262, 2022*. doi: 10.3390/ma15186262
[15] V. V. URSAKI, S. LEHMANN, V. V. ZALAMAI, V. MORARI, K. NIELSCH, I. M. TIGINYANU, E. V. MONAICO. Core–shell structures prepared by atomic layer deposition on GaAs nanowires. *Crystals, Vol. 12(8), 1145, 2022*. doi: 10.3390/cryst12081145

SENZORI ELECTROCHIMICI: INGINERIA ȘI PRINCIPII DE FUNCȚIONARE

Simon BUSUIOC

Centrul Național de Studiu și Testare a Materialelor,
Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

Autorul corespondent: Simon Busuioc, simon.busuioc@cnstm.utm.md *ORCID ID 0009-0006-2601-4015*

Îndrumătorul/coordonatorul științific **Eduard MONAICO**, dr., conf. cerc., Centrul Național de Studiu și Testare a Materialelor, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

Rezumat. *În această lucrare se explorează fundamental senzorii electrochimici, dispozitive cruciale în diverse domenii datorită trăsăturilor lor unice. Se explică conceptele de bază ale transferului de electroni și reacțiilor electrochimice la suprafața electrozilor. Lucrarea dezvăluie principiile de funcționare ale celor trei tipuri principale de senzori electrochimici: amperometrici, potențiometrici și conductometrici. Fiecare tip este distins de metoda sa unică de înregistrare a semnalului: senzorii amperometrici măsoară curentul, cei potențiometrici măsoară diferența de potențial, iar cei conductometrici măsoară modificările în conductivitate. Articolul accentuează rolul critic al acestor semnale în cuantificarea concentrației de analit și adresează factorii ce influențează performanța senzorului. Pentru a ilustra semnificația lor practică, se discută pe scurt diversele aplicații ale senzorilor electrochimici în monitorizarea mediului, îngrijirea sănătății și controlul proceselor industriale. Această sinteză oferă o explorare concisă, dar cuprinzătoare, a principiilor de funcționare și semnalelor obținute ale acestor instrumente analitice versatile.*

Cuvinte cheie: *Substrat funcționalizat, nanoparticule de metal, analit chimic, selectivitate, nanostructuri semiconductoare*

1. Introducere

Senzorii electrochimici au devenit fundamentul chimiei analitice datorită capacității lor de a converti reacțiile chimice în semnale electrice măsurabile. Acești senzori oferă o suită puternică de avantaje, inclusiv sensibilitate înaltă, dimensiuni compacte și capabilități de analiză în timp real. Acest lucru a favorizat adoptarea lor pe scară largă în diverse domenii, de la monitorizarea mediului și diagnosticarea medicală până la controlul proceselor industriale și analiza siguranței alimentelor.

La baza acestor senzori se află principiul fundamental al electrochimiei, unde reacțiile chimice de la interfața electrod-electrolit sunt transduse în curent electric, potențial sau impedanță. Acest articol analizează funcționarea a trei tipuri principale de senzori electrochimici: amperometrici, potențiometrici și conductometrici. Se oferă o examinare detaliată a componentelor lor și a rolurilor lor specifice în generarea semnalului. Mecanismele de extragere a semnalului pentru fiecare tip de senzor vor fi explorate cuprinzător. În final, se va discuta despre diverse strategii folosite pentru a optimiza performanța acestor senzori, asigurând eficacitatea acestora într-o multitudine de aplicații analitice.

2. Principiile de lucru

Funcționarea senzorilor electrochimici se bazează pe conversia reacțiilor chimice la suprafața electrodului într-un semnal electric măsurabil (curent sau voltaj).

2.1 Componente

a) **Electrolit:** Soluție neutră care, la aplicarea unei diferențe de potențial (anod-catod), disociază în cationi și anioni și asigură conducția electrică prin transportul acestor ioni. La alegerea electrolitului se ia în considerație: compatibilitatea cu electrodul de măsurare și cu analitul, dar și conductivitatea ionică eficientă ca să asigure un curent electric. Soluțiile apoase cu săruri dizolvate sunt mai des utilizate, pe când cele non-apoase există pentru aplicații foarte specifice [1].

b) **Analit** – o substanță chimică a cărei cantitate, la introducerea în electrolit, se dorește a fi măsurată. Acest analit induce o reacție chimică și schimbă valoarea curentului, voltajului sau a conductivității proporțional cu cantitatea de analit introdusă.

c) **Electrod de măsurare** (WE - working electrode): Este electrodul la care reacțiile de interes au loc. Analitul dorit difuzează prin soluție și ajunge la suprafața acestui electrod. Aici are loc reacția principală, fie oxidare (pierdere de electroni) sau reducere, redox (căpătare de electroni).

Această reacție este fundamentală pentru generare de semnale electrice pe care un senzor îl poate măsura.

- Selectivitatea: Se dorește ca electrodul să intre în reacție doar cu analitul de interes, însă unele componente din soluție la fel pot participa la reacția chimică. Aceste reacții nedorite pot crea zgomote de semnal si afecta acuratețea de detecție. De aceasta se preferă a se utiliza metale sau semiconductori care sunt selectivi pentru anumite grupe funcționale sau molecule [2]. Alternativ, suprafața se poate modifica prin depuneri sau agenți de chelatare [3].
- Stabilitate: Este necesar ca electrodul de măsurare să posede stabilitate chimică și electrică pentru a face față cu stresul de operare. Material comun pentru acești electrozi este platina. În unele cazuri, suprafața se modifică prin acoperiri cu straturi continue de material sau nanoparticule pentru a asigura selectivitatea pentru anumiți analiți [2].

d) **Electrod invers** (CE - counter electrode): Are rol de electrod complementar ce asigură închiderea circuitului electric în cadrul senzorului, și facilitează echilibrul de sarcini care este de regulă perturbat de reacțiile de la electrodul de măsurare. Platina sau alte materiale inerte sunt utilizate în calitate de electrod invers [3].

e) **Electrod de referință** (RE - reference electrode): Acest electrod oferă un potențial de referință ce ajută la evitarea fluctuațiilor de tensiune și permite repetarea cu exactitate a experimentelor. Potențialul la acest electrod rămâne constant pe parcursul operațiunilor senzorului. Pentru electrozii de referință se folosesc de regulă electrozi de hidrogen, calomel, argint și clorură de argint (Ag/AgCl) [4].

2.2 Extragerea semnalelor

Există 3 moduri principale de a măsura semnalul electric în dependență de tipul senzorului, după cum este demonstrat în Figura 1.

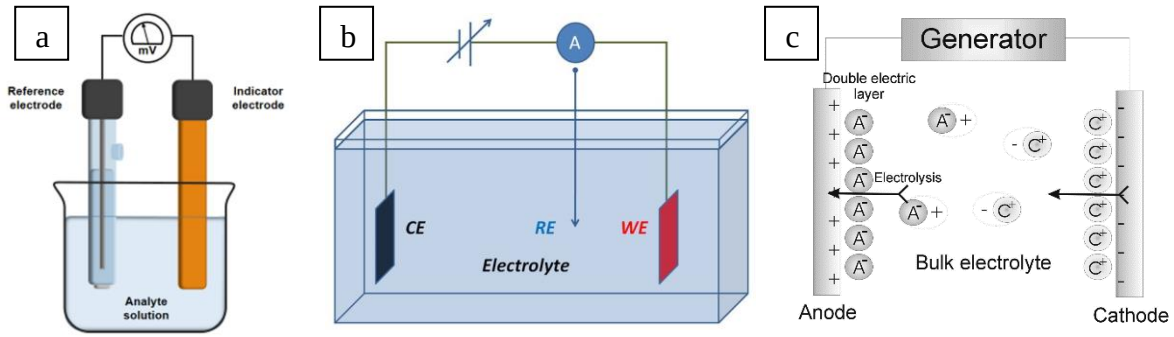


Figura 1. (a) Senzor potențiometric [5]. (b) Senzor amperometric [6]. (c) Senzor conductometric [7]

2.2.1 Senzori potențiometric

Acest senzor măsoară diferența de potențial dintre electrodul de măsurare și cel de referință care apare când introducem un analit specific (Fig. 1a). În dependență de cantitatea analitului introdus se va schimba și valoarea tensiunii electrice.

- **Curent minim:** Senzorul este proiectat ca să măsoare diferența de tensiune, nu de curent. Un flux de curent poate altera reacția chimică de la electrozi și complica procesul de măsurare. Dar ținând curentul aproape de zero cu un voltmetru de impedanță înaltă, influența curentului devine neglijabilă.
- **Avantaje:** Senzorul potențiometric oferă sensibilitate înaltă ce permite detecția de variații mici a concentrației de analit. De asemenea configurarea este simplă, este necesar doar un voltmetru cu impedanță înaltă si un electrod de referință.
- **Limitări:** Domeniul de tensiune măsurabil în potențiometrie poate fi limitat, făcându-l mai puțin potrivit pentru situațiile în care trebuie cuantificată o gamă largă de concentrații de analiți. De asemenea timpul de răspuns este mai lent decât cel al senzorului amperometric, deoarece are nevoie de timp să ajungă la o stare de echilibru cu un flux de curent minim.

Aplicații cu senzori potențiometrici:

1. **Analizatoare de gaze din sânge:** Este utilizat la măsurarea cantităților de analit din sânge precum potasium, sodium și diverse cloruri [7].
2. **Monitorizarea mediului:** Monitorizarea poluanților precum fluoride, nitrați, cloruri din apă și probe de sol [8].
3. **Contor pH:** Controlarea și monitorizarea reacțiilor chimice în laboratoarele de studii chimice și biologice [8].

2.2.2 Senzori amperometrici

Măsoară curentul între electrodul de măsurare și electrodul invers (a se vedea Fig. 1b). Senzorul aplică o tensiune constantă la electrodul de măsurare. Valoarea tensiunii trebuie sa fie aleasă potrivit pentru a asigura reacția electrochimică a analitului (oxidare sau reducere) într-o manieră măsurabilă. Măsurarea se efectuează cu ajutorul unui ampermetru. Cu cât mai mare este concentrația analitului, cu atât mai rapidă este rata de reacții la electrodul de măsurare, și respectiv și curentul măsurat.

- **Avantaje:** Poate măsura o variație mai mare de analiți, comparativ cu senzorul potențiometric. De asemenea și rata de răspuns este mai mare.
- **Limitări:** Sensibilitate joasă pentru concentrații mici de analit. Instrumentația utilizată poate fi mai complexă deoarece necesită circuite adiționale pentru a controla cu precizie tensiunea aplicată și de măsurare a curentul cu acuratețe.

Aplicații cu senzori amperometrici:

a) **Senzori de glucoză:** Măsoară curentul generat de oxidarea glucozei la suprafața electrodului, fiind de o importanță majoră pentru pacienții cu diabet [9].
b) **Biosenzori:** Pot fi integrați cu elemente de recunoaștere biologică precum enzime și anticorpi, pentru a detecta selectiv biomolecule specifice precum toxine, patogeni sau biomarkeri [10].
c) **Monitorizarea mediului:** Sunt folosiți la detectarea pesticidelor și a metalelor grele [11].
d) **Senzori de gaz:** Senzorii amperometrici pot fi utilizați pentru a detecta diferite gaze prin măsurarea curentului generat de oxidarea sau reducerea lor la suprafața electrodului [12].

2.2.3 Senzori conductometrici

Acest senzor măsoară conductivitatea electrică a unei soluții (fig. 1c). De regulă are doi electrozi din material conductiv (platină, oțel inoxidabil sau grafit) la care se aplica curent alternativ. Conductivitatea soluției influențează ușurința cu care circulă curentul alternativ între

electrozi. Conductivitate mai mare (mai mulți ioni) înseamnă un curent măsurat mai mare. Sunt urmărite schimbările în conductivitate și corelate cu concentrația analitului.

- **Avantaje:** Design-ul este simplu și cost-eficient, constând din doi electrozi, sensibilitate înaltă ce poate detecta schimbări în conductivitate cu ușurință, timp de răspuns mic și poate fi utilizat într-o gamă largă de aplicații.
- **Limitări:** Măsoară doar conductivitatea totală, nu tipul specific de ioni, alte tehnici sunt necesare pentru identificarea ionilor. Conductivitatea este dependentă de temperatură, ce necesită calibrare sau compensarea temperaturii dacă se măsoară la diferite temperaturi. De asemenea nu este potrivit pentru detecția analiților non-ionici.

Aplicații cu senzori conductometrici:

1. Monitorizarea calității apei: Se efectuează prin măsurarea cantității de solide dizolvate în apă, ce indică concentrația totală de ioni. Este folositor pentru întreținerea piscinelor și acvariilor, controlul proceselor industriale și monitorizarea mediului [13].
2. Analize chimice: Poate fi folosit la determinarea concentrației unor ioni specifici într-o soluție printr-o calibrare cu parametri cunoscuți. Este util pentru industria produselor alimentare, farmaceutică și analize chimice de laborator [14].

2.3 Strategii de optimizare a performanței

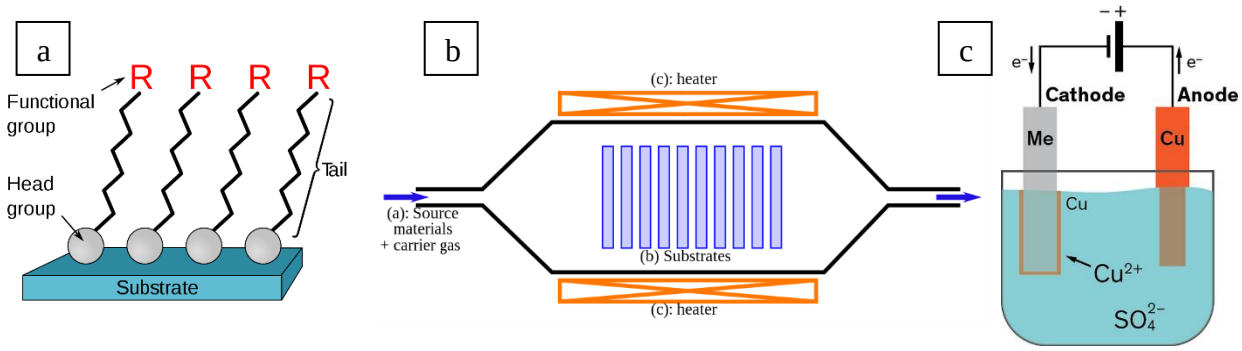


Figura 2. (a) Monostraturi auto-asamblate (SAMs) [15]. (b) Depunerea chimică din fază de vapori (CVD) [16]. (c) Electrodepunere [17]

2.3.1 Tipuri de modificare a electrozilor

Introducerea de nanomateriale/nanoparticule: incorporarea și funcționalizarea cu materiale precum nanoparticule (metale, oxid de metal) sau polimeri conductivi poate îmbunătăți transferul de electroni dintre analit și electrod. Aceasta îmbunătățește sensibilitatea senzorului și timpul de răspuns [18].

Introducerea elementelor de recunoaștere: Grupe funcționale cum ar fi enzime și anticorpi pot fi imobilizați pe o suprafață. Aceștia acționează ca zone de recunoaștere biologică care selectiv atrag analitul de interes, astfel reducând interferența din partea altor specii din soluție [19].

Alterarea suprafeței: Există tehnici de modificare a suprafețelor ce permit control asupra porozității, sarcina suprafeței și hidrofilitate/hidrofobicitate. Aceste tehnici au impact asupra interacțiunii dintre analit și suprafața electrodului [20,21].

2.3.2 Tehnici de modificare a suprafețelor

Monostraturi auto-asamblate (SAMs): Grupe de molecule ordonate cu grupele funcționale aflate la capătul opus de cel lipit de substrat, proiectat pentru recunoaștere moleculară și transfer de electroni [22].

Depunerea chimică din fază de vapori (CVD): Se creează un strat subțire, ca o peliculă, pe suprafața electrodului pentru îmbunătățirea conductivității sau chiar încorporarea unor elemente de recunoaștere [23].

Electrodepunere: depunere de metale sau polimeri conductivi pe suprafața electrodului prin metoda electrochimică [24].

Bio-funcționalizare: Imobilizarea biomoleculelor precum enzime, anticorpi pe suprafață pentru selectivitatea [25].

Concluzii:

Viitorul senzorilor electrochimici deține un potențial imens pentru progresul domeniile specializate. Explorarea continuă a științei materialelor, în special integrarea nanomaterialelor și a modelelor noi de electrozi, prezintă o direcție cu potențial spre depășirea limitărilor actuale în sensibilitate și selectivitate. Cu atât mai mult, dezvoltarea continuă a tehnicilor de procesare a semnalelor oferă metode bine definite pentru depășirea limitelor de detecție. Combinând aceste progrese tehnologice, senzorii electrochimici continuă să rămână dominanți în diverse aplicații analitice. Diversitatea de morfologii poroase obținute după design de către colaboratorii Centrului Național de Studiu și Testare a Materialelor din cadrul UTM, precum și funcționalizarea cu diferite metale deschide perspectivă de elaborare a senzorilor cu performanțe îmbunătățite [21,26].

Mulțumiri:

Autorul aduce mulțumiri coordonatorului științific dr., conf. Eduard MONAICO pentru suport și asistența tehnică. Lucrarea a fost susținută financiar din cadrul subprogramului instituțional 02.04.02 nr. 4/FI „Elaborarea tehnologiilor și investigarea proprietăților compușilor semiconductori stratificați, nanostructurilor hibride și ale surselor laser”.

Referințe

[1] A. J. BARD AND L. R. FAULKNER, "Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications," 2nd ed., John Wiley & Sons, 2000. ISBN: 978-0-471-04372-0
[2] “Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications, 2nd Edition | Wiley,” Wiley.com. Accessed: Apr. 06, 2024. [Online]. Available: https://www.wiley.com/en-us/Electrochemical+Methods%3A+Fundamentals+and+Applications%2C+2nd+Edition-p-9780471043720
[3] J. WANG. Analytical electrochemistry (Vol. 19). Wiley-VCH, 2006.
[4] F. SCHOLZ *et al.*, Eds., *Electroanalytical Methods*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2010. doi: 10.1007/978-3-642-02915-8.
[5] R. L. GIL, C. G. AMORIM, M. C. B. S. M. MONTENEGRO, A. N. ARAÚJO, “Potentiometric detection in liquid chromatographic systems: An overview,” *J. Chromatogr. A*, vol. 1602, pp. 326–340, Sep. 2019, doi: 10.1016/j.chroma.2019.06.006.
[6] J. LEE, “Electrochemical Sensing of Oxygen Gas in Ionic Liquids on Screen Printed Electrodes,” 2014.
[7] N. JAFFREZIC-RENAULT S. V. DZYADEVYCH, “Conductometric Microbiosensors for Environmental Monitoring,” *Sensors*, vol. 8, no. 4, pp. 2569–2588, Apr. 2008. doi: 10.3390/s8042569
[8] A. L. GONZALEZ AND L. S. WADDELL, “Blood Gas Analyzers,” *Topics in Companion Animal Medicine*, vol. 31, no. 1, pp. 27–34, Mar. 2016, doi: 10.1053/j.tcam.2016.05.001.
[9] Ö. ISILDAK AND O. ÖZBEK, “Application of Potentiometric Sensors in Real Samples,” *Crit Rev Anal Chem*, vol. 51, no. 3, pp. 218–231, 2021, doi: 10.1080/10408347.2019.1711013.
[10] A. ERDEM, H. SENTURK, E. YILDIZ, AND M. MARAL, “Amperometric immunosensor developed for sensitive detection of SARS-CoV-2 spike S1 protein in

combined with portable device," *Talanta*, vol. 244, p. 123422, Jul. 2022, doi: 10.1016/j.talanta.2022.123422.
[11] A. A. P. FERREIRA *et al.*, "Amperometric Biosensor for Diagnosis of Disease," in *State of the Art in Biosensors - Environmental and Medical Applications*, IntechOpen, 2013. doi: 10.5772/53656.
[12] N. R. STRADIOTTO, H. YAMANAKA, M. V. B. ZANONI, "Electrochemical sensors: a powerful tool in analytical chemistry," *J. Braz. Chem. Soc.*, vol. 14, pp. 159–173, Apr. 2003, doi: 10.1590/S0103-50532003000200003.
[13] H. IMAYA, "AP2.1 - Development of amperometric gas sensors for Industrial/environmental usage," in *Proceedings IMCS 2018*, Vienna, Austria: AMA Service GmbH, Von-Münchhausen-Str. 49, 31515 Wunstorf, Germany, 2018, pp. 356–357. doi: 10.5162/IMCS2018/AP2.1.
[14] "Applications of Conductometry." Accessed: Apr. 04, 2024. [Online]. Available: https://www.pharmastuff4u.com/2014/06/applications-of-conductometry.html
[15] M. MASÁR *et al.*, "Determination of chloride, sulfate and nitrate in drinking water by microchip electrophoresis," *Microchim Acta*, vol. 177, no. 3, pp. 309–316, Jun. 2012, doi: 10.1007/s00604-012-0788-3.
[16] "Self-assembled monolayer," *Wikipedia*. Feb. 19, 2024. Accessed: Apr. 05, 2024. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Selfassembled_monolayer&oldid=1208841880
[17] "Chemical vapor deposition," *Wikipedia*. Feb. 26, 2024. Accessed: Apr. 05, 2024. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Chemical_vapor_deposition&oldid=1210414850
[18] E. V. MONAICO, V. V. URSAKI, I. M. TIGINYANU, "Gold coated microstructures as a platform for the preparation of semiconductor-based hybrid 3D micro-nano-architectures," *Eur. Phys. J. Plus*, vol. 138, no. 9, p. 827, Sep. 2023, doi: 10.1140/epjp/s13360-023-04462-8.
[19] A. J. BARD, L. R. FAULKNER, AND H. S. WHITE, *Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications*. John Wiley & Sons, 2022.
[20] E. V. MONAICO, S. BUSUIOC, AND I. M. TIGINYANU, "Controlling the Degree of Hydrophilicity/Hydrophobicity of Semiconductor Surfaces via Porosification and Metal Deposition," in 5th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering, vol. 87, I. Tiginyanu, V. Sontea, and S. Railean, Eds., in IFMBE Proceedings, vol. 87. , Cham: Springer International Publishing, 2022, pp. 62–69. doi: 10.1007/978-3-030-92328-0_9.
[21] E. MONAICO, I. TIGINYANU, AND V. URSAKI, "Porous semiconductor compounds," *Semicond. Sci. Technol.*, vol. 35, no. 10, 103001, Aug. 2020, doi: 10.1088/1361-6641/ab9477.
[22] N. SANDHYARANI, "Chapter 3 - Surface modification methods for electrochemical biosensors," in *Electrochemical Biosensors*, A. A. Ensafi, Ed., Elsevier, 2019, pp. 45–75. doi: 10.1016/B978-0-12-816491-4.00003-6.
[23] A. M. LENNON-DUMÉNIL *et al.*, "The p41 isoform of invariant chain is a chaperone for cathepsin L," *EMBO J*, Vol. 20, no. 15, pp. 4055–4064, Aug. 2001, doi: 10.1093/emboj/20.15.4055.
[24] H. GENG, *Semiconductor Manufacturing Handbook, Second Edition*. McGraw Hill LLC, 2017. ISBN: 9781259587696.
[25] E.V. MONAICO, E.I. MONAICO, V.V. URSAKI, I.M. TIGINYANU, Porous Semiconductor Compounds with Engineered Morphology as a Platform for Various Applications. *Physica status solidi (RRL) – Rapid Research Letters*, 2300039, 2023. https://doi.org/10.1002/pssr.202300039.

STUDIUL COMPARATIV AL DEPUNERII STRATURILOR DE $Zn_{1-x}Mg_xO$ PRIN METODA AEROSOL PE SUBSTRATURI PLANARE ȘI NANOSTRUCTURATE

Stepan BUIUCLI[1,2]

[1] *Centrul Național de Studiu și Testare a Materialelor, Chișinău, Republica Moldova*
[2] *Departamentul Microelectronica și Inginerie Biomedicală, st. gr. MN-201, Facultatea Calculatoare Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova*

Autorul corespondent: Stepan Buiucli, stepan.buiucli@mib.utm.md

Îndrumătorul/coordonatorul științific **Eduard MONAICO**, dr., conf. cerc., Centrul Național de Studiu și Testare a Materialelor, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

Rezumat. *În cadrul acestei lucrări, se propune o analiză a literaturii de specialitate în domeniul dezvoltării materialelor hibride destinate aplicațiilor în optoelectronică. Obiectivul principal al acestei cercetări constă în înțelegerea metodelor și particularităților necesare pentru crearea acestor materiale, cu accent pe îmbunătățirea performanțelor fotodetectorilor de radiație electromagnetică în regiunea ultravioletă și vizibilă. În prima parte a lucrării, se examinează literatura de specialitate referitoare la sinteza nanomaterialelor, cu accent pe rețele de nanofire. S-au identificat diverse metode utilizate în producerea materialelor nanostructurate, cum ar fi metoda sol-gel, ablația laser și depunerea chimică din fază vapor. Sunt prezentate rezultatele experimentale pentru producerea nanofirelor prin corodarea electrochimică a substraturilor de GaAs. În cea de-a doua parte a lucrării, se investighează tehnicile de depunere a straturilor de $Zn_{1-x}Mg_xO$, material semiconductor cu potențial în dezvoltarea fotodetectorilor cu performanțe îmbunătățite. În baza acestei analize, au fost stabilite obiectivele pentru cercetarea ulterioară în domeniul dezvoltării de materiale hibride destinate aplicațiilor optoelectronice, cu accent pe îmbunătățirea performanțelor fotodetectorilor. Aceste obiective includ optimizarea proceselor de sinteză și depunere a straturilor de $Zn_{1-x}Mg_xO$ pe rețelele de nanofire de GaAs ce ar permite de a îmbunătăți proprietăților optoelectronice ale materialelor. Morfologia straturilor depuse a fost investigată cu ajutorul tehnicilor SEM și AFM.*

Cuvinte cheie: *substrat de GaAs, peliculă de ZnMgO, nanostructuri, nanofire, fotodetectori.*

Introducere

În ultimii ani, caracteristicile versatile ale oxidului ternar ZnMgO a sporit interes în cercetarea acestuia, în special în domeniul optoelectronicii și fotonică. ZnMgO se remarcă prin trăsăturile sale distincte, cum ar fi lățime mare a benzii interzise, mobilitatea excelentă a electronilor și altele, care au condus la utilizarea sa în diverse dispozitive avansate, inclusiv fotodetectori [1], LED-uri [2], celule solare [3] și senzori de gaze [4].

Folosirea materialelor nanostructurate, cum ar fi rețelele de nanofire în calitate de substrat pentru elaborarea fotodetectorilor, prezintă numeroase avantaje față de substraturile planare [5,6]. Nanostructurile permit creșterea suprafeței de interacțiune dintre material și lumină, devenind posibilă detecția cantităților mai mici de lumină sau pot detecta spectrul electromagnetic într-un interval mai larg. Datorită dimensiunilor lor reduse, materialele nanostructurate necesită mai puțină energie pentru a funcționa, ceea ce poate duce la fotodetectori mai eficienți energetic și mai durabili. Rețelele de nanofire permit fotodetectorilor să detecteze schimbările în lumina aplicată pe suprafața lor mult mai rapid decât substraturile planare (Bulk), fiind esențial pentru aplicații în comunicațiile optice. Un alt avantaj important constă în posibilitatea de control al dimensiunilor și formei geometrice ale nanostructurilor, este posibilă adaptarea spectrului de detecție al fotodetectorilor pentru a acoperi diverse lungimi de

undă ale luminii [7–10]. Materialele nanostructurate pot fi integrate ușor în substraturi flexibile, ce va permite utilizarea lor în diverse aplicații, de la dispozitive portabile până la senzori medicali incorporați.

Studiul comparativ ar putea dezvălui avantajele și limitările depunerii prin metoda Aerosol pe substraturi planare și nanostructurate, oferind astfel informații cruciale pentru optimizarea procesului de fabricație și îmbunătățirea performanței dispozitivelor bazate pe $Zn_{1-x}Mg_xO$.

Optimizarea parametrilor depunerii aerosol și impactul morfologiei rețelelor de nanofire funcționalizate cu ZnMgO reprezintă o etapă critică în dezvoltarea fotodetectorilor și altor dispozitive optoelectronice avansate. La prima etapă se propune de a optimiza parametrii de depunere aerosol, cum ar fi temperatura, presiunea și raportul de amestec al precursorilor, ce poate influența în mod semnificativ morfologia și proprietățile rețelelor de nanofire. Spre exemplu, mărirea temperaturii mai mare poate promova o depunere mai rapidă, dar poate duce și la conglomerarea nanoparticulelor în grupe, ce ar influența uniformitatea depunerii stratului de ZnMgO [11–13]. De asemenea, morfologia rețelelor de nanofire, cum ar fi lungimea, diametrul și densitatea acestora, poate afecta performanța fotodetectorilor. Nanofire mai subțiri și mai lungi pot crește suprafața de interacțiune cu lumina, ceea ce poate îmbunătăți sensibilitatea detectorului.

Materiale și tehnici utilizate

În studiu în calitate de substraturi au fost utilizate cristale semiconductoare de *n*-GaAs și *n*-Si cu orientarea cristalografică (100) și concentrația purtătorilor de sarcină de 3×10^{18} cm^{-3}.

Morfologia și compoziția structurilor formate a fost investigată cu ajutorul microscopului electronic cu scanare (SEM) VEGA Tescan TS5130 MM echipat cu detector pentru studiul compoziției chimice (EDX). Topologia suprafeței a fost investigată cu ajutorul microscopului de forță atomică (AFM)) NanoStation II.

Corodarea electrochimică: pregătirea rețelelor de nanofire de GaAs

Pentru crearea probelor nanostructurate, a fost folosită metoda corodării electrochimice, care reprezintă un proces în care un material semiconductor este nanostructurat în mod controlat prin reacții electrochimice [5,6,8]. Acest proces are loc atunci când materialul este expus la un electrolit și este conectat la un circuit electric conform Fig. 1. Procesul de corodare electrochimică a materialelor semiconductoare de regulă se petrece prin două etape principale: reacția de oxidare la suprafața materialului și reacția de reducere a ionilor din electrolit, în rezultatul cărora are loc formarea de produse de coroziune și la dizolvarea locală a materialului semiconductor.

Conform literaturii de specialitate [7,8,14], au fost identificate condițiile optime pentru crearea nanostructurilor în firmă de rețele de nanofire de GaAs cu morfologie dorită. Probele au fost corodate în regim potențiostatic cu aplicarea tensiunii în diapazonul 3,5 – 4,5 V în soluția de 1M HNO_3 timp de 20 min la temperatura camerei.

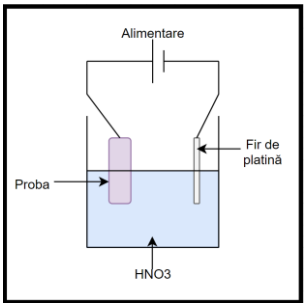


Figura 1. Reprezentarea schematică a instalației pentru corodarea electrochimică

Depunerea din aerosol: depunerea stratului de Zn1-xMgxO pe probe planare și rețele de nanofire de GaAs

Depunerea din aerosol (din engleză Aerosol Spray Pyrolysis), este o tehnică de depunere a filmelor subțiri care implică pulverizarea unei soluții lichide (precursor) într-un aerosol fin, care este apoi direcționat către suprafața substratului. Soluția precursor este de obicei formată dintr-un compus chimic care conține elementele chimice pentru compoziția dorită a stratul final.

Avantajele depunerii din aerosol constau în faptul că este mai accesibil, nu necesită echipamente complexe și costisitoare, de asemenea nu necesită temperaturi ridicate (450 °C) precum metoda de depunere prin ablația laser [15] sau depunerea chimică din fază vapor [16–18]. În figura 2 este reprezentat schematic procesul de depunere a ZnMgO prin metoda aerosol folosită în studiu [19].

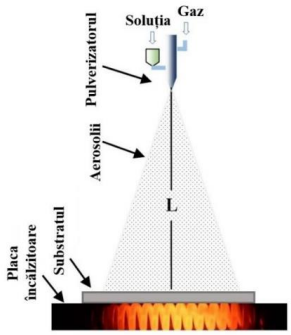


Figura 2. Reprezentarea schematica a procesului de depunere din aerosol [19]

Conform literaturii de specialitate analizate [11,13,19–21], au fost selectat parametrii optimali precum și raportul dintre Zn si Mg (0.8:0.2) pentru formarea stratului de ZnMgO, ca fiind următoarele: presiunea de la reductor – 0,1 MPa; timpul de depunere – 3 min; temperatura la placa încălzitoare 450 ℃ și de asemenea lungimea de la pulverizator până la probă de 2 mm.

Soluția a fost preparată în modul următor: Zn(ac)*2H_2O – 219.49 g·mol, pentru fiecare 200 ml de soluție de 0,25 M este nevoie: 50 ml H_2O; 130 ml (metanol); 20 ml (acid acetic). La Mg(ac) 4H_2O – 214,45 g·mol și astfel la final este atinsă compoziția de $Zn_{0.8}Mg_{0.2}O$.

Rezultate experimentale

Investigarea topologiei cu ajutorul AFM

Imaginile Microscopiei cu Forță Atomică (AFM) ale straturilor de $Zn_{0.8}Mg_{0.2}O$ depuse pe substraturi de GaAs planar (bulk) în Figura 3a și pentru Si în Figura 3b. De menționat că ambele substraturi posedă orientarea cristalografica (100) dar dezvăluie diferențe distincte în morfologia suprafeței. Substratul de GaAs, a demonstrat o depunere mai compactă a stratului de $Zn_{0.8}Mg_{0.2}O$ cu o variere a înălțimii de până la 55 nm (scara verticală din Figura 3a), spre deosebire de 108 nm obținută pentru stratul depus pe Si (Figura 3b).

Această structură hibridă poate fi avantajoasă pentru aplicații care necesită o suprafață mare. În contrast, imaginea AFM a ZnMgO pe GaAs prezintă o suprafață mai netedă cu caracteristici mai puțin evidente. Maximele și minimele sunt indicative pentru nanostructura materialului depus pe GaAs, dar sunt distribuite mai uniform în comparație cu substratul de Si planar. Rugozitatea calculată este de 8 nm pentru stratul de $Zn_{0.8}Mg_{0.2}O$ depus pe GaAs și respectiv de 14.7 nm pentru Si.

Interacțiunea dintre ZnMgO și substratul utilizat este evidentă, afectând rugozitatea generală a suprafeței și distribuția caracteristicilor. În general, comparația evidențiază rolul semnificativ al materialului și structurii substratului în dictarea caracteristicilor stratului depus, ceea ce este crucial pentru adaptarea proprietăților materialelor pentru aplicații specifice. Alegerea între GaAs și Si ca substraturi pentru depunerea ZnMgO ar depinde, prin urmare, de performanța materialului dorit și de cerințele funcționale.

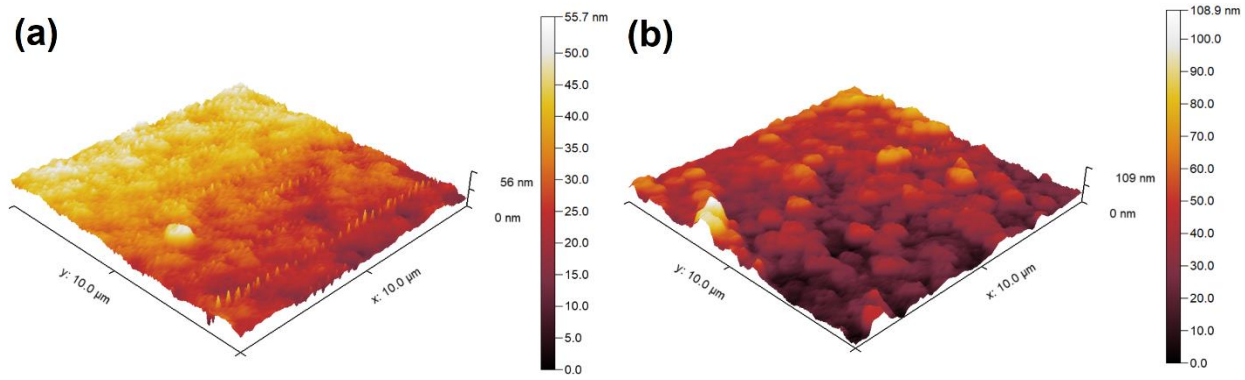


Figura 3. Analiza topologică 3D la AFM pentru substrat de GaAs(100) (a) și Si (100) cu start de $Zn_{0.8}Mg_{0.2}O$ depus

Investigarea morfologiei și compoziției chimice cu ajutorul SEM

O investigare mai minuțioasă a depunerii stratului de $Zn_{0.8}Mg_{0.2}O$ pe rețelele de nanofire de GaAs a fost efectuată cu ajutorul SEM. Imagine SEM din Figura 4a corespunde pentru substratul de GaAs corodat electrochimic fără depunerea de ZnMgO, dezvăluie o suprafață extrem de poroasă a rețelelor de nanofire de GaAs care sunt înclinate față de suprafață. Structura este caracterizată printr-o rețea de formațiuni fibroase și zimțate, care se împletesc pentru a crea o matrice poroasă complexă. Această morfologie este tipică pentru n-GaAs poros cu orientarea (100), cunoscut pentru suprafața sa mare și potențialele aplicații în diverse domenii tehnologice, inclusiv fotodetectori, biosenzori și senzori de gaze [6].

Pe de altă parte, imaginea SEM din Figura 4b, pentru *n*-GaAs poros cu depunerea de ZnMgO arată o schimbare notabilă în morfologia suprafeței. Stratul de ZnMgO acoperă structura poroasă, formând un strat de granule ce înconjoară suprafața nanofirelor. Acest înveliș poate influența semnificativ proprietățile materialului prin modificarea comportamentului său optic și electric. De menționat că rezultatele depunerii sunt promițătoare spre deosebire de cazul dacă depunerea avea loc în formă de strat continuu la suprafața stratului poros.

Comparația subliniază importanța modificărilor de suprafață în adaptarea proprietăților materialelor semiconductoare pentru aplicații specifice. Capacitatea de a controla procesul de depunere și schimbările rezultate în nanostructură este crucială pentru dezvoltarea materialelor avansate și a dispozitivelor în domeniul nanotehnologiei.

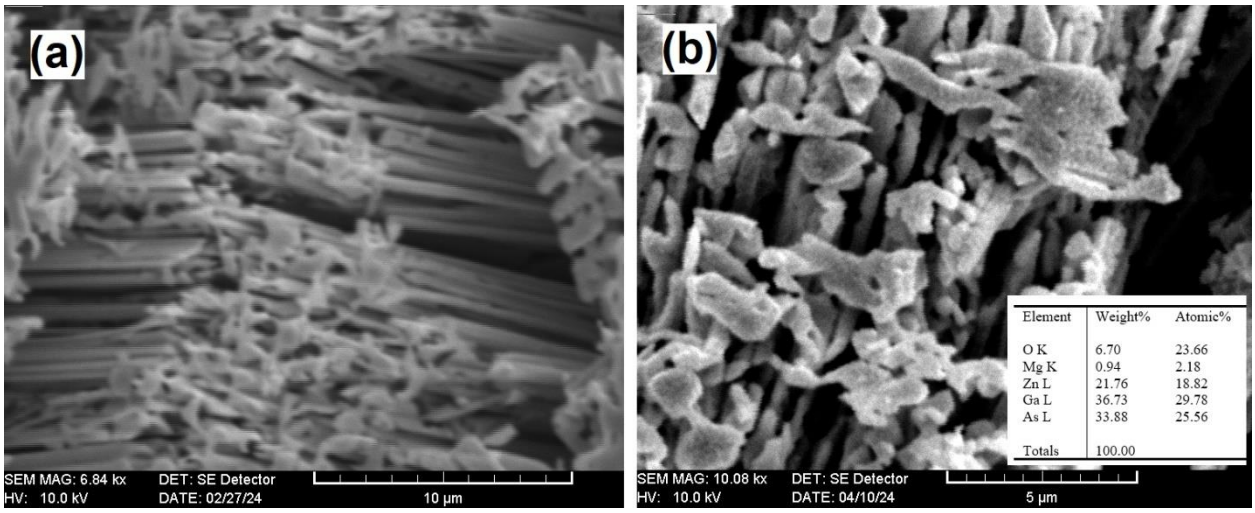


Figura 4. Imagini SEM a stratului poros ce constă din nanofire de GaAs obținut prin corodarea electrochimica: (a) strat de GaAs după corodare și (b) structura hibridă GaAs/ZnMgO după depunerea din aerosol

Concluzii

În studiul dat, am efectuat o analiză amănunțită a metodelor și particularităților implicate în dezvoltarea materialelor hibride pentru aplicații în optoelectronică.

Prin utilizarea corodării electrochimice, au fost obținute probe planare de GaAs și poroase de GaAs cu diverse morfologii în formă de rețele de nanofire, care au servit ca substraturi pentru depunerea stratului de $Zn_{1-x}Mg_xO$ prin depunerea din aerosol. În scopuri de comparare au fost folosite și substraturi planare de Si.

Analiza topologică și morfologică a dezvăluit diferențe semnificative în caracteristicile materialelor depuse pe GaAs planar și Si planar. Conform investigațiilor AFM, substratul de Si a prezentat o topografie mai complexă, în timp ce pe GaAs stratul depus este caracterizat printr-o rugozitate mai mică. Aceste diferențe subliniază rolul crucial al substratului în determinarea caracteristicilor stratului depus. O funcționalizare uniformă formată din granule de ZnMgO pe suprafața nanofirelor de GaAs a fost demonstrată cu ajutorul microscopiei electronice de scanare. Compoziția chimică determinată a demonstrat formarea stratului de $Zn_{0.8}Mg_{0.2}O$ cu păstrarea rețelelor de nanofire de GaAs.

Mulțumiri:

Autorul aduce mulțumiri coordonatorului științific dr., conf. Eduard MONAICO și dlui Vadim MORARI pentru suport și asistența tehnică. Lucrarea a fost parțial susținută financiar din cadrul subprogramului instituțional 02.04.02 nr. 4/FI „Elaborarea tehnologiilor și investigarea proprietăților compușilor semiconductori stratificați, nanostructurilor hibride și ale surselor laser”.

Referințe

[1] Y.-L. Chu, L.-W. Ji, Y.-J. Hsiao, H.-Y. Lu, S.-J. Young, I.-T. Tang, T.-T. Chu, X.-J. Chen, Fabrication and Characterization of Ni-Doped ZnO Nanorod Arrays for UV Photodetector Application. *J. Electrochem. Soc*. Vol. 167, 067506 **(**2020**)** https://doi.org/10.1149/1945-7111/ab7d43.

[2] J.B. Kim, D. Byun, S.Y. Ie, D.H. Park, W.K. Choi, J.-W. Choi, B. Angadi, Cu-Doped ZnO-Based p–n Hetero-Junction Light Emitting Diode. *Semicond. Sci. Technol*. Vol. 23, 095004 **(**2008**)** https://doi.org/10.1088/0268-1242/23/9/095004.

[3] A. Wibowo, M.A. Marsudi, M.I. Amal, M.B. Ananda, R. Stephanie, H. Ardy, L.J. Diguna, ZnO Nanostructured Materials for Emerging Solar Cell Applications. *RSC Adv*. Vol. 10, pp. 42838–42859 **(**2020**)** https://doi.org/10.1039/D0RA07689A.

[4] E. Espid, B. Adeli, F. Taghipour, Enhanced Gas Sensing Performance of Photo-Activated, Pt-Decorated, Single-Crystal ZnO Nanowires. *J. Electrochem. Soc*. Vol. 166, H3223 **(**2019**)** https://doi.org/10.1149/2.0301905jes .

[5] E.V. Monaico, *Micro- and Nano-Engineering of III-V and II-VI Semiconductor Compounds and Metal Nanostructures Based on Electrochemical Technologies for Multifunctional Applications*; Bons Offices: Chisinau, Moldova, (2022); ISBN 978-9975-166-63-8.

[6] E. Monaico, I. Tiginyanu, V. Ursaki, Porous Semiconductor Compounds. *Semicond. Sci. Technol.* Vol. 35, 103001 **(**2020**)** https://doi.org/10.1088/1361-6641/ab9477.

[7] E.I. Monaico, E.V. Monaico, V.V. Ursaki, S. Honnali, V. Postolache, K. Leistner, K. Nielsch, I.M. Tiginyanu, Electrochemical Nanostructuring of (111) Oriented GaAs Crystals: From Porous Structures to Nanowires. *Beilstein J. Nanotechnol.* Vol. 11, pp. 966–975 **(**2020**)** https://doi.org/10.3762/bjnano.11.81.

[8] E. MONAICO, Structuri Hibride Metal-Semiconductor În Baza Nanoșabloanelor de InP Și GaAs Pentru Aplicaţii Electronice Și Fotonice. Teza de doctor în științe inginerești, Universitatea Tehnică a Moldovei: Chișinău, Republica Moldova, (2023).

[9] E.V. MONAICO, E.I. MONAICO, V. URSACHI, I. TIGHINEANU, Procedeu de Obținere a Nanofirelor de de Arseniură de Galiu. Brevet de invenţie 4840. Universitatea

Tehnică a Moldovei. Nr. depozit a2020 0053. Data depozit 09.06.2020. In: BOPI. 2023, nr. 1, pp. 45. https://agepi.gov.md/sites/default/files/bopi/BOPI_01_2023.pdf

[10] E.V. Monaico, E.I. Monaico, V.V. Ursaki, I.M. Tiginyanu, Porous Semiconductor Compounds with Engineered Morphology as a Platform for Various Applications. *Physica status solidi (RRL) – Rapid Research Letters* 2300039 **(**2023**)** https://doi.org/10.1002/pssr.202300039.

[11] V. Morari, E.V. Rusu, V.V. Ursaki, K. Nielsch, I.M. Tiginyanu, Aerosol Spray Deposited Wurtzite ZnMgO Alloy Films with MgO Nanocrystalline Inclusions. In Proceedings of the 5th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering; Tiginyanu, I., Sontea, V., Railean, S., Eds.; Springer International Publishing: Cham, 2022; pp. 32–39.

[12] V. Morari, A. Pantazi, N. Curmei, V. Postolache, E.V. Rusu, M. Enachescu, I.M. Tiginyanu, V.V. Ursaki, Band Tail State Related Photoluminescence and Photoresponse of ZnMgO Solid Solution Nanostructured Films. *Beilstein J. Nanotechnol.* Vol. 11, pp. 899–910 **(**2020**)** https://doi.org/10.3762/bjnano.11.75.

[13] V. Morari, E. Monaico, E. Rusu, K. Leistner, K. Nielsch, V.V. Ursaki, I.M. Tighineanu, Photosensivity of Heterostructures Produced by Aerosol Deposition of ZnMgO Thin Films on Si Substrates. In *Proceedings of the Advanced Topics in Optoelectronics, Microelectronics and Nanotechnologies X; SPIE,* December 31 2020; Vol. 11718, pp. 307–314.

[14] X. Li, Z. Guo, Y. Xiao, H.-D. Um, J.-H. Lee, Electrochemically Etched Pores and Wires on Smooth and Textured GaAs Surfaces. *Electrochimica Acta* Vol. 56, pp. 5071–5079 **(**2011**)** https://doi.org/10.1016/j.electacta.2011.03.084.

[15] Z. Liu, D. Zhang, S. Han, C. Li, T. Tang, W. Jin, X. Liu, B. Lei, C. Zhou, Laser Ablation Synthesis and Electron Transport Studies of Tin Oxide Nanowires. *Advanced Materials* Vol. 15, pp. 1754–1757 **(**2003**)** https://doi.org/10.1002/adma.200305439.

[16] G. Miao, D. Zhang, Stages in the Catalyst-Free InP Nanowire Growth on Silicon (100) by Metal Organic Chemical Vapor Deposition. *Nanoscale Res Lett* Vol. 7, pp. 321 **(**2012**)** https://doi.org/10.1186/1556-276X-7-321.

[17] G.V. Colibaba, D. Rusnac, N. Costriucova, O. Shikimaka, E.V. Monaico, Low-Temperature Sintering of ZnO:Al Ceramics by Means of Chemical Vapor Transport. *J Mater Sci: Mater Electron* Vol. 34, pp. 82 **(**2023**)** https://doi.org/10.1007/s10854-022-09458-1.

[18] G.V. Colibaba, D. Rusnac, V. Fedorov, P. Petrenko, E.V. Monaico, Low-Temperature Sintering of Highly Conductive ZnO:Ga:Cl Ceramics by Means of Chemical Vapor Transport. *Journal of the European Ceramic Society* Vol. 41, pp. 443–450 **(**2021**)** https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2020.08.002.

[19] V. Morari, V.V. Ursaki, E.V. Rusu, V.V. Zalamai, P. Colpo, I.M. Tiginyanu, Spin-Coating and Aerosol Spray Pyrolysis Processed Zn1−xMgxO Films for UV Detector Applications. *Nanomaterials* Vol. 12, 3209 **(**2022**)** https://doi.org/10.3390/nano12183209.

[20] V. Morari, D. Rusu, E.V. Rusu, V.V. Ursaki, I.M. Tiginyanu, Characterization of Films Prepared by Aerosol Spray Deposition in the (MgO)x(In2O3)(1−x) System. In Proceedings of the 6th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering; Sontea, V., Tiginyanu, I., Railean, S., Eds.; Springer Nature Switzerland: Cham, 2024; pp. 52–59. https://doi.org/10.1007/978-3-031-42775-6_6.

[21] V. Morari, V. Postolache, G. Mihai, E. Rusu, Ed. Monaico, V.V. Ursachi, K. Nielsch, I.M. Tiginyanu, Electrical and Photoelectrical Properties of Zn1−xMgxO Thin Films Obtained by Spin Coating and Aerosol Deposition Method. In Proceedings of the 4th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering; Tiginyanu, I., Sontea, V., Railean, S., Eds.; Springer International Publishing: Cham, 2020; pp. 105–109. https://doi.org/10.1007/978-3-030-31866-6_23.

АКУПУНКТУРА. МЕТОДЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА АКТИВНЫЕ ТОЧКИ

Татьяна МАСЛОВА

Департамент Микроэлектроники и Биомедицинской Инженерии, группа MN-231M ,Факультет Вычислительной Техники, Информатики и Микроэлектроники, Технический Университет Молдовы, Кишинев, Республика Молдова

Автор-корреспондент: Татьяна Маслова, tatiana.maslova@mib.utm.md

Координатор/ научный руководитель: **Сергей РАИЛЯН,** доктор, Центра Нанотехнологий и Наносенсоров, Факультет Вычислительной Техники, Информатики и Микроэлектроники, Технический Университет Молдовы, Кишинев, Республика Молдова

Аннотация. *В данной работе проведен анализ различных устройств и методов, используемых для воздействия на активные акупунктурные точки. Кратко изложены основные понятия о том, что такое акупунктура , что такое активные точки и где они расположены на теле человека. Описаны методы их поиска и устройства, которые для этого используются, а также устройства и методы для терапевтического влияния на них. В ходе исследования рассмотрены принципы функционирования этих устройств и методов с целью определения наиболее эффективного способа воздействия. Основное внимание статьи уделено выявлению оптимальных методологий, способных обеспечить максимальное воздействие на активные точки и достижение желаемых терапевтических результатов. Проведен анализ преимуществ и недостатков различных устройств и методов, на основе наиболее применяемых на данный момент. На основе проведённого анализа планируется спроектировать устройство, которое использует наиболее современные и эффективные методы терапии через акупунктурные точки. Работа позволяет лучше понять механизмы воздействия на организм через акупунктурные точки и выбрать наиболее оптимальный метод для конкретных клинических ситуаций, что может способствовать улучшению результатов терапии и качества жизни пациентов. Кроме того, при удачном проектировании и реализации прибора планируется исследовать вопрос о положительном или отрицательном действии акупунктуры с помощью этого устройства, тем самым подтвердить или опровергнуть эффективность терапии, что является предметом для дискуссий в научном сообществе.*

Ключевые слова: *Акупунктура, активные точки, методы, терапия, устройство.*

Введение

Акупунктура — это метод лечения, который происходит из китайской медицины и известен ещё из древности(чжэнь-цзю). Китайцы считали, что в организме человека существует сеть каналов, называемых меридианами, по которым циркулирует энергия, называемая чи - жизненная сила. Важно заметить, что на тему воздействия акупунктуры ведётся множество дискуссий из-за того, что процессы, которые происходят в организме при этой процедуре недостаточно изучены, а проводившиеся исследования – посчитались недостаточной доказательной базой из-за трудностей организации двойного слепого исследования [1], и на данный момент она считается формой альтернативной медицины. Однако некоторое положительное действие всё-таки доказано [2]. Суть процедуры в том, что тонкие иглы вводятся в определенные точки на теле, расположенные вдоль меридианов, чтобы восстановить баланс энергии в организме. Эволюционным ответвлением акупунктуры является электроакупунктура.

Акупунктурные точки — это специфические места на теле, которые используются для воздействия иглами во время акупунктуры. В традиционной китайской медицине

существует более 360 акупунктурных точек, каждая из которых имеет свои уникальные свойства и может быть использована для лечения различных состояний. Эти точки выявлены путём многолетнего опыта , и составлены специальные акупунктурные карты, кроме этого, эти точки определяются специальными приборами.

В данной работе будут рассмотрены существующие на данный момент методы акупунктуры, для выявления наиболее действенных из них и проектирования устройства, с помощью которого можно исследовать этот процесс, а также улучшить результаты терапии.

Существует несколько методов для поиска активных акупунктурных точек (АТ):

- **Пальпация** (изменения в тонусе мышц или чувствительность касания).
- **Термография** (отличительные температурные характеристики)
- **Измерение биоэлектрических сигналов** (области с измененной активностью электрических сигналов).
- **Акупунктурные карты** (идентифицированы и картированы на протяжении многих лет практики)
- **Измерение электрической проводимости** (высокая электрическую проводимость из-за увеличенной концентрации биологически активных веществ в этой области).

Среди современных , применяемых, практик можно выделить несколько методов для воздействия на активные точки:

- **Традиционная иглотерапия** – акупунктура (введение тонких игл в активные акупунктурные точки на теле пациента)
- **Электростимуляция** (подача слабых электрических электродами или иглами)
- **Лазерная терапия** (низкоуровневый лазерный свет)
- **Массаж** (стимуляции акупунктурных точек давлением, применение разных техник, приспособлений - акупунктурные массажные коврики)
- **Тепло-терапия** (использование горячих компрессов или горячих камней для циркуляции крови и расслабления мышц вокруг точек).

Рассмотрим преимущества и недостатки этих методов.

Традиционная иглотерапия (акупунктура)

- преимущества: доказанная эффективность, индивидуализация лечения, отсутствие побочных эффектов.
- недостатки: неприятные ощущения, необходимость в квалифицированном специалисте.

Электростимуляция

- преимущества: эффективность, индивидуализация, безопасность.
- недостатки: неудобство, необходимость обучения.

Лазерная терапия

- преимущества: безболезненность, удобство, безопасность.
- недостатки: ограниченная глубина проникновения, дороговизна.

Массаж

- преимущества: доступность, расслабление тела и улучшение кровообращения
- недостатки: ограниченная точность и эффективность, ограниченные возможности

Тепло-терапия

- преимущества: комфортная процедура, улучшение кровообращения
- недостатки: ограниченная глубина проникновения, ограниченная область воздействия

Таким образом самой эффективной по множеству факторов является электроакупунктура, из-за индивидуализации метода, наибольшей степени воздействия и безопасности. Принцип воздействия прибора и поиска активных точек: электроды

постоянного тока накладываются на тело, между ними создаётся электрическое поле. Оно воздействует на состояние ионов в клетках и тканях, стимулирует перемещение ионов и приводит к возникновению ряда сложных процессов.

В области отрицательного электрода – катода происходит накопление положительных ионов. Это делает клеточные мембраны более рыхлыми и повышает их проницаемость, что ведет к увеличению возбудимости клеток. В области положительного электрода - анода мембраны клеток уплотняются из-за накопления отрицательных ионов, что снижает их возбудимость.

Проводимость электрического тока через различные слои тканей зависит от их сопротивления. Когда электрический ток проникает в живые ткани, их сопротивление изменяется — при повышении напряжения сопротивление снижается, соответственно проводимость растёт. Таким образом осуществляется поиск АТ - обычно они имеют более высокую электрическую проводимость из-за увеличенной концентрации биологически активных веществ в этой области.

Для электроакупунктурного воздействия используются постоянный и импульсный токи.

Среди реализованных приборов преобладают следующие типы:



Рисунок 1. Приборы для электроакупунктуры (стационарный справа [3] и мобильный слева [4]

Каждый из приборов представленный на рисунке выше имеет свои преимущества и недостатки. Прибор слева мобилен, имеет несколько игл, сосредоточенных на расстоянии для более лёгкого поиска АТ. Однако второй прибор имеет расширенный функционал и больше подходит для исследований.

Ниже представлена структурная диаграмма для устройства:

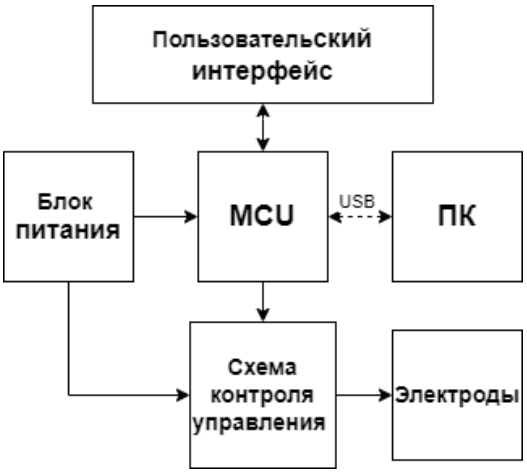


Рисунок 2. Структурная диаграмма для устройства

Блок 1 – блок питания, для питания схемы.

Блок 2 – Microcontroller (MCU) - главный блок устройства. Он осуществляет взаимодействие между периферийными устройствами, управляет всеми процессами устройства, осуществляет контроль данных и расчет необходимых значений.

Блок 3 – Пользовательский интерфейс: представленный экраном для отображения данных, кнопками, светодиодной индикацией.

Блок 4 – блок установления необходимыми настройками через персональный компьютер. Подключением через USB происходит устранения неполадок, прошивка микроконтроллера.

Блок 5 – Схема управления электродами(может отличаться в зависимости от используемого метода, типа тока и принципиальной схемы).

Блок 6 – электроды (иглы).

Выводы

Акупунктура, пришедшая к нам ещё из древний китайской медицины, продолжает привлекать внимание и вызывать интерес ученых, врачей и пациентов и в современном мире. Продолжаются исследования механизмов ее действия, ведутся дискуссии в научных сообществах, публикуются научные исследования, подтверждающие и опровергающие ее эффективность в лечении различных заболеваний и состояний.

Электроакупунктура, как её эволюционное и более эффективное применение, благодаря связи с электроникой и её огромным потенциалом – позволит исследовать действие этой терапии намного глубже. Исследования, уже проведённые на данный момент, показывают, что при нахождении правильной комбинации входных параметров, терапия всё же оказывает действие [5], а значит имеет потенциал развития и может стать одним из безопасных методов, который позволит лечить широкий спектр различных заболеваний без медикаментозного вмешательства! Это метод уже является доступным и помогает в облегчении болей, мышечных спазмов, стимуляции кровообращения, снижении стресса, тревоги, депрессии, улучшении качества сна, улучшении функций пищеварения, и т. д. [1, 6-9]. Однако не стоит забывать, что акупунктура нуждается в дальнейшем исследовании, и не стоит воспринимать её, как панацею от всех болезней: прежде чем применять эту практику – стоит ознакомиться с критикой [10-16].

В данной работе проведен анализ преимуществ и недостатков различных методов акупунктуры, применяемых на данный момент. На основе проведённого анализа планируется спроектировать устройство, для выявления наиболее эффективного воздействия и исследования акупунктуры в целом.

Благодарности: Автор благодарна консультанту проекта Сергею Драгуцану и куратору проекта Сергею Раиляну за оказанную поддержку при реализации данного проекта. Исследование выполнено при поддержке Государственной программы ЛАЙФТЕК «Инновации в биомедицинской инженерии: перспективные технологии и приложения для сбора, обработки и анализа данных». 020404 Технического университета Молдовы.

Библиография

[1] Акупунктура. Практическое руководство / Ханс-Ульрих Хекер, Ангелика Стивлинг, Элмар Т. Пекер, Йорг Кастнер; пер. с англ. — М.: МЕДпресс-информ, 2009.

[2] World Health Organization Zhang X: Acupuncture: Review and Analysis of Reports on Controlled Clinical Trials. World Health Organization (2003).

[3] “Электрический мышечный Стимулятор”,“онлайн-магазин”, *aliexpress.ru*, Accessed: Apr. 14, 2024. [Online]. Available:

https://aliexpress.ru/item/1005004305883915.html?sku_id=12000028695749647&spm=.search_results.0.429b264dDwzqFp

[4] “Устройство для электроакупунктуры "Electro Acupuncture”, *www.zeptros.ru*, Accessed: Apr. 14, 2024. [Online]. Available: http://www.zeptros.ru/indexc187.php?productID=525

[5] Xuke Han , Yang Gao , Xuan Yin , Zhangjin Zhang , Lixing Lao, Qiu Chen1 and Shifen Xu2, “The mechanism of electroacupuncture for depression on basic research: a systematic review”, Chinese Medicine, vol. 17, pp. 9–10, 10 February 2021, doi.org/10.1186/s13020-021-00430-5.

[6] Стояновский Д., “Справочник по иглоукалыванию и прижиганию”, Кишинев: Картя Молдовеняскэ, vol. 256, pp. 9–10, 1977.

[7] Electrodermal Screening (англ.). Cancer.org. American Cancer Society (1 nov. 2008).

[8] Chiu H. Y., Hsieh Y. J., Tsai P. S. Acupuncture to Reduce Sleep Disturbances in Perimenopausal and Postmenopausal Women: A Systematic Review and Meta-analysis, Obstetrics and Gynecology : journal. — 2016. — March (vol. 127, no. 3). — P. 507—515. —

[9] Linde K., Allais G., Brinkhaus B., Fei Y., Mehring M., Vertosick E. A., Vickers A., White A. R. Acupuncture for the prevention of episodic migraine, Cochrane Database of Systematic Reviews : journal. — 2016. — June (vol. 6, no. 6). — P. CD001218. — doi:10.1002/14651858.CD001218.pub3. — PMID 27351677. — PMC 4977344.

[10] Ernst, Edzard. Acupuncture — a critical analysis., Journal of Internal Medicine journal. — 2006. — February (vol. 259, no. 2). — P. 125—137. — doi:10.1111/j.1365–2796.2005.01584.. — PMID 16420542.

[11] Madsen M. V., Gøtzsche P. C., Hróbjartsson A. Acupuncture treatment for pain: systematic review of randomised clinical trials with acupuncture, placebo acupuncture, and no acupuncture groups (англ.) // BMJ : journal. — 2009. — Vol. 338. — P. a3115. — PMID 19174438.

[12] Barrett S. Be Wary of Acupuncture, Qigong, and "Chinese Medicine". Quackwatch (12 января 2011).

[13] Baran G. R., Kiana M. F., Samuel S. P. Chapter 2: Science, Pseudoscience, and Not Science: How Do They Differ? , Healthcare and Biomedical Technology in the 21st Century. — Springer, 2014. — P. 19—57. — ISBN 978-1-4614-8540-7. — doi:10.1007/978-1-4614-8541-4_2.. — «various pseudosciences maintain their popularity in our society: acupuncture, astrology, homeopathy, etc.».

[14] Singh S., Ernst E. Trick Or Treatment: The Undeniable Facts about Alternative Medicine : [арх. 20 мая 2021]. — New York : W. W. Norton & Company, 2008. — ISBN 9780393069860.

[15] Patrick C Y Woo, Ada W C Lin, Susanna K P Lau, Kwok-Yung Yuen Acupuncture transmitted infections , BMJ 2010; 340:c1268 doi: 10.1136/bmj.c1268 (18.03.2010)

[16] Paton M. Is Traditional Chinese Medicine Science? What Chinese Scientists Think, 16th Biennial Conference of the Asian Studies Association of Australia. Wollongong, 2006

ELABORAREA DISPOZITIVULUI DE DEPISTARE A OBSTACOLELOR AUTOVEHICULULUI

Andrian CHEPTENE*, Alexandru RAILEAN

Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea Calculatoare Informatică și Microelectronică, Departamentul Microelectronică și Inginerie Biomedicală, grupa MN-221, Chișinău, Republica Moldova

*Autorul corespondent: Andrian Cheptene, email: andrian.cheptene@mib.utm.md

Coordonatorul științific **Maxim CHIRIAC**, Asistent universitar, Centrul de Nanotehnologii și Nanosenzori, Departamentul Microelectronică și Inginerie Biomedicală, Facultatea Calculatoare Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

Rezumat. *În această lucrare este descris modul de funcționare a dispozitivului de depistare a obstacolelor a autovehiculelor. Sunt evidențiate trăsăturile specifice folosirii acestei configurații a dispozitivului de depistare a obstacolelor și implementarea prevăzută pentru actualizarea componentelor ce țin de partea tehnică. Sunt expuse capacitățile tehnice cu documentații tehnice a componentelor utilizate. Au fost evidențiate trăsăturile pozitive ale adaptării la infrastructura existentă ceea ce conduce la o confortabilitate sporită a proprietarului autovehiculului. Automatizarea procesului de staționare a autovehiculului crește eficiența eliminării manevrelor ineficiente în timpul parcării. Acest dispozitiv a fost elaborat fiind prevăzută defectarea parțială care nu afectează funcționarea acestui dispozitiv. Datorită implementării modulelor CAN este posibilă realizarea flexibilității topologiei care ne vor permite interconectarea mai multor module într-o rețea ceea ce înseamnă că sistemul poate fi extins la posibilități mai vaste. În general acest dispozitiv are o structură destul de simplă ceea ce permite o asamblare destul de rapidă și calitativă datorită minimului de componente necesare.*

Cuvinte cheie: *Dispozitiv de parcare, sistem inteligent autonom, staționarea autovehiculului*

Introducere

În contextul urbanizării accelerate și a creșterii populației în orașele moderne, problemele legate de parcarea vehiculelor devin din ce în ce mai presante. Congestia traficului, poluarea și dificultatea găsirii locurilor de staționare reprezintă provocări majore pentru comunități. Pentru a aborda aceste probleme, s-au dezvoltat și implementat dispozitive avansate de depistare a obstacolelor care utilizează tehnologii moderne pentru a gestiona și optimiza utilizarea spațiului disponibil. Un dispozitiv de parcare inteligent integrează tehnologii precum senzori, camere de monitorizare, algoritmi de analiză a datelor și aplicații mobile pentru a oferi o experiență eficientă și convenabilă utilizatorilor. Prin colectarea și analizarea datelor în timp real, acest dispozitiv poate furniza informații actualizate despre locurile de staționare sau opriri temporare disponibile, rutele optime către acestea și chiar rezervări prealabile pentru anumite locuri. Beneficiile unui astfel de dispozitiv sunt multiple: reducerea timpului petrecut în căutarea locurilor disponibile pentru amplasarea autovehiculului [1], diminuarea congestionării traficului și, implicit, a emisiilor de carbon [2], îmbunătățirea eficienței utilizării spațiului disponibil și creșterea satisfacției utilizatorilor. Implementarea unui dispozitiv de depistare a obstacolelor inteligent reprezintă o investiție strategică pentru autoritățile locale și companiile private, având un impact semnificativ asupra mobilității urbane și a calității vieții în orașe. În timpul parcării, avantajele unei astfel de dispozitive sunt evidente. Utilizatorii nu mai trebuie să petreacă timp căutând un loc de amplasare a mijloace de transport sau să se confrunte cu dificultăți în efectuarea manevrelor de staționare sau oprire temporară. Aceasta poate îmbunătăți experiența

de conducere și poate reduce nivelul de stres asociat căutării unui loc de parcare într-o zonă aglomerată. De asemenea, poate oferi o alternativă mai sigură și mai eficientă pentru persoanele care pot avea dificultăți în efectuarea manevrelor date sau pentru cei care se confruntă cu mobilitate redusă.

În cadrul proiectului Universității Tehnice Haiduc este elaborat acest detector de obstacole pentru a realiza un model cât mai complex a unui autovehicul electric care să fie dotat cu cele mai calitative și eficiente dispozitive care vor care vor crea condiții cât mai confortabile pentru șofer.

Partea tehnică

Elaborarea acestui dispozitiv este executat prin intermediul mediul de proiectare EasyEDA [3] pentru o reprezentare a capacităților componentelor cât mai bună și pentru aplicabilitatea și manevrabilitate sporită cu componentele în masa de lucru virtuală. Pentru a spori capacitățile tehnice ale acestui dispozitiv este aplicată independența funcționării senzorilor pentru a evita defecțiunea întregului dispozitiv în cazul defectării unuia dintre senzori. La realizarea posibilității interacțiunii dintre utilizator și dispozitiv este folosit și efectul Doppler [4] pentru a avea o percepție mai clară a distanței dintre autovehicul și obstacol. Implementarea modulelor CAN(Controller Area Network) [5] este o contribuție semnificativă la menținerea și obținerea unui semnal mai calitativ prin filtrarea și eliminarea porțiunilor de semnal care sunt ca obstacol pentru unitatea centrală de procesare ca să prelucreze datele și să le trimită mai departe la emițătorul de semnal care deja este capabil să emită semnal pentru ca utilizatorul să poată interacționa cu el. În rol de unitate centrală de procesare este aplicat microcontrolerul ATmega328 [6]. Dispozitivul este capabil de a prelucra și primi semnalul necesar pentru viitoarea interpretare a sa în indicatoarele de distanță dintre obstacol și autovehicul. Această configurație permite de a manevra cu componentele dispozitivului în orice modalitate dorită în scopul îmbunătățirii funcționalității dispozitivului fără a avea obstacole din partea infrastructurii cu care se interacționează ceea ce reprezintă un avantaj esențial în promovarea adoptării tehnologiilor autonome și a influența pozitiv asupra altor sfere și medii prin automatizare și control distanțat.

Modulul CAN este un dispozitiv de comunicație serială, folosit frecvent în aplicații industriale și automotive, care permite comunicația între diferite dispozitive fără a necesita o interfață complexă. În ceea ce privește interacțiunea cu microcontrolerul ATmega328, aceasta poate fi realizată printr-un controlor CAN extern, cum ar fi MCP2515, care este adesea utilizat pentru a extinde capacitățile de comunicație.

Senzorul HC-SR04 (High-Conductance Ultrasonic Sensor) este format din două părți esențiale precum: ***transmițătorul*** de semnal și ***receptorul***. Senzorul măsoară distanța dintre autovehiculul și obstacolele din împrejurimea lui utilizând undele sonore pentru a obține valorile corecte. Poate funcționa bine atunci când lucrurile sunt de la 0 până la 1500 mm distanță.

În figura 1 este prezentat schema principială de conectarea a modulelor enumerate mai sus pentru buna lor funcționare cu componentele electronice pasive existente deja pe modulele respective.

Dispozitivul elaborat permite implementarea unui număr sporit de senzori pentru a mări eficacitatea utilizării și siguranța utilizatorului. Cu un număr mai mare de senzori crește și sensibilitatea dispozitivului. Din punct de vedere tehnic dispozitivul depistării obstacolelor încorporat în autovehicul și realizat prin intermediul senzorilor de distanță este creat pentru a fi modificat și îmbunătățit în viitor prin intermediul înlocuirii componentelor cu unele mai calitative și eficiente ceea ce induce la un bun avantaj al utilizării acestui dispozitiv în infrastructura deja existentă a autovehiculelor.

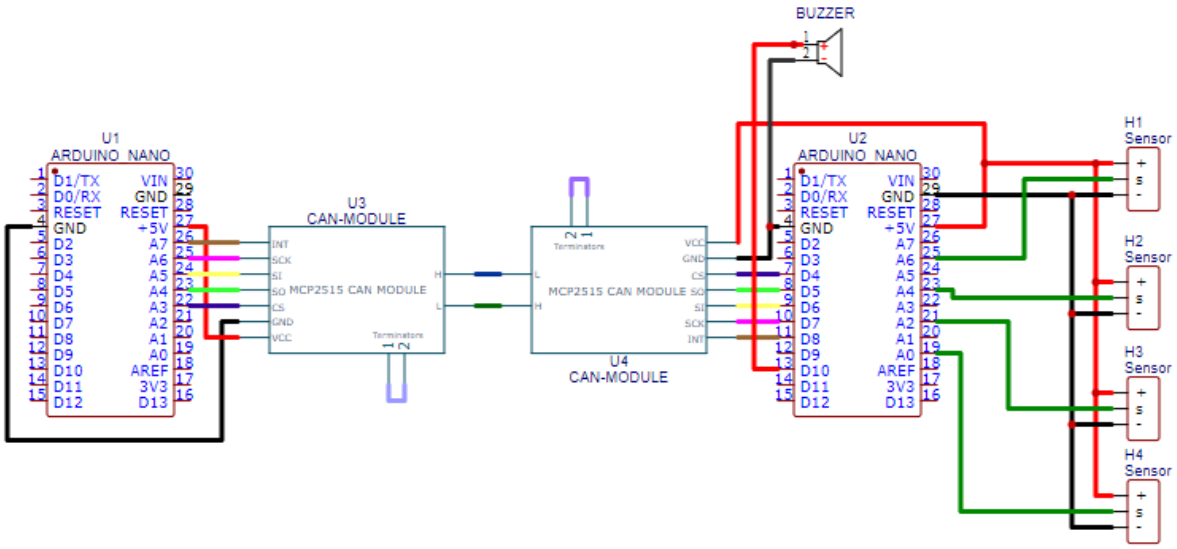


Figura 1. Schema principială a dispozitivului de parcare autonomă

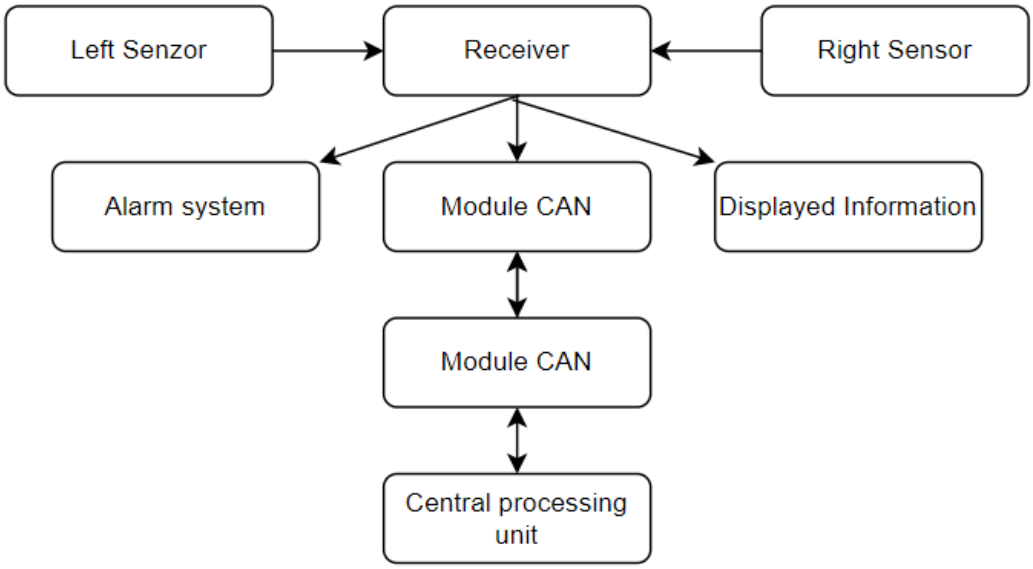


Figura 2. Imaginea schemei conceptuale a dispozitivului elaborat

În figura 2 este reprezentat principiul de funcționare a dispozitivului elaborat cu următoarea continuitate de acțiuni:

În timpul staționării, senzorii autovehiculului care se află în zona frontală și din spate a infrastructurii acestuia depistează obstacolul, iar prin intermediul undelor sonore se obțin datele necesare pentru depistarea distanței care este dintre obstacol și autovehicul. După ce obstacolul a fost depistat semnalul este recepționat de către Modulul de prelucrare a informației care la rândul său îl filtrează și procesează mai departe. Rezultatul filtrat este trimis către Modulul CAN TX și sistemei de alarmă. Sistema de alarmă indică direcția de unde este obstacolul după efectul doppler. Mai departe prin intermediul Modulului CAN RX primește informația de pe Modulul CAN TX și trimite această informație către Unitatea centrală de procesare, care dublează informația pe panoul de informare a șoferului. Acest sistem este realizat în așa mod ca să funcționeze independent, dar în același timp să dubleze această informație pe panou. Astfel în situația în care este defect protocolul CAN, șoferul oricum are posibilitatea de a cunoaște direcția obstacolului și efectua manevrele necesare pentru a le omite.

Concluzie

Dispozitivul de depistare a obstacolelor autonom este proiectat pentru a oferi utilizatorilor o experiență de parcare mai eficientă, mai sigură și mai confortabilă în mediile urbane dense. Folosind tehnologii avansate, inclusiv senzorii de distanță, prelucrarea semnalelor și infomarea prin diferite metode a șoferului dispozitivul este capabil să realizeze o detectare precisă a obstacolelor și în termen redus. Această capacitate contribuie la reducerea timpului de staționare și la evitarea coliziunilor, îmbunătățind astfel eficiența și siguranța procesului de parcare. Prin aplicarea independenței funcționării senzorilor și utilizând tehnologii de filtrare și eliminare a zgomotelor, dispozitivul poate asigura o funcționalitate continuă și fiabilă chiar și în situații neașteptate. De asemenea, integrarea modulelor CAN facilitează comunicația între diferitele componente ale dispozitivului, permițând transferul eficient al datelor și optimizând performanța generală a dispozitivului.

Astfel, șoferul poate interacționa cu dispozitivul în mod intuitiv și eficient, beneficiind de o experiență de parcare mai ușoară și mai fluidă. Perspectivele viitoare ale acestui dispozitiv sunt promițătoare, cu posibilități nelimitate de îmbunătățire și adaptare la nevoile și cerințele în continuă schimbare ale mobilității urbane. În plus, capacitatea de a integra tehnologii emergente și de a inova continuu îi conferă un potențial de transformare semnificativ în domeniul mobilității, deschizând calea către orașe mai inteligente, mai eficiente și mai ecologice.

În concluzie, dispozitivele de depistare a obstacolelor reprezintă o soluție tehnologică avansată pentru gestionarea mobilității urbane. Cu abordarea lor integrată și capacitatea lor de a îmbunătăți eficiența, siguranța și comoditatea parcării în mediile urbane aglomerate, aceste dispozitive sunt importante pentru crearea orașelor viitorului, unde mobilitatea este fluentă, sigură și sustenabilă.

Mulțumiri. Cheptene Andrian este recunoscător Universității Tehnice a Moldovei, pentru stagiul practic de licență la Centrul de Nanotehnologii și Nanosenzori în anul 2023-2024, în special doctorului, Ababii Nicolai.

Referințe

[1] B.E. in Electrical Engineering, Yale Ph.D. in Economics, Yale[online][accesat: 29.02.2024]. Disponibil: https://www.shoupdogg.com/
[2] "Impact of Parking Prices on Traffic Congestion and Emissions "[online][accesat: 29.02.2024] Disponibil: https://dan.com/buy-domain/www.trafficcongestion.org
[3] Mediul de lucru gratuit EasyEDA [online][accesat:12.09.2021] Disponibil: https://easyeda.com/
[4] Efectul Doppler[online][accesat:12.09.2021] Disponibil: https://en.wikipedia.org/wiki/Doppler_effect
[5] Modulul CAN [online][accesat: 29.02.2024]. Disponibil: https://cleste.ro/modul-can-bus-mcp2515.html
[6] ATmega328 Datasheet[online][accesat: 16.12.2021] Disponibil: https://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=ATMEGA328P&sField=4

PROPRIETĂȚILE LUMINESCENTE ALE NANOPLĂCILOR DE SELENURĂ DE STANIU

Ecaterina CRISTEA[1,2]

[1]*Departamentul Telecomunicații și Sisteme Electronice, Facultatea Electronică și Telecomunicații, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Moldova*
[2] *Laboratorul de spectroscopie optică și comunicații optice, Centrul Național de Studiu și Testare a Materialelor, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Moldova*

Autorul corespondent: Ecaterina CRISTEA, *lect. univ.*, e-mail ecaterina.cristea@srco.utm.md

Îndrumător/coordonator științific: **Victor ZALAMAI**, dr., conf., Laboratorul de spectroscopie optică și comunicații optice, Centrul Național de Studiu și Testare a Materialelor

Rezumat: *Seleniura de staniu este un material bidimensional foarte promițător, similar grafenului, dar, spre deosebire de grafen, are o bandă interzisă diferită de zero, ceea ce își extinde posibilitățile pentru aplicații ulterioare. În această lucrare, au fost studiat efectul reducerii dimensiunii structurilor asupra proprietăților emisive ale structurilor de dimensiuni joase bazate pe SnSe. Dependența de temperatură a luminiscenței nanoplăcilor SnSe a fost studiată într-un interval larg de temperatură de la 10 la 300 K. Pe lângă luminiscența asociată cu nivelurile de impurități, se observă caracteristici slabe asociate stărilor excitonice. În special, în spectrele de luminiscență se observă o bandă largă la o energie de 1.71 eV, care este cauzată de radiația din ramura longitudinală L a seriei de excitoni C. Caracteristicile asociate stărilor excitonice sunt, de asemenea, observate în spectrele de reflexie ale unui cristal masiv monocristalin. La temperaturi scăzute, în spectrele de reflexie se observă seriile de exciton A, B și C. În eșantioanele masive, nu sunt observate picuri în regiunea marginii de absorbției care să poată fi atribuite stărilor excitonice observate în spectrele de reflexie, spre deosebire de nanoplăcile de SnSe.*

Cuvinte cheie: *Selenura de staniu, nanoplăci, fotoluminiscența, temperaturi joase, stări excitonice.*

Introducere

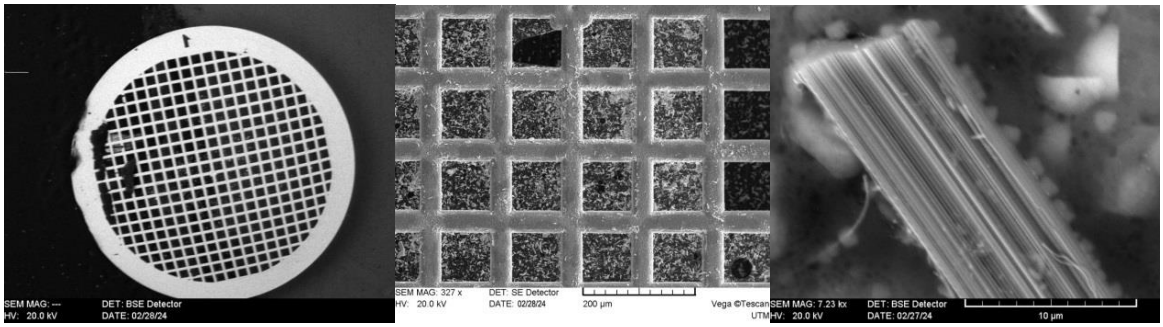
Selenidele de staniu (SnSe) au atras atenția comunității științifice datorită proprietăților lor termoelectrice excelente [1]. În acest sens, s-a demonstrat că eficiența termoelectrică ridicată a acestui compus pare să rezulte din conductivitate termică foarte scăzută [2]. SnSe pur este un semiconductor de tip p cu o bandă interzisă indirectă, care, conform datelor din literatură, este între 0,81 eV și 0,95 eV [3].

Intervalul de bandă optică a SnSe este, de asemenea, diferit pentru cristalele și filmele subțiri [4]. Într-adevăr, lucrările experimentale asupra nanoparticulelor au arătat că banda optică a nanocristalelor SnSe într-o suspensie coloidală scade odată cu creșterea mărimii granulelor, devenind aproape egală cu banda interzisă pentru un cristal cu granule mai mari de 10 nm [5]. Din aceste considerente, SnSe poate fi utilizat ca un potențial candidat pentru aplicații de celule solare.

În plus, seleniura de staniu este un material bidimensional promițător, similar grafenului, dar, spre deosebire de grafen, are o bandă interzisă, ceea ce își extinde posibilitățile de aplicare ulterioară [6]. Prin urmare, recent a fost studiată influența nanostructurării asupra proprietăților acestui material. În această lucrare s-a încercat studierea efectului nanostructurării asupra proprietăților emisive ale materialului. S-au obținut nanoplăci de seleniură de staniu și spectrele de luminiscență au fost măsurate la o temperatură de 11 K atunci când sunt excitate de linii laser de diferite lungimi de undă.

Metode experimentale

Cristalele de SnSe crescute prin metoda transportului de gaz în fiole au fost blocuri monocristaline cu dimensiuni de 1.5×0.8×0.5 cm, care au fost ușor scindate de-a lungul planului de fuziune. Folosind banda, un strat subțire de SnSe a fost separat datorită prezenței legăturilor Van der Wals slabe între straturi. De regulă, în materialele cu banda indirectă (ca SnSe), nu se observă luminiscența în regiunea marginii de absorbție, dar dacă dimensiunea este redusă la dimensiuni nanometrice, semiconductorul devine direct și în acest caz luminiscența poate fi observată în regiune de absorbția fundamentală. Pentru obținerea nanoplăcilor au fost efectuați următorii pași. Mai întâi, un strat subțire a fost separat de un cristal folosind bandă de papetărie. Apoi adezivul din bandă a fost dizolvat în acetonă și banda în sine a fost îndepărtată. Apoi stratul de seleniură de staniu a fost rupt prin ultrasunete și zdrobit. Apoi, folosind o centrifugă, nanoparticulele rezultate au fost separate după dimensiune. Cu cât nanoplaca este mai mare, cu atât este mai aproape de marginea centrifugei. Apoi, folosind o pipetă, particulele dizolvate în acetonă au fost aplicate pe grilă (prezentată în figura 1(a) și (b)) și totul a fost greblat pentru a evapora acetona. În figura 1 sunt prezentate probele rezultate. Imaginea din figura 1(b) arată formarea celulelor umplute cu o grilă de coordonate, iar imaginea din figura 1(c) arată un nanocrystal de SnSe. Structura stratificată a seleniurei de staniu poate fi văzută cu ușurință în figura 1(c).



(a) (b) (c)

Figura 1. Imagini de microscopul electronic cu scanare ale probelor obținute (grilă de coordonate (a), nanoplăci (b) și nanocristal (c).

Compoziția chimică a cristalelor SnSe a fost evaluată utilizând analiza spectroscopiei cu raze X cu dispersie de energie (EDX). Structura cristalului a fost evaluată folosind analiza de difracție cu raze X. Rezultatele indică calitatea cristalină ridicată a materialelor obținute.

Spectrele de luminescenţă sunt măsurate cu ajutorul monocromatorului ordinar MDR-2 (cu o singura rețea de difracție) cu apertură optică înaltă. Puterea luminii alcătuieşte 1:3, iar dispersia liniară este de ordinul 10Å/mm. Pentru excitare a fost folosit laserul ultraviolet He-Cd (Kimmon) cu linia 325nm. Rezoluţia alcătuieşte 0,5 meV, laserul roșu He-Ne cu linia 633 nm și laserul semiconductor cu linia 448 nm. Probele sunt fixate pe elementul de răcire a sistemei creogenice de ciclu închis LTS-22-C-330. Această sistemă criogenică permite de a schimba temperatura probei de la 10 până la 300 K cu precizia de menţinere a temperaturii de 0,05 K. Criostatul conţine ferestre de cuarţ, fapt care permite de a efectua măsurări și în intervalul ultraviolet apropiat.

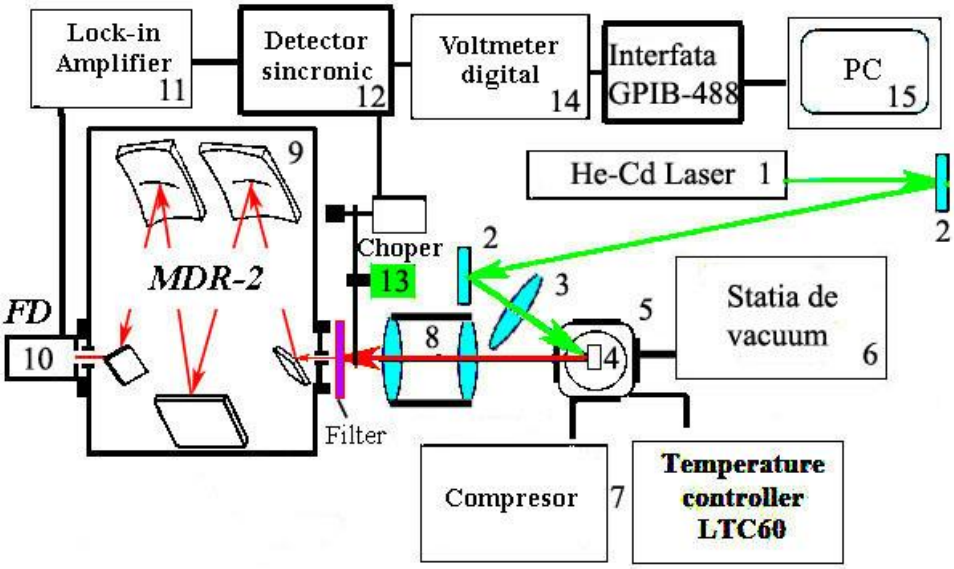


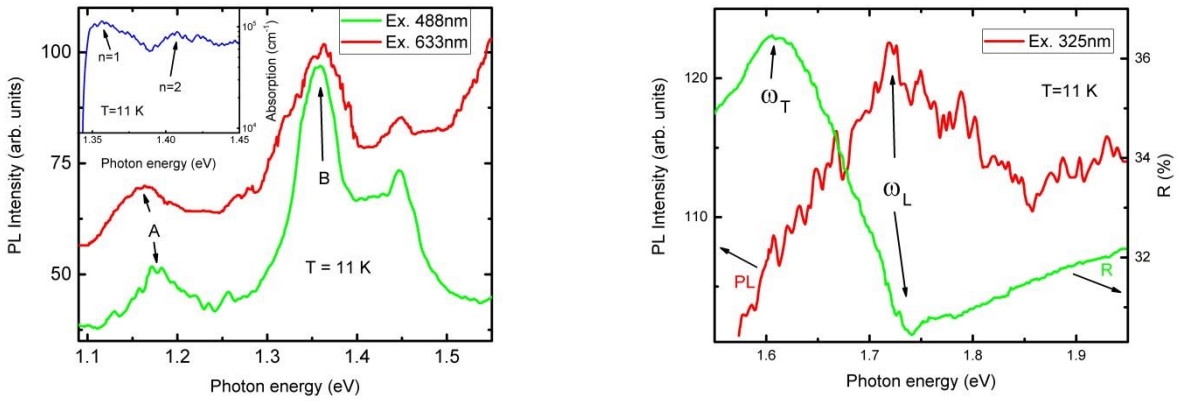
Figura 2. Schema instalației pentru măsurarea spectrelor fotoluminescenței

În figura 2 este reprezentată schema instalației pentru măsurarea fotoluminescenței. Fluxul de lumină de la laserul 1 cu ajutorul oglinzilor 2 și lentilei 3 se focusează pe proba 4. proba 4 este amplasat în criostatul 5, din care se scoate aerul cu ajutorul pompei de vid 6 până la presiunea 10^{-6} Pa. Apoi proba este răcită cu ajutorul sistemei criogenice 7 până la temperatura 10 K. Lumina laser excită în probă luminescența, care este colectată cu ajutorul condensorului 8 și se focusează la fanta monocromatorului 9. Semnalul de la fotomultiplicatorul ФЭУ-100 cu fotocatodul SbKNaCs 10, semnalul din care amplifică cu ajutorul amplificatorului de blocare 11 (lock-in amplifier). Apoi semnalul amplificat este extras de un detector sincron 12, frecvența la care este extras semnalul este stabilită de modulatorul 13. Semnalul selectat este înregistrat de un voltmetru digital 14 și se transmite la calculatorul 15 prin interfața GPIB-488.

Datele experimentale

Exemple de spectre de luminiscență la temperaturi scăzute de ordinul a 11K sunt prezentate în figura 3. Spectrele prezintă caracteristici asociate stărilor excitonice (notate A și B). Spectrele au fost excitate de două lasere cu lungimi de undă de 632,8 nm și 448 nm. Spectrele dezvăluie un maxim larg A la energii de 1,175 eV, care se datorează stărilor fundamentale ale excitonilor A. În spectrele de luminiscență din regiunea de înaltă energie apar maxime mai intense la energii de 1,384 eV și la energii de 1,453 eV, care sunt cauzate de stările fundamentale (n = 1) și excitate (n = 2) ale excitonului B. În aceeași regiune, stările asociate cu excitonii sunt observate în spectrele de absorbție măsurate pe monocristale. Ca exemplu, este prezentat spectrul la insertul din figura 3(a) în care pot fi observate stările excitonice fundamentale (n=1) și excitate (n=2) al excitonului B. În spectre se deosebesc benzi la energii de 1,37 eV, datorită stărilor fundamentale n = 1. La energii de 1,42 eV sunt detectate stări excitate n = 2 din această serie excitonică, iar la energii de 1,44 eV starea n = 3 dintre acești excitoni sunt slab distinși.

Când este excitat de un laser ultraviolet cu o lungime de undă de 325 nm, se observă o caracteristică asociată cu excitonul C la energia 1,71 eV (vezi curba PL la figura 3(b)). În aceeași regiune, în spectrele de reflexie ale monocristalului, se observă un spectru de exciton caracteristic, prezentat în figură pentru comparație (curbă roșie). În spectrul de reflexie se observă un maximum la energia 1,625 eV ce corespunde la excitonului transversal de serie C.



(a) **(b)**

Figura 3 (a) Spectrele de fotoluminescență ale nanoplăcilor SnSe măsurate la o temperatură de 11 K excitate de lasere cu lungimi de undă de 448 nm și 633 nm. Insertul arată spectrul de absorbție al monocristalului de SnSe. (b) Spectrele de fotoluminescență ale nanoplăcilor excitate de o linie laser de 325 nm (PL) și reflexie (R) a unui monocristal măsurată la o temperatură de 11 K

Concluzii

Cu ajutorul ultrasunetului și benzii adezive au fost pregătite probele nanoplăcilor de SnSe.

În spectrele de luminescență a nanoplăcilor de SnSe se observă emisia exitonică care nu se observă în cristalele masive.

În spectrele de luminiscență excitate de laseri cu lungimea de undă de 632,8 nm și 488 nm se observă maximele ce corespund stărilor excitonice A și B. Dar în cazul excitării cu ajutorul laserului ultraviolet cu lungimea de undă de 325 nm se identifică numai starea excitonică C.

Banda interzisă adecvată și coeficientul de absorbție optică ridicat fac ca SnSe să fie un material promițător pentru aplicații optoelectronice.

Referințe:

[1] J. Yang, L. Xi, W. Qiu, L. Wu, X. Shi, L. Chen, J. Yang, W. Zhang, C. Uher, D.J. Singh, On the tuning of electrical and thermal transport in thermoelectrics: an integrated theory-experiment perspective, Npj Comput. Mater. 2 (2016) 15015.

[2] L.-D. Zhao, V.P. Dravid, M.G. Kanatzidis, Ultralow thermal conductivity and high thermoelectric figure of merit in SnSe crystals, Nature 508 (2014) 373–377.

[3] C.-L. Chen, H. Wang, Y.-Y. Chen, T. Day, G.J. Snyder, Thermoelectric properties of p-type polycrystalline SnSe doped with Ag, J. Mater. Chem. A 2 (2014) 11171–11176.

[4] A. Agarwal, P.D. Patel, D. Lakshminarayana, Single crystal growth of layered tin monoselenide semiconductor using a direct vapour transport technique, J. Cryst. Growth 142 (1994) 344–348.

[5] K. Kuroki, R. Arita, "Pudding mold" band drives large thermopower in NaxCoO2, J. Phys. Soc. Jpn. 76 (2007) 083707.

[6] W.J. Baumgardner, J.J. Choi, Y.-F. Lim, T. Hanrath, SnSe nanocrystals: synthesis, structure, optical properties, and surface chemistry, J. Am. Chem. Soc. 132 (2010) 9519–9521.

SENSOR DE GAZE ÎN BAZA OXIZILOR DE CUPRU DOPAT CU ALUMINIU PENTRU DETECȚIA COMPUȘILOR ORGANICI VOLATILI

Maxim CHIRIAC, Dinu LITRA*

Centrul de Nanotehnologii și Nanosenzori, Departamentul Microelectronică și Inginerie Biomedicală, Facultatea Calculatoare Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

* Autorul corespondent: Dinu Litra, dinu.litra@mib.utm.md

Îndrumător/coordonator științific: **Oleg LUPAN**, dr. hab., Centrul de Nanotehnologii și Nanosenzori, Departamentul Microelectronică și Inginerie Biomedicală, Facultatea Calculatoare Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

Abstract. *Cercetările recente din domeniul nanotehnologiei au explorat metode inovatoare pentru sinteza și dezvoltarea nanostructurilor cu proprietăți remarcabile. Acest studiu adoptă cu succes metoda de sinteză a soluției chimice (SCS) pentru obținerea nanostructurilor de oxid de cupru dopat cu aluminiu (CuO:Al). Procesul de SCS oferă o soluție simplă și economică pentru depunerea controlată a nanostructurilor pe substrat de sticlă, deschizând perspective promițătoare pentru senzori cu performanțe îmbunătățite. Performanța senzorilor este evaluată la diverse temperaturi de operare, evidențiind cea mai mare sensibilitate la 250 °C și 300 °C, subliniind adaptabilitatea și eficiența nanostructurilor în condiții variate de funcționare. Studiul relevă potențialul remarcabil al nanostructurilor CuO:Al în detecția etanolului și propanolului. Senzorii de etanol și propanol au devenit esențiali în industrie, detectând și măsurând concentrațiile acestor alcooli în diverse medii. De la industria alimentară și farmaceutică până la sectorul auto și securitatea la locul de muncă, acești senzori joacă un rol crucial în prevenirea riscurilor asociate cu vapori inflamabili. Metoda SCS împreună cu tratarea termică demonstrează eficiență în sinteza și tratamentul termic, consolidând astfel rolul semnificativ al acestor nanostructuri în dezvoltarea tehnologiilor senzoriale avansate.*

Cuvinte-cheie: *nanostructuri, etanol, propanol, senzori*

Introducere

În ultimele decenii, cercetarea în domeniul nanotehnologiei a căutat continuu metode inovatoare și eficiente pentru sinteza și dezvoltarea nanostructurilor cu proprietăți deosebite. În acest context, metoda de sinteză a soluției chimice (SCS) [1,2] a fost adoptată cu succes pentru obținerea nanostructurilor de oxid de cupru dopat cu aluminiu (CuO:Al). Această abordare oferă o soluție simplă și economică pentru depunerea controlată a nanostructurilor pe un substrat de sticlă, deschizând perspective promițătoare pentru dezvoltarea senzorilor cu performanțe îmbunătățite. Performanța senzorului este evaluată la diferite temperaturi de operare, începând de la temperatura camerei și ajungând până la 300 °C. Cea mai mare sensibilitate este identificată la temperaturile de 250 °C și 300 °C la etanol si propanol, subliniind astfel adaptabilitatea și eficiența acestor nanostructuri în condiții variate de funcționare.

Senzorii de etanol [3] și propanol [4] au devenit componente esențiale într-o varietate de domenii datorită capacității lor de a detecta și măsura concentrațiile acestor alcooli în atmosfera înconjurătoare. Aceste dispozitive găsesc aplicații într-un spectru larg de industrii, contribuind semnificativ la monitorizarea și asigurarea siguranței în diferite medii de lucru. De la industria alimentară [5] și farmaceutică [6] până la sectorul auto [7] și cel al securității la locul de muncă, senzorii de etanol și propanol joacă un rol crucial în prevenirea riscurilor asociate cu expunerea la vaporii inflamabili, oferind soluții pentru diverse provocări și contribuind la îmbunătățirea calității și siguranței în diferite contexte.

Senzorii metal-oxid-semiconductor (MOS) sunt o categorie importantă de senzori de gaz utilizați pentru detectarea compușilor organici volatili (COV). Popularitatea lor se datorează costului redus, ușurinței în utilizare și capacității de a detecta o gamă largă de COV. Principiul de funcționare al senzorilor MOS se bazează pe modificarea conductivității unui strat semiconductor metal-oxid atunci când intră în contact cu moleculele COV. Această modificare este cauzată de adsorbția moleculelor COV pe suprafața semiconductorului, care induce o schimbare a sarcinii electrice. Schimbarea conductivității este detectată și convertită într-un semnal electric, care este proporțional cu concentrația COV din aer.

În lumina acestor rezultate promițătoare, acest studiu explorează și evidențiază potențialul remarcabil al nanostructurilor CuO:Al obținute prin metoda SCS, atât în ceea ce privește sinteza eficientă, cât și performanța superioară în detecția gazelor, consolidând astfel rolul lor semnificativ în dezvoltarea tehnologiilor senzoriale avansate.

Partea experimentală

Pentru a obține nanostructuri CuO:Al a fost utilizată metoda de sinteză a soluției chimice (SCS), care presupune depunerea pe un substrat de sticlă a nanostructurilor. Acest proces a fost urmat de tratament termic la diferite temperaturi. Această abordare de sinteză este simplă și economică, facilitând creșterea controlată a stratului de strat necesar la depunere. Procesul de tratament termic utilizează tehnologia de tratament termic rapid (RTA), permițând tratamentul termic rapid al probelor la temperaturi specificate pentru a obține diferite faze ale oxidului de cupru, și pentru a elimina defectele din structuri [8].

Expunerea senzorului la diferite gaze a generat cel mai mare răspuns față de etanol și propanol la diferite concentrații. Performanța senzorului a fost evaluată într-un interval de temperaturi de la condițiile de laborator până la temperatura de 300 °C. Cea mai mare sensibilitate a fost detectată la temperaturi de 250 °C și 300 °C.

Formula utilizată pentru a calcula sensibilitatea senzorului în procente este:

$$S = \frac{G_{gas} - G_{air}}{G_{air}} \text{ x } 100\% \quad (1)$$

unde S reprezintă sensibilitatea, reflectând răspunsul senzorului.

G_{gas} este conductanța electrică când senzorul este expus la un gaz, iar G_{air} este conductanța electrică când senzorul este expus la aer [9].

Rezultate și discuții

Pentru determinarea proprietăților senzoriale a nanostructurilor obținute de CuO:Al, acestea au fost testate la diferite condiții ale mediului.

În figura 1 sunt prezentate răspunsurile nanostructurilor CuO:Al la diferite temperaturi de operare. Astfel în această figură se vizualizează răspunsul în procente a nanostructurilor la temperaturile de operare: 22 °C, 150 °C, 200 °C, 250 °C și 300 °C cu o concentrație de 100 ppm. Aceste nanostructuri au fost testate la următorii compuși organici volatili acetona, amoniac, propanol, butanol și etanol. Unde se poate observa cea mai mare valoare de răspuns pentru etanol și propanol ceia ce face posibil aplicațiile acestor nanostructuri ca component de bază în componența unui dispozitiv de detectare a etanolului și propanolului.

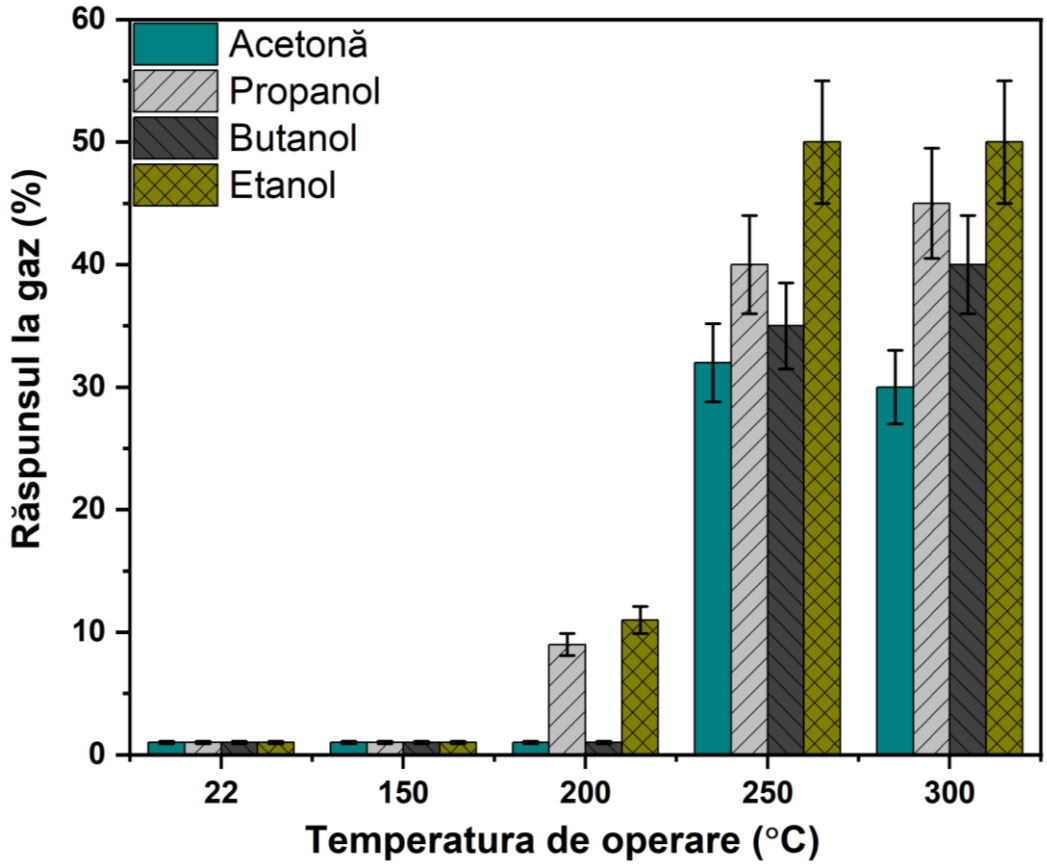


Figura 1. Răspunsul structurilor CuO:Al la acetonă, amoniac, propanol, butanol, și etanol cu o concentrație de 100 ppm.

În figura 2 sunt prezentate răspunsul în procente a nanostructurilor la temperaturile de funcționare 250 °C și 300 °C la aplicarea etanolului. La temperatura de funcționare de 250 °C răspunsul nanostructurilor se caracterizează printr-un timp de răspuns de 21 secunde, iar cel de recuperare fiind de 45 secunde, prezentate în figura 2(a). În figura 2(b) este rezultatul aplicării etanolului la temperatura de operare 300 °C obținând un răspuns de 23 secunde, iar timpul de recuperare fiind de aproximativ 64 secunde.

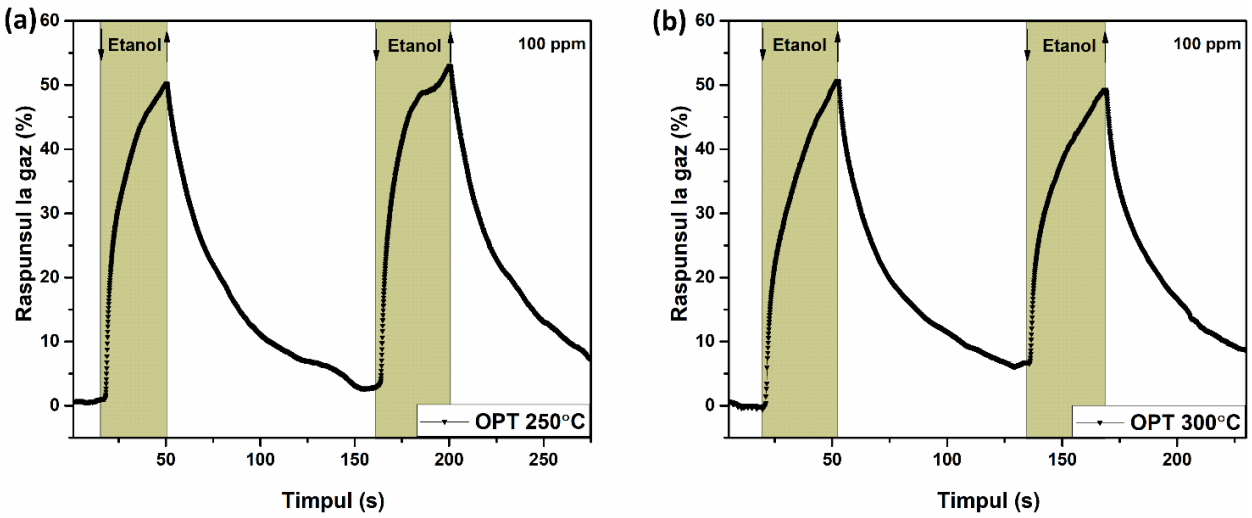


Figura 2. Răspunsul dinamic al senzorului CuO:Al la aplicarea etanolului la temperatura de operare: (a) 250 °C și (b) 300 °C

În figura 3 sunt prezentate răspunsul în procente a nanostructurilor la temperaturile de funcționare 250 °C și 300 °C la aplicarea propanolului. La temperatura de funcționare de 250 °C răspunsul nanostructurilor se caracterizează printr-un timp de răspuns de aproximativ 20 secunde, iar cel de recuperare fiind de 89 secunde, prezentate în figura 2(a). În figura 2(b) este rezultatul aplicării propanolului la temperatura de operare 300 °C obținând un răspuns de 23 secunde, iar timpul de recuperare fiind de aproximativ 81 secunde.

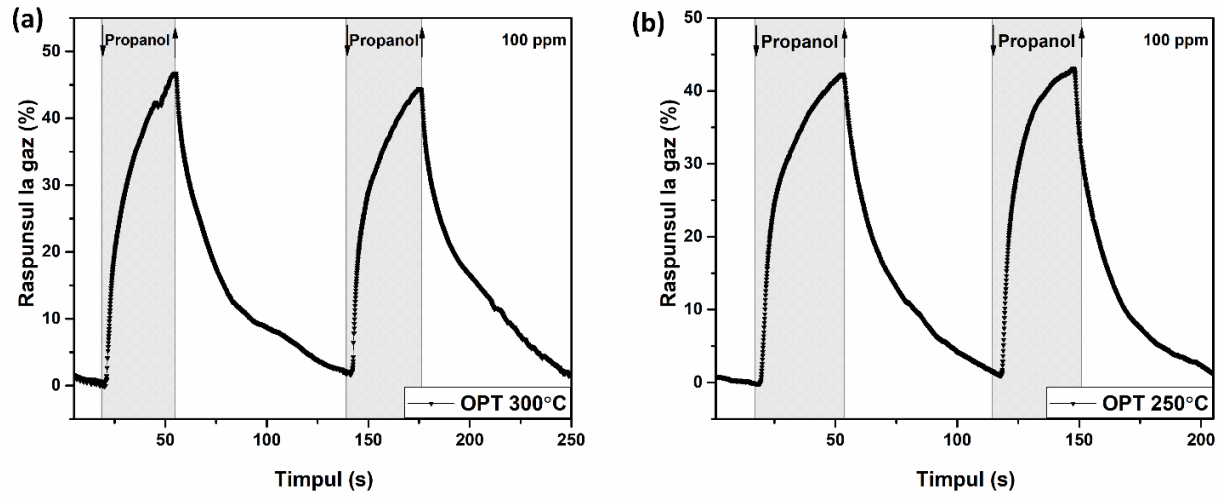


Figura 3. Răspunsul dinamic al senzorului CuO:Al la aplicarea propanolului la temperatura de operare: (a) 250 °C și (b) 300 °C

Concluzii

Studiul prezintă rezultate promițătoare privind sinteza și performanța nanostructurilor de oxid de cupru dopat cu aluminiu (CuO:Al) obținute prin metoda de sinteză a soluției chimice (SCS). Această abordare inovatoare oferă o soluție simplă și economică pentru depunerea controlată a nanostructurilor pe un substrat de sticlă, deschizând perspective semnificative în dezvoltarea senzorilor cu performanțe îmbunătățite. Senzorii rezultați din aceste nanostructuri au demonstrat o sensibilitate deosebită la etanol și propanol, cu cele mai mari valori de răspuns înregistrate la temperaturile de 250 °C și 300 °C. Această adaptabilitate la diferite condiții de operare sugerează potențialul acestor nanostructuri în domenii variate, precum industria alimentară, farmaceutică, sectorul auto și securitatea la locul de muncă. Sensibilitatea și performanța remarcabilă la concentrații de 100 ppm ale gazelor testate indică utilitatea acestor nanostructuri în dezvoltarea tehnologiilor senzoriale avansate. Prin metoda de tratament termic rapid (RTA), nanostructurile CuO:Al au fost supuse unui proces eficient pentru obținerea diferitelor faze ale oxidului de cupru și eliminarea defectelor din structuri. Acest aspect contribuie la îmbunătățirea calității senzorilor și a performanțelor acestora în detecția gazelor. În concluzie, cercetarea evidențiază potențialul remarcabil al nanostructurilor CuO:Al sintetizate prin SCS în dezvoltarea senzorilor avansați, subliniind importanța lor în monitorizarea și asigurarea siguranței în medii variate. Aceste rezultate oferă o perspectivă pozitivă asupra contribuției nanostructurilor la progresele tehnologice în domeniul senzorilor și pot avea impact în diverse industrii.

Mulțumiri. Autorii sunt recunoscători Centrului de Nanotehnologii și Nanosenzori din cadrul Departamentului Microelectronică și Inginerie Biomedicală a Universității Tehnice a Moldovei, pentru experiența oferită în cadrul studiilor la ciclul I (Licență) și ciclul II (Master), în special profesorului universitar, doctor habilitat, Lupan Oleg. Studiul a fost susținut de Programul de Stat LIFETECH „Innovations in Biomedical Engineering: Advanced Technologies and Applications for Data Acquisition, Processing and Analysis” Nr. 020404 de la Universitatea Tehnică a Moldovei.

Referințe

[1] R. Nagpal, M. Chiriac, A. Sereacov, A. Birnaz, N. Ababii, C. Lupan, A. Buzdugan, I. Sandu, L. Siebert, T. Pauporté, O. Lupan, Annealing effect on UV detection properties of ZnO: Al structures, (2023). https://doi.org/10.52326/jes.utm.2023.30(4).04.

[2] D. Litra, C. Lupan, T. Zadorojneac, M. Chiriac, N. Depri, O. Lupan, R. Adelung, L. Siebert, CuO-plate decorated ZnO nanostructures and their sensing performances, (2022). https://doi.org/https://doi.org/10.52326/ic-ecco.2022/EL.03.

[3] S. Brahim, S. Colbern, R. Gump, A. Moser, L. Grigorian, Carbon nanotube-based ethanol sensors, Nanotechnology 20 (2009) 235502. https://doi.org/10.1088/0957-4484/20/23/235502.

[4] Y. Yin, Y. Shen, P. Zhou, R. Lu, A. Li, S. Zhao, W. Liu, D. Wei, K. Wei, Fabrication, characterization and n-propanol sensing properties of perovskite-type ZnSnO3 nanospheres based gas sensor, Appl. Surf. Sci. 509 (2020) 145335. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2020.145335.

[5] N. Funazaki, A. Hemmi, S. Ito, Y. Asano, Y. Yano, N. Miura, N. Yamazoe, Application of semiconductor gas sensor to quality control of meat freshness in food industry, Sensors Actuators B Chem. 25 (1995) 797–800. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0925-4005(95)85177-1.

[6] E.A. Baldwin, J. Bai, A. Plotto, S. Dea, Electronic Noses and Tongues: Applications for the Food and Pharmaceutical Industries, Sensors 11 (2011) 4744–4766. https://doi.org/10.3390/s110504744.

[7] R. Moos, A Brief Overview on Automotive Exhaust Gas Sensors Based on Electroceramics, Int. J. Appl. Ceram. Technol. 2 (2005) 401–413. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1744-7402.2005.02041.x.

[8] J. An, K. Choi, B. Kang, R.-H. Baek, Curing defects in plasma-enhanced atomic layer deposition of Al2O3 by six methods, Mater. Sci. Semicond. Process. 152 (2022) 107070. https://doi.org/10.1016/j.mssp.2022.107070.

[9] L. Siebert, N. Wolff, N. Ababii, M.-I. Terasa, O. Lupan, A. Vahl, V. Duppel, H. Qiu, M. Tienken, M. Mirabelli, V. Sontea, F. Faupel, L. Kienle, R. Adelung, Facile fabrication of semiconducting oxide nanostructures by direct ink writing of readily available metal microparticles and their application as low power acetone gas sensors, Nano Energy 70 (2020) 104420. https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2019.104420.

POTENTIAL OF ETHANOL GAS SENSORS | IN BIOMEDICAL APPLICATIONS

Mihai BRÎNZĂ

PhD student TUM Doctoral School, Department of Microelectronics and Biomedical Engineering, Center of Nanosensors and Nanotechnology, Faculty of Informatics, Computers and Microelectronics, Technical University of Moldova

Corresponding author: Mihai Brînză, email: mihai.brinza@mib.utm.md

Tutor/coordinator: **Oleg LUPAN**, prof. univ., dr. hab., Department of Microelectronics and Biomedical Engineering, Center of Nanosensors and Nanotechnology, Faculty of Informatics, Computers and Microelectronics, Technical University of Moldova

Abstract. *A major problem in the medical field is detecting one or another disease. To make a fast decision and apply the correct treatment, it is necessary to understand the exact problem. Thus, many researchers respond to the challenge of detecting different diseases beforehand using distinct biomarkers. Various researchers in this field are motivating others to make corresponding sensors and to comply with the actual necessities. In this direction, appealing research is on ethanol gas sensors, which have the potential to show several diseases. While there are multiple technologies for gas sensors, such as optical sensors and electrochemical cell-based with good results, a promising approach could be metal-oxide based sensor.*

Keywords: *gas sensors, ethanol, diagnostics, biomarker, polymer.*

Introduction

Technological progress knows no bounds, because every day a lot of new research comes out. From medical discoveries of the human body to new treatment technologies, an interesting topic remains non-invasive diagnostics. To meet this challenge, a lot of research is being done on biomarkers and their links to different diseases [1–5].

From this point of view, a lot of work is being done on sensors that are able to detect these different biomarkers. A new approach is to develop gas sensors that could selectively detect different concentrations of different biomarkers in order to understand which treatment the patient should follow. Such sensors, being relatively new, have made significant progress in various works. For example, in a similar study [4] a TiO_2 structure with PTFE showed good opportunities for detecting 2-propanol, which is associated with lung cancer, along with butanol. Another study [3] showed an even better opportunity to develop a sensor for both diagnostics and the food industry, a "two-in-one" sensor for detecting ammonia and hydrogen.

However, ethanol is a special case as it is mainly found in various beverages, associated with drunkenness [6] and is not so valuable as a biomarker, although it has recently emerged that it may have some bond to oral cavity cancer to certain percentage and oral auto-brewery syndrome which being a very rare disease somehow can disturb daily life [7].

Ethanol sensors

Ethanol detection structures have been made by different methods and using a variety of different materials. In this paper, data collected from a TiO_2 sensor coated with a special polymer are presented. The data showed that a good response can be observed for ethanol, which can detect 100 ppm ethanol at different operating temperatures. Similar data were presented in a corresponding study by colleagues in a joint laboratory, but on a different structure, ZnO:Ag columnar films [8,9]. The data presented show that the production potential of ethanol detectors is not limited to a particular range of materials and depends on different structures, materials and hybrid materials and many different tuning processes.

Obtained results

For this study, data obtained from measurements on TiO_2-based gas sensors pre-cured at 610 °C, functionalized with noble metal particles and annealed at 450 °C and 430 °C are presented below.

From Figure 1 it can be observed that the value of response to ethanol is about 50% from the value of air applied to sensor, through the same formula from [3,10]. The gas was applied for about 15 seconds, after which a reaction time of 12 seconds was observed, while the recovery time was about 30 seconds. These characteristics may propose a low power sensor for practical applications, however, as can be seen, there is a lot of noise, therefore the data may not always be practical.

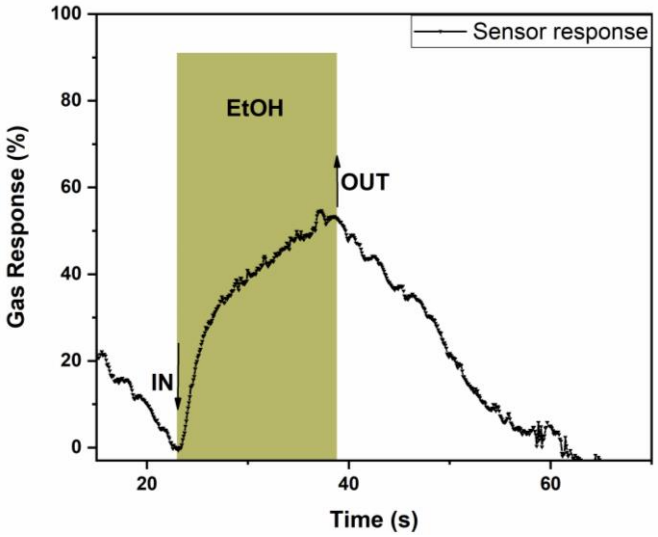


Figure 1. Dynamic response of gas sensing structure based on TiO_2 thin film, functionalized with Ag and Pt nanoparticles, coated with PV4D4 and annealed at 450 °C, at operating temperature of 350 °C to 100 ppm of ethanol

From Figure 2 it can be observed that the value of response to ethanol is about 110% from the value of air applied to sensor, through the same formula from [3,10]. The gas was applied for about 30 seconds, after which a reaction time of 5 seconds was observed, while the recovery time was about 27 seconds. This time the obtained characteristics look smoother and show a better, low-noise, accurate signal as a response to the applied ethanol on gas sensing structure.

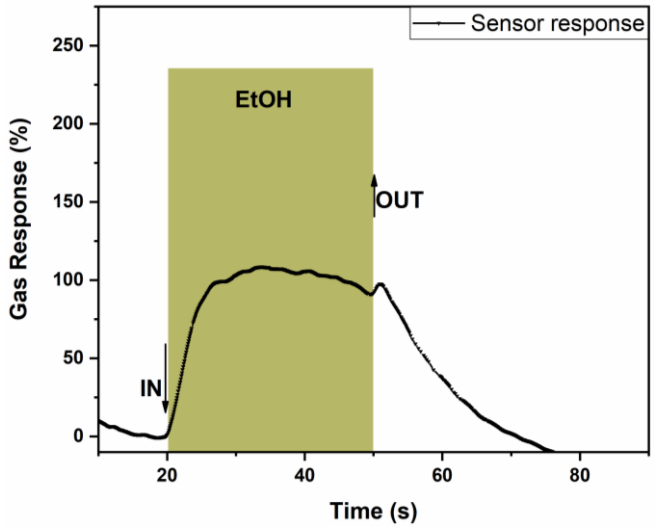


Figure 2. Dynamic response of gas sensing structure based on TiO_2 thin film, functionalized with Ag and Pt nanoparticles, coated with PV4D4 and annealed at 430 °C, at operating temperature of 350 °C to 100 ppm of ethanol

Conclusions

As can be seen, the results of this modest work show that different nanostructures, whether thin films or columnar films, whether specific materials or hybrid materials, it is possible to tailor a sensor in the manufacturing phase to achieve a different gas response. Ethanol has already been known through various other works, but the application of the data obtained in the medical field. Manufacturing a sensor at different temperatures has a very strong impact on the characteristics, so this research will continue step by step with medical research, creating new opportunities for both industry and the medical field.

Acknowledgments. This study was supported by the State Program LIFETECH "Innovations in Biomedical Engineering: Advanced Technologies and Applications for Data Acquisition, Processing and Analysis" No. 020404 at Technical University of Moldova.

References:

[1] Song, G.; Qin, T.; Liu, H.; Xu, G.-B.; Pan, Y.-Y.; Xiong, F.-X.; Gu, K.-S.; Sun, G.-P.; Chen, Z.-D. Quantitative Breath Analysis of Volatile Organic Compounds of Lung Cancer Patients. *Lung Cancer* **2010**, *67*, 227–231, doi:https://doi.org/10.1016/j.lungcan.2009.03.029.

[2] Shin, W. Medical Applications of Breath Hydrogen Measurements. *Anal. Bioanal. Chem.* **2014**, *406*, 3931–3939, doi:10.1007/s00216-013-7606-6.

[3] Brinza, M.; Schröder, S.; Ababii, N.; Gronenberg, M.; Strunskus, T.; Pauporte, T.; Adelung, R.; Faupel, F.; Lupan, O. Two-in-One Sensor Based on PV4D4-Coated TiO2 Films for Food Spoilage Detection and as a Breath Marker for Several Diseases. *Biosensors* **2023**, *13*, 538, doi:10.3390/bios13050538.

[4] Schröder, S.; Brinza, M.; Cretu, V.; Zimoch, L.; Gronenberg, M.; Ababii, N.; Railean, S.; Strunskus, T.; Pauporte, T.; Adelung, R.; et al. A New Approach in Detection of Biomarker 2-Propanol with PTFE-Coated TiO2 Nanostructured Films BT - 6th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering.; Sontea, V., Tiginyanu, I., Railean, S., Eds.; Springer Nature Switzerland: Cham, 2024; pp. 75–83.

[5] Pathak, A.K.; Swargiary, K.; Kongsawang, N.; Jitpratak, P.; Ajchareeyasoontorn, N.; Udomkittivorakul, J.; Viphavakit, C. Recent Advances in Sensing Materials Targeting Clinical Volatile Organic Compound (VOC) Biomarkers: A Review. *Biosensors* **2023**, *13*, 114, doi:10.3390/bios13010114.

[6] Ansari, H.R.; Kordrostami, Z.; Mirzaei, A. In-Vehicle Wireless Driver Breath Alcohol Detection System Using a Microheater Integrated Gas Sensor Based on Sn-Doped CuO Nanostructures. *Sci. Rep.* **2023**, *13*, 7136, doi:10.1038/s41598-023-34313-6.

[7] Smędra, A.; Trzmielak, M.; Góralska, K.; Dzikowiec, M.; Brzeziańska-Lasota, E.; Berent, J. Oral Form of Auto-Brewery Syndrome. *J. Forensic Leg. Med.* **2022**, *87*, 102333, doi:https://doi.org/10.1016/j.jflm.2022.102333.

[8] Vahl, A.; Lupan, O.; Santos-Carballal, D.; Postica, V.; Hansen, S.; Cavers, H.; Wolff, N.; Terasa, M.-I.; Hoppe, M.; Cadi-Essadek, A.; et al. Surface Functionalization of ZnO:Ag Columnar Thin Films with AgAu and AgPt Bimetallic Alloy Nanoparticles as an Efficient Pathway for Highly Sensitive Gas Discrimination and Early Hazard Detection in Batteries. *J. Mater. Chem. A* **2020**, *8*, 16246–16264, doi:10.1039/D0TA03224G.

[9] Postica, V.; Lupan, O.; Gapeeva, A.; Hansen, L.; Khaledialidusti, R.; Mishra, A.K.; Drewes, J.; Kersten, H.; Faupel, F.; Adelung, R.; et al. Improved Long-Term Stability and Reduced Humidity Effect in Gas Sensing: SiO 2 Ultra-Thin Layered ZnO Columnar Films. *Adv. Mater. Technol.* **2021**, *6*, doi:10.1002/admt.202001137.

[10] Schröder, S.; Ababii, N.; Brînză, M.; Magariu, N.; Zimoch, L.; Bodduluri, M.T.; Strunskus, T.; Adelung, R.; Faupel, F.; Lupan, O. Tuning the Selectivity of Metal Oxide Gas Sensors with Vapor Phase Deposited Ultrathin Polymer Thin Films. *Polymers (Basel).* **2023**, *15*, 524, doi:10.3390/polym15030524.

DISPOZITIV DE COMUNICARE WIRELESS PRIN INTERMEDIUL UNDELOR DE LUMINĂ VIZIBILĂ

Alexandru RACU

Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea Calculatoare Informatică și Microelectronică, Departamentul Microelectronică și Inginerie Biomedicală, grupa -IBM221, Chișinău, Republica Moldova

Autorul corespondent: Alexandru RACU, alexandru.racu@mib.utm.md

Coordonator: **Maxim CHIRIAC**, Asistent Univ., Departamentul Microelectronică și Inginerie Biomedicală, Facultatea Calculatoare Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

Rezumat. *Acest articol explică principiul de lucrul a dispozitivului și softului de comandă necesar funcționării unui sistem de comunicarea de tip Li-Fi (Light Fidelity). Tehnologia Light Fidelity reprezintă o metodă revoluționară de comunicare wireless ce folosește lumina în locul undelor radio specifice Wi-Fi-ului utilizat pe larg în prezent. Acesta oferind posibilitatea de a forma un nou standard de viteză și calitate în domeniul transferurilor de date, în același timp asigurând o securizare eficientă. Așa dar, în această lucrare sunt expuși parametrii tehnice a mecanismului de comunicare proiectat, cu enumerarea tuturor componentelor electronice implementate. Paralel, este propusă descrierea principiilor aplicate pentru controlul și reglarea instalației date. Unul din punctele forte ale dispozitivului elaborat fiind structura modulară, în scopul unei deserviri tehnice cât mai simple. Plus, ilustrarea deslușită a caracteristicilor particulare a conexiunii Li-Fi, permite introducerea acestuia în cadrul activității didactice în scopul studierii pe practică a avantajelor și dezavantajelor specifice acestei tehnologii.*

Cuvinte cheie: *Li-Fi, Arduino, LDR Senzor, LED*

Introducere

Tehnologia Light Fidelity (Li-Fi) este o formă inovatoare de comunicare wireless care este pe cale să revoluționeze modul în care accesăm internetul [1]. Spre deosebire de predecesorul său Wireless Fidelity (Wi-Fi), bazat pe utilizarea undelor radio, Li-Fi-ul transmite datele prin intermediul luminii, mai exact a LED-urilor [2]. Astfel, această tehnologie de ultimă generație oferă o multitudine de avantaje care ar putea înlocui sistemele wireless tradiționale.

Una dintre cele mai remarcabile caracteristici ale tehnologiei Li-Fi este viteza sa, având capacitatea de a oferi un transfer de date de sute ori mai eficient comparativ cu conexiunile Wi-Fi actuale. Astfel, se ating valori de viteză de până la 224 gigabiți pe secundă în condiții de laborator [3]. Această viteză incredibilă este posibilă datorită lățimii de bandă vaste disponibile în spectrul luminii vizibile, care este semnificativ mai mare decât spectrul ocupat de undele radio.

Li-Fi e definită de o securitate superioară în comparație cu Wi-Fi, deoarece lumina nu poate pătrunde prin pereți, rețelele Li-Fi sunt limitate de încăperile în care se află, reducând drastic riscul furtului de date de la distanță [4]. Prin urmare, această tehnologie devine o alegere ideală pentru transmiterea securizată a datelor în zone precum clădirile guvernamentale și instituțiile financiare.

În același timp, Li-Fi este o tehnologie care utilizează lumină pentru a transmite date, fiind o variantă mai optimă pentru spitale și avioane unde undele clasice radio Wi-Fi pot crea erori în funcționarea sistemelor. De asemenea, Li-Fi poate fi integrat în infrastructurile de iluminare existente ale locuințelor și ale birourilor, reducând astfel nevoia de echipamente de rețea suplimentare.

Impactul Li-Fi asupra mediului este minim folosind lumina LED-urilor, care deja și-au demonstrat eficiența atât din punct de vedere energetic cât și din perspectiva duratei de viață mai lungă decât becurile tradiționale. Așa dar, Li-Fi nu contribuie la poluarea mediului, ceea ce îl face o alternativă mai ecologică ca Wi-Fi [4].

Însă în ciuda tuturor beneficiilor enumerate anterior Li-Fi se confruntă cu anumite provocări tehnice precum necesitatea unei linii de vizibilitate directe între emițător și receptor ce poate limita caracterul său practic în anumite scenarii. Utilizarea Li-Fi-ului în afara zonelor bine iluminate, performanțele sale fiind limitate în cazul unor spații cu condiții de lumină fluctuante[5], fapt ce împiedică utilizarea pe scară largă a tehnologiilor Li-Fi la momentul actual însă acesta nici de cum nu minimizează perspectivele și beneficiile pe care ne le poate oferi.

Partea tehnică

Conceptul acestui dispozitiv constă în elaborarea unui sistem de comunicare Li-Fi (fig. 1) universal și predispus la modificări, pentru a fi posibilă eliminarea fără efort a anumitor defecte sau îmbunătățirea instalației prin adăugarea ori înlocuirea anumitor componente. Prin urmare, sunt elaborate plachete cu cablaj imprimat la suprafața cărora vor fi conectate toate componentele. Mediul de lucru utilizat pentru crearea circuitului poartă denumirea EasyEDA [6] fiind un soft cu un instrumental performant și gratuit. Iar modelul 3D a prototipului dispozitivului dat era realizat prin intermediul aplicației Circuito.io [7].

Pentru realizarea unui circuit electronic capabil să transfere date la distanță prin intermediul luminii folosim două plachetă cu cablaj imprimat pe care se instalează în format modular electronica necesară pentru funcționarea întregului sistem, fiecare din ele cu dimensiunile a câte 55 x 150 mm. Așa dar, pentru construirea unei rețele Li-Fi se utilizează două secțiuni– o secțiune de transmitere a semnalelor și o secțiune de recepție a semnalelor (fig. 2).

La rândul său, secțiunea de transmitere a datelor (fig. 3) este alcătuită dintr-un tastatură 4*4 folosit cu scopul unei selectări interactive a textului ce urmează să fie transmis, fiind prealabil procesat de unitatea de control care, în acest caz, este reprezentată de o ATmega328 [8] ce se conectează modular prin terminale. Aceasta îi permite să trimită impulsuri de lumină vizibilă captând semnalele binare procesate de unitatea de control.

Deja, impulsurile formate de emițător sunt captate de secțiunea de recepție (fig. 3) și anume de senzorul LDR (Light Dependent Resistor - Rezistor dependent de lumină), unită la o rezistență sunt, ce le convertește în impulsuri electrice preluate de a doua unitate de control – ATmega328. Ea primește aceste semnale și le decodifică în baza frecvenței semnalului oferind date reale afișate pe un display LCD 16x2. De asemenea, alimentarea ambelor secțiuni are loc direct prin intermediul blocurilor de control.

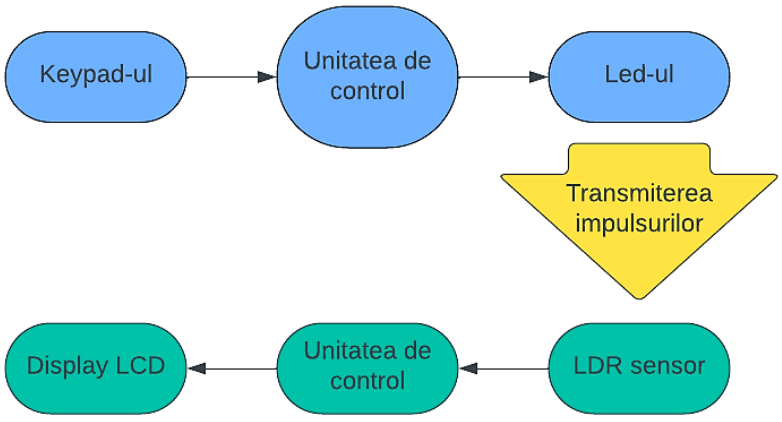


Figura 1. Imaginea schemei conceptuale ale dispozitivului elaborat

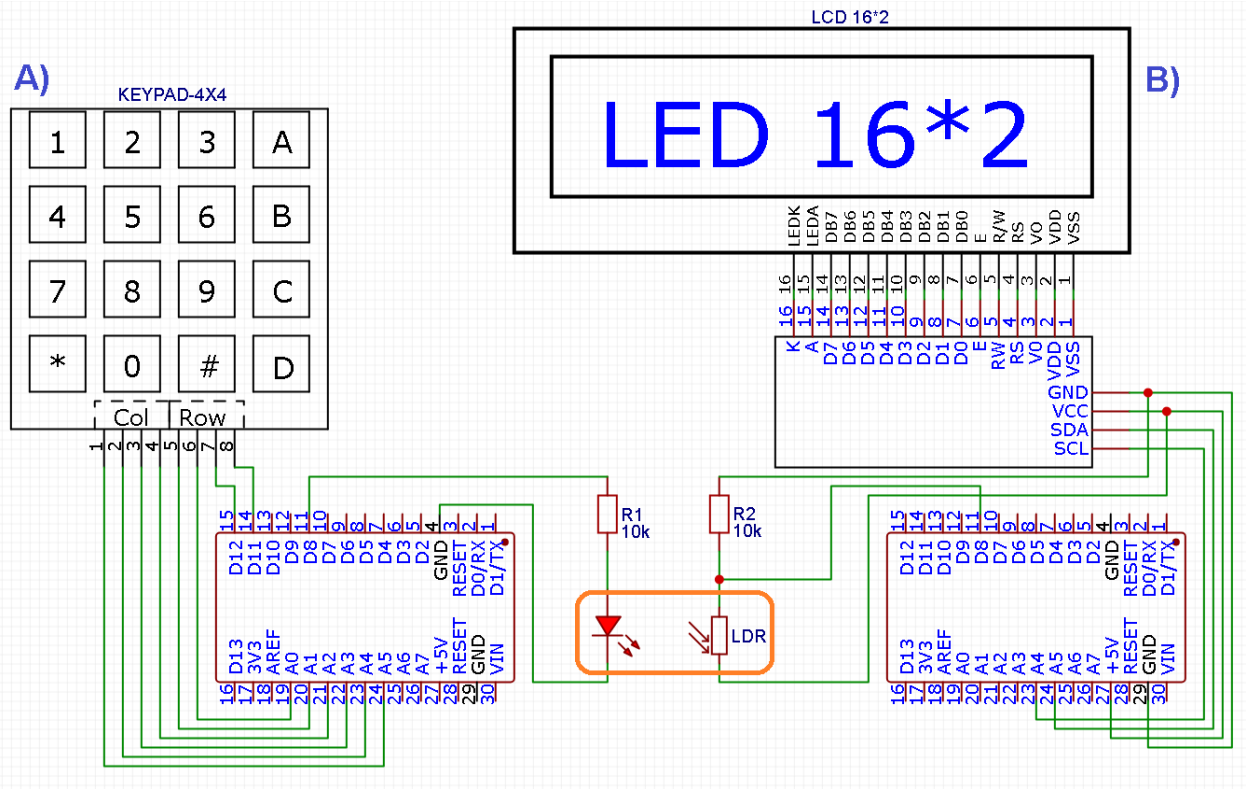


Figura 2. Imaginea schemei principiale a dispozitivului elaborat cu ilustrarea secțiunii de transmitere (A) și cu secțiunea de recepție (B)

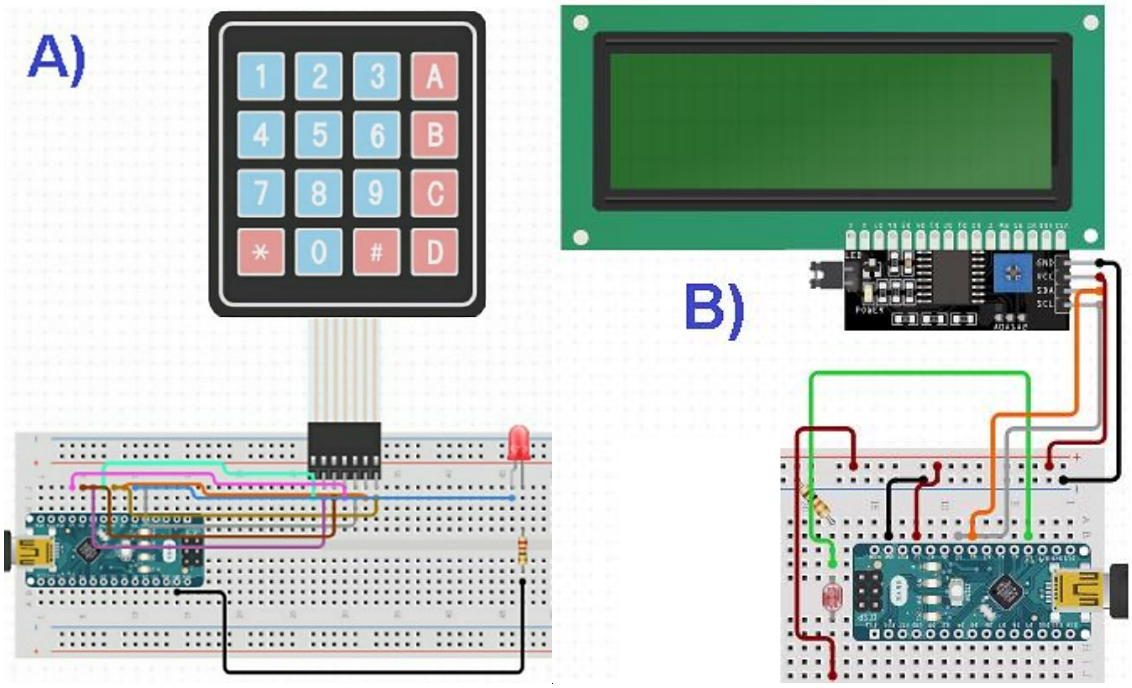


Figura 3. Vizualizarea 3D a prototipului dispozitivului elaborat cu ilustrarea secțiunii de transmitere (A) și cu secțiunea de recepție (B)

Partea funcțională

Elaborarea codului pentru setarea funcțiilor ambelor unități de control este realizat în mediul de lucru Arduino IDE [9], adaptat la limbajele de programare C, C++ și assembler. În același timp, cu scopul îmbunătățirii procesării datelor captate de dispozitiv la nivel soft este aplicat un filtru digital ce permite fără adăugarea unor componente suplimentare pentru

separarea diferitor tipuri de zgomot de la semnal. La rândul său, drept algoritm de filtrare este selectată metoda mediei aritmetice (fig. 4) ce utilizează această abordare: suma este acumulată într-o buclă și apoi împărțită la numărul de măsurări [10].

Filtrarea prin media aritmetică are următoarele caracteristici specifice:

- Înlăturarea eficientă din semnal a zgomotelor de amplitudini și origine diferite;
- Puterea și viteza de filtrare se pot fi ușor setarea la nivel de cod;
- Este destinată în mare parte pentru analiza valorilor unor măsurări rare sau de o durată de timp nesemnificativă, ceea ce convine pentru senzorul LDR din dispozitivul proiectat;
- Un dezavantaj specific este faptul că măsurătorile multiple la un moment dat pot duce la o supraîncărcare a timpului de procesare a zgomotelor.

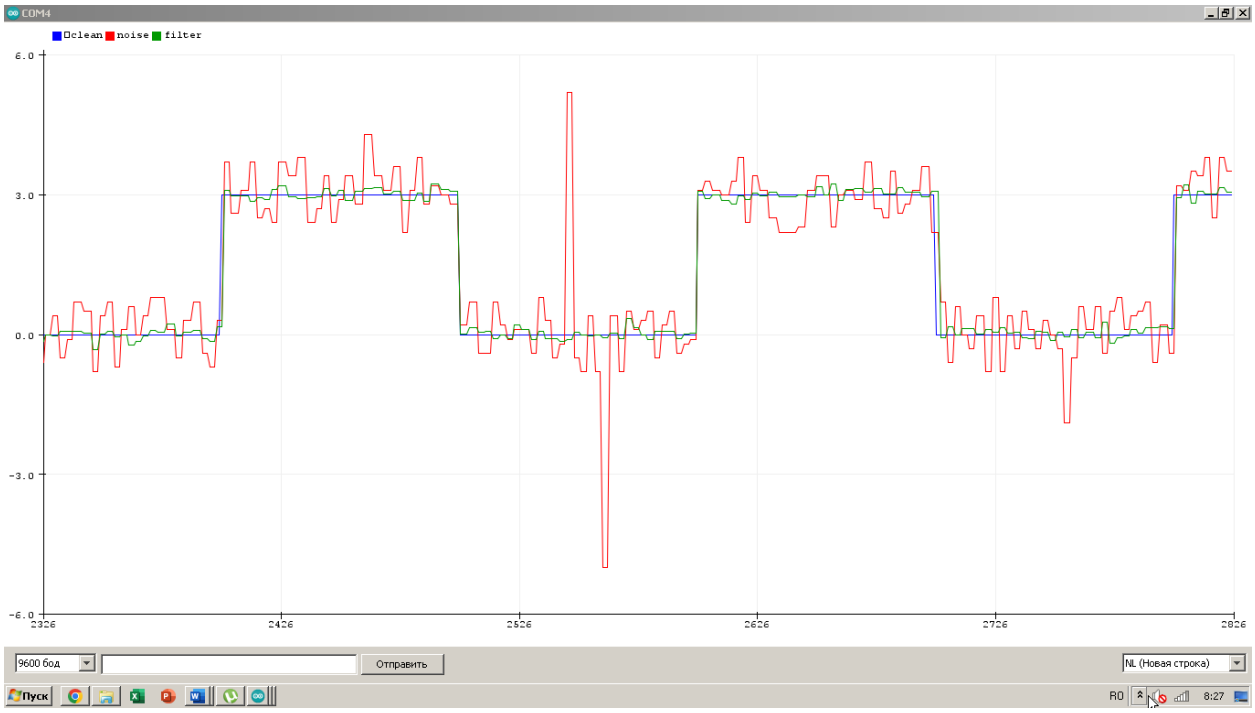


Figura 4. Vizualizarea grafică a filtrării digitale a unui semnal simulat, prin intermediul algoritmului mediei aritmetice

Concluzii

În acest articol este descrisă structura și schema de funcționare a unui dispozitiv de comunicare wireless de tip Li-Fi. Mecanismul proiectat este preconizat pentru studierea și analiza tehnologiei Light Fidelity, prin aplicare practică a proprietăților undelor de lumină. Prin intermediul structurii modulare a mecanismului este posibilă modificarea și îmbunătățirea structural a standului propus. Astfel, spre exemplu senzorul LDR poate fi înlocuită cu ușurință cu o fotodiodă sau în locul keypad-ului 4*4 datele pentru expediere se introduc direct prin calculator folosind consola Arduino IDE pentru mesaje text mai complexe în formatul unui chat. Paralel, pentru obținem un stand universal la nivel soft este introdus un filtru digital funcțional pentru diferite scopuri. Acest sistem interactiv ilustrează avantajele și dezavantajele conexiunii Li-Fi, cu o perspectivă majoră în domeniul transferului de date.

Mulţumiri. Racu Alexandru este recunoscător Departamentului Microelectronică și Inginerie Biomedicală a Universității Tehnice a Moldovei, pentru experiența oferită în cadrul studiilor la ciclul I în special conferențiar universitar, doctor, Ababii Nicolai.

Referințe

[1] What is LiFi? [online][accesat: 15.02.2024] Disponibil: https://lifi.co/what-is-lifi/
[2] LiFi Technology: What Is LiFi? How LiFi Works? How Fast Is LiFi?. [online][accesat: 15.02.2024] Disponibil: https://www.scienceabc.com/innovation/what-is-lifi-and-how-it-provides-100-times-faster-internet-connectivity-than-wifi.html
[3] LiFi - This is the Fastest Internet in the World (224GBPS) - Easiest Explanation Ever! [online][accesat: 15.02.2024] Disponibil: https://www.youtube.com/watch?v=kLtHWz1evOo
[4] What is Li-Fi? The fast wireless technology explained - Trusted Reviews. [online][accesat: 18.03.2024] Disponibil: https://www.trustedreviews.com/explainer/what-is-lifi-2932109.
[5] Review: Light Fidelity for Internet of Things: A survey [online][accesat: 18.02.2024]
[6] Disponibil: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1573427723000036
[7] Mediul de lucru EasyEDA [online][accesat:12.09.2021], Disponibil: https://easyeda.com/
[8] Mediul de lucru Circuito.io [online][accesat:12.09.2021], Disponibil: https://www.circuito.io/app?components=514,8654,9590,11022
[9] Atmega328P Datasheet[online][accesat: 04.03.2024], Disponibil: https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P_Datasheet.pdf
[10] Mediul de lucru Arduino IDE [online][accesat: 16.12.2021], Disponibil: https://www.arduino.cc/en/software
[11] Фильтрация сигналов [online][accesat: 16.12.2021], Disponibil: https://alexgyver.ru/lessons/filters/

ELABORAREA BLOCULUI ELECTRONIC PENTRU INSTALAȚIA DE EXPUNERE

Octavian CAINAREAN[1*], Maxim CHIRIAC [2]

[1]Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea Calculatoare Informatică și Microelectronică, Departamentul Microelectronică și Inginerie Biomedicală, grupa MN-201, Chișinău, Republica Moldova
[2]Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea Calculatoare Informatică și Microelectronică, Departamentul Microelectronică și Inginerie Biomedicală, Centrul de Nanotehnologii și Nanosenzori, Chișinău, Republica Moldova

*Autorul corespondent: Cainarean Octavian, octavian.cainarean@mib.utm.md

Coordonator: **ABABII Nicolai**, dr., conf. univ.

Rezumat. *În lucrarea dată este descris modul de funcționare a dispozitivului elaborat. Sunt expuse capacitățile acestuia, împreună cu documentația specifică a componentelor electronice utilizate. Diferența de bază dintre dispozitivul descris și cele existente pe piață constă în integrarea componentelor și funcționalităților specifice într-un design compact și accesibil, cu un control modern și un consum redus de energie, care îmbină eficiența și ușurința în utilizare. Astfel, dispozitivul dat urmează să fie integrat în instalația existentă de aliniere și expunere, păstrând partea mecanică a standului de laborator, care este destul de tehnologizată. Capacitatea sa de a îmbina tehnologia existentă cu noul control modern și eficiența energetică, precum și interfața intuitivă care permite operatorilor să configureze și să controleze dispozitivul fără dificultate, oferă oportunități semnificative pentru optimizarea procesului de expunere. Drept consecință, se modernizează echipamentul și crește eficacitatea acestuia, ceea ce permite studenților să efectueze lucrările de laborator într-un mod mai eficient.*

Cuvinte Cheie: *Expunere, fotorezist, leduri ultraviolet, PCB, interfață utilizator, control digital*

Introducere

În procesul de fabricare a circuitelor integrate, fotolitografia sau litografia optică este un termen general pentru a defini tehnicile care utilizează lumina pentru a produce pelicule subțiri cu modele fine peste un substrat, cum ar fi o placă de siliciu (numit și wafer), pentru a proteja zonele selectate ale acesteia în timpul gravării, depunerii sau operații de implantare ulterioare. De obicei, este utilizată lumina ultravioletă pentru a transfera un design geometric de pe o mască optică la o substanță chimică sensibilă la lumină (fotorezist), care este acoperită în prealabil pe substrat în urma unei serii de tratamente chimice. Fotorezistul fie se descompune, fie se întărește acolo unde este expus la lumină. Modelul de pe mască este creat ulterior prin îndepărtarea de pe placheta de siliciu a părților mai moi ale substanței depuse, zonele ne-developate, prin spălare cu solvenți care dizolvă substanța care nu s-a întărit. Lungimea de undă a luminii utilizată determină dimensiunea minimă a caracteristicii pe care o poate imprima pe fotorezist [1]. Procesele de fotolitografie pot fi clasificate în funcție de tipul de lumină utilizat, cum ar fi lumină ultravioletă (litografie UV), cu lumină ultravioletă extremă (cu lungimea de undă între 10 nm 124 nm, litografie EUV sau EUVL), sau raze X [2]. Fotolitografia este o subclasă a microlitografiei, termenul general pentru procesele care generează pelicule subțiri modelate. Alte tehnologii din această clasă mai largă includ utilizarea fasciculelor de electroni orientabile, nanoimprimarea, interferența, câmpurile magnetice și sondele de scanare. La un nivel mai larg, poate concura cu auto-asamblarea dirijată a micro și nanostructurilor. Fotolitografia este cea mai comună metodă de fabricare a circuitelor integrate, cum ar fi de exemplu memoriile și microprocesoarele. Poate crea modele extrem de mici, cu dimensiuni de până la câteva zeci de nanometri în mărime. Oferă

un control precis al formei și dimensiunii obiectelor pe care le creează și poate crea modele într-un singur pas, rapid și cu un cost relativ scăzut.

Conceptul acestui dispozitiv constă în crearea blocului electronic pentru instalația de expunere, drept scop a fost să aibă un control modern și un consum redus de energie. O astfel de instalație deja există în laborator, însă aceasta este veche și se deteriorează des, ideea de bază a fost păstrarea părții mecanice existente care este destul de tehnologizată și deja implementarea unui control modern cu un consum redus de energie. Astfel, crearea unui dispozitiv care combină tehnologia deja existentă cu inovațiile în control și eficiență energetică, permite modernizarea echipamentului, precum și creșterea eficacității acestuia. Deci, integrarea acestui nou dispozitiv în instalația de laborator oferă studenților oportunitatea de a experimenta și de a învăța procesul de expunere a fotorezistului într-un mediu mai modern și eficient.

Partea tehnică

Pentru elaborarea acestuia s-a decis crearea plachetei cu cablaj imprimat la suprafața căreia vor fi lipite componentele necesare, pentru proiectarea plăcilor sa utilizat softul Easy Eda [3]. Prima placă este placa cu leduri ultraviolet, prezentă în figura 5. (Schema electrică a plăcii cu leduri vizualizată în 3D): Această placă este destinată să servească drept sursă de iluminare pentru expunerea fotorezistului la raze ultraviolete. Ea este echipată cu 170 de leduri cu lungimea de undă de 405 nanometri, optimizate pentru sensibilizarea fotorezistului. Ledurile sunt distribuite uniform pe suprafața plăcii pentru a asigura o expunere uniformă a fotorezistului, asigurându-se că acestea funcționează în parametrii optimi, tensiunea necesară pentru alimentarea plăcii date este de 24V, iar curentul nominal este de 500 mA.

A doua placă, evidențiată în figura 4. (Schema electrica a blocului electronic pentru instalația de expunere vizualizată în 3D), are rolul de a oferi interfața utilizatorului pentru controlul și monitorizarea procesului de expunere. Ecranul LCD 20x4 permite afișarea informațiilor relevante, precum timpul de expunere setat, starea dispozitivului și alți parametri relevanți[4]. Microprocesorul ATmega32 [5] este responsabil pentru gestionarea operațiunilor dispozitivului, precum și pentru prelucrarea și interpretarea comenzilor utilizatorului. Butoanele de control permit utilizatorului să seteze timpul necesar pentru procesul de expunere, oferind o interacțiune simplă și intuitivă.

Pentru a asigura funcționarea corectă și fiabilitatea dispozitivului, toate componentele sunt montate și integrate pe o placă cu cablaj imprimat (PCB). Acest tip de design permite o dispunere compactă și ordonată a componentelor, minimizând riscul de interferențe și erori de montaj. Conexiunile între plăcile cu LED-uri ultraviolete și cu ecranul LCD/microprocesor sunt realizate printr-un set de fire sau conectoare, asigurându-se o comunicare eficientă între acestea.

În final, blocul electronic elaborat pentru instalația de expunere combină eficiența și accesibilitatea într-un sistem compact și ușor de utilizat. Integrând atât sursele de lumină ultraviolete cât și elementele de control și monitorizare, acest dispozitiv oferă un instrument complet pentru procesul de expunere a fotorezistului, facilitând fabricarea dispozitivelor microelectronice și nanostructurilor.

Avantajele sale includ eficiența energetică, costul redus, interfața utilizator intuitivă și posibilitatea de a fi integrat în sistemele internetului lucrurilor pentru monitorizare și control în timp real, reprezentând astfel o opțiune modernă și eficientă pentru producție.

De asemenea, dispozitivul oferă avantajul unei eficiențe energetice ridicate datorită utilizării eficiente a surselor de iluminare ultravioletă și a tehnologiilor digitale de control. Costul redus al dispozitivului îl face accesibil pentru întreprinderile mici și laboratoarele de cercetare, contribuind la reducerea costurilor de producție. Interfața utilizator intuitivă permite operatorilor să folosească dispozitivul fără dificultate, îmbunătățind eficiența și productivitatea procesului de fabricație. Integrarea în sistemele Internetului lucrurilor permite monitorizarea și controlul în timp real de la distanță, facilitând gestionarea și optimizarea producției în mod eficient și convenabil.

Schema conceptuală a dispozitivului cuprinde o reprezentare grafică a elementelor principale ale acestuia, inclusiv placa cu LED-uri ultraviolete și blocul central (microcontrolerul ATmega), interfața utilizatorului și conexiunile de comunicare între componente, acestea sunt evidențiate în figura 1 - Schema conceptuală a dispozitivului elaborat, în care se observă o reprezentare schematică ce afișează relațiile și interdependențele între diferite părți ale dispozitivului, oferind o privire de ansamblu asupra modului în care acesta funcționează.

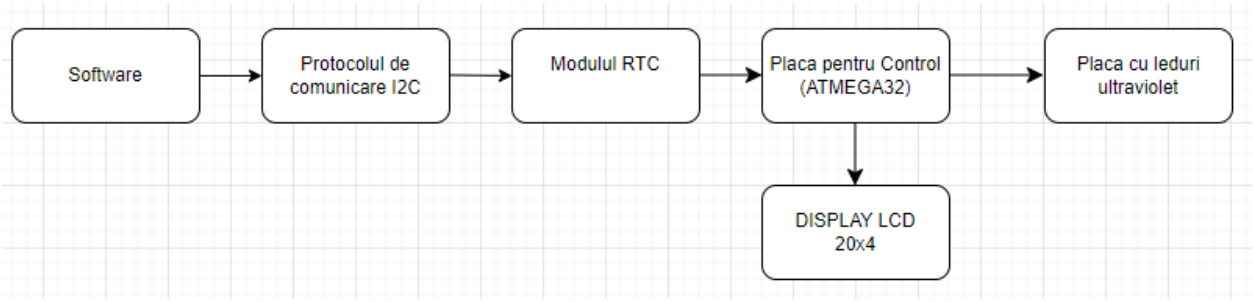


Figura 1. Schema conceptuală a dispozitivului elaborat [6]

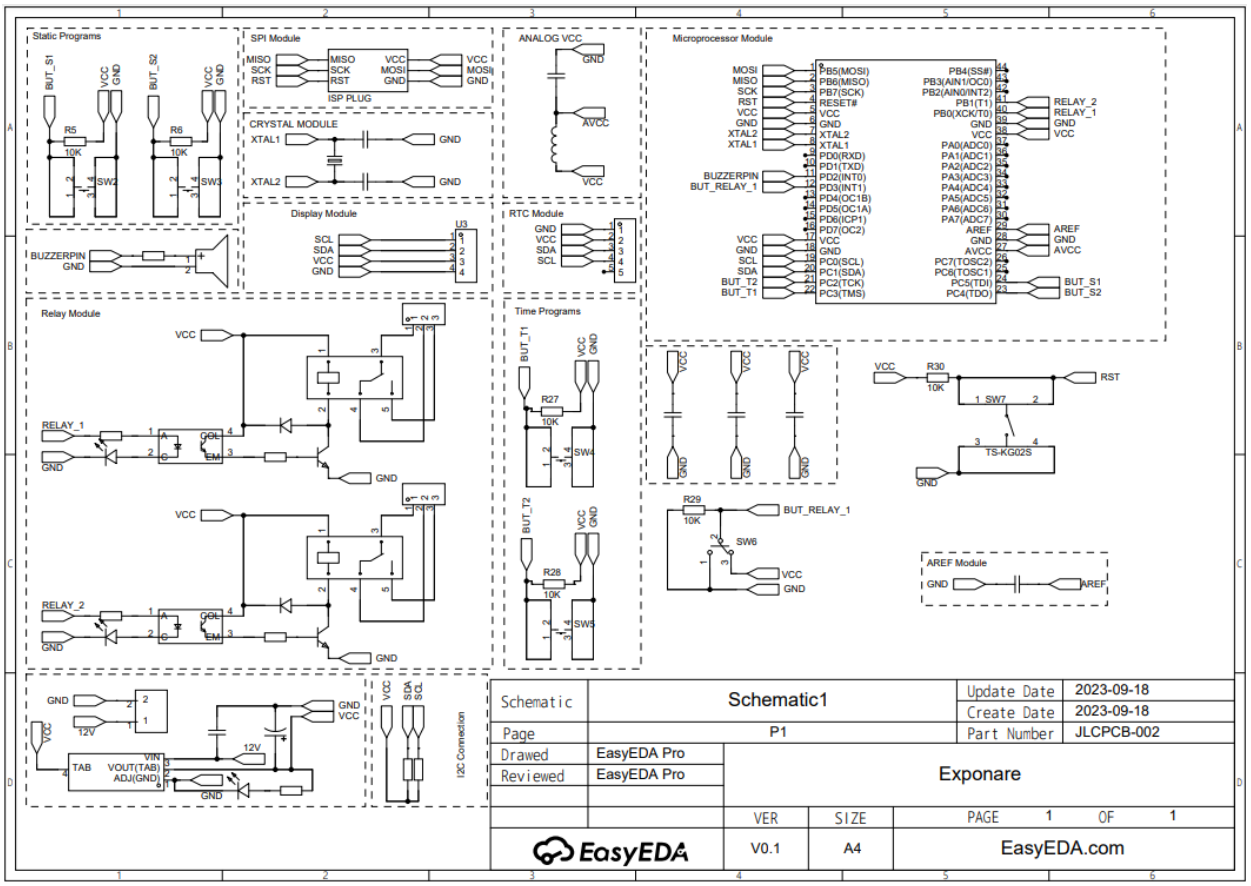


Figura 2. Schema principială de conectare a circuitului electronic a dispozitivului elaborat

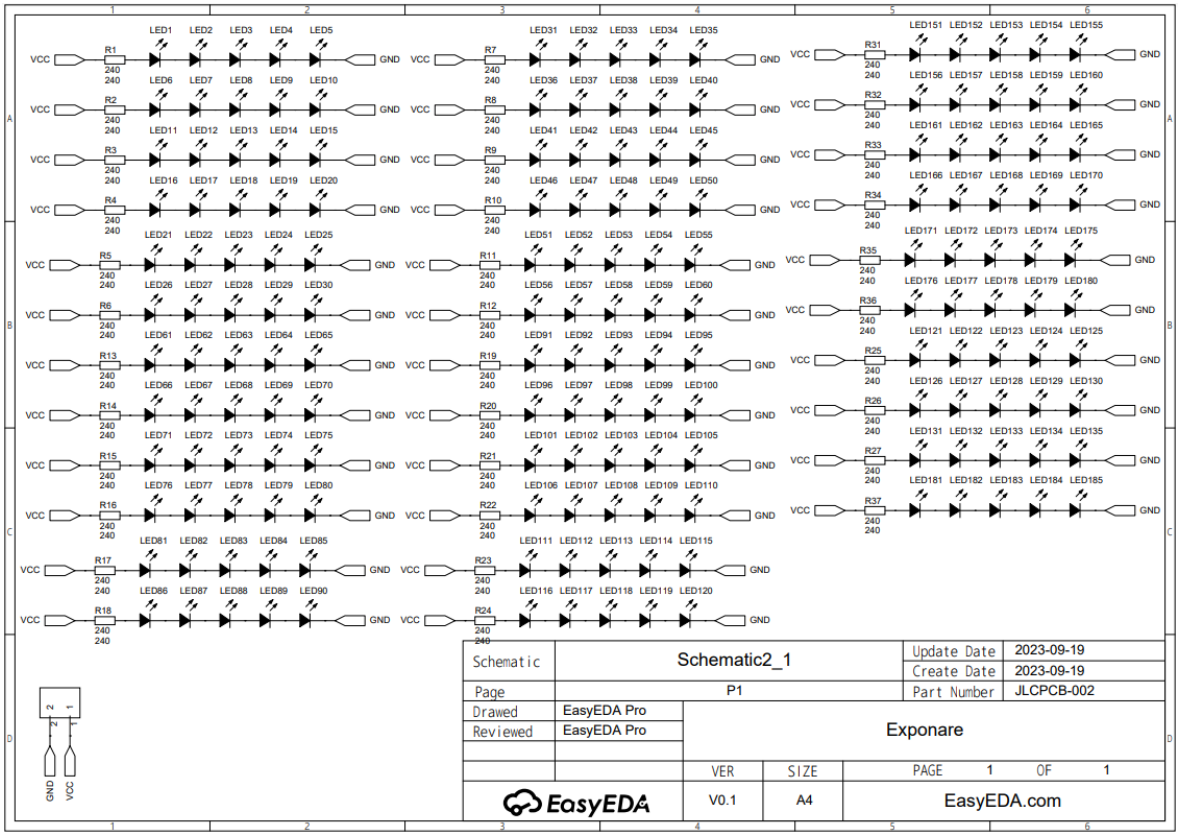


Figura 3. Schema principială de conectare a ledurilor ultraviolete pentru a doua placă

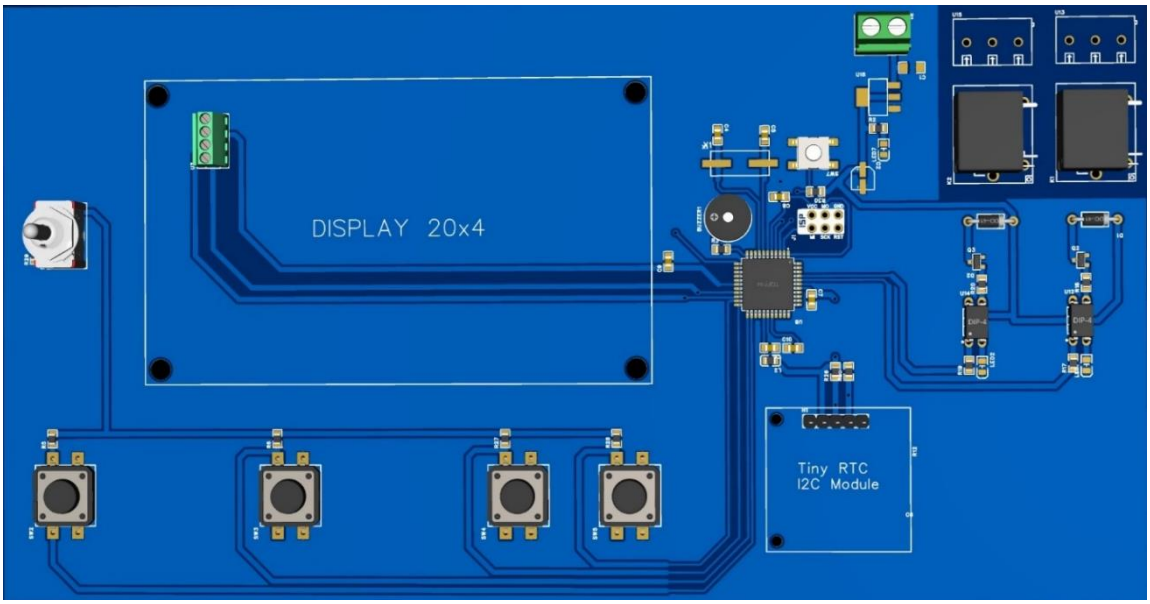


Figura 4. Schema electrica a blocului electronic pentru instalația de expunere vizualizată în 3D

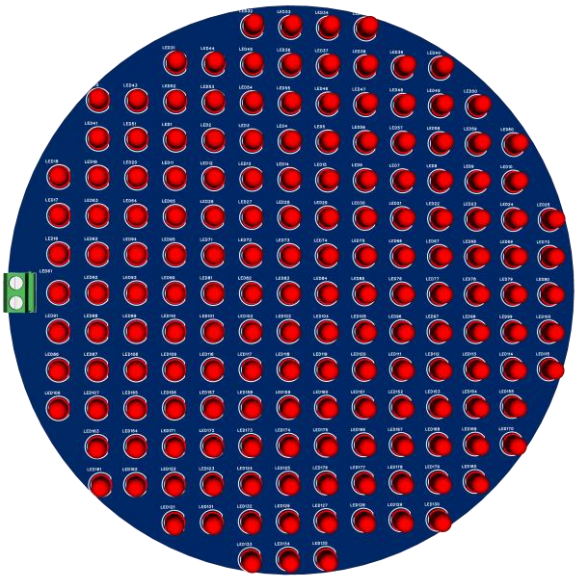


Figura 5. Schema electrica a plăcii cu leduri vizualizată în 3D

Partea software

Pentru dezvoltarea programului dedicat controlului blocului electronic pentru instalația de expunere, sa lucrat în mediul de dezvoltare Microchip Studio, unde sa utilizat limbajul de programare C++. Deci programul dat are rolul de a gestiona funcționarea și interacțiunea componentelor blocului electronic, asigurând un control precis și eficient al procesului de expunere a fotorezistului.

Principiul de funcționare al software-ului este următorul:

1. Configurarea parametrilor: Utilizatorul poate seta parametrii necesari pentru procesul de expunere, cum ar fi timpul de expunere și alte setări relevante, utilizând interfața disponibilă pe ecranul LCD și butoanele de control.
2. Controlul luminii ultraviolete: Software-ul permite activarea și controlul precis al sursei de lumină ultravioletă, compusă din ledurile ultraviolete montate pe placa corespunzătoare. Astfel, utilizatorul poate regla intensitatea și durata luminii ultraviolete în funcție de cerințele procesului de expunere.
3. Interacțiunea cu microprocesorul: Software-ul facilitează comunicarea și interacțiunea cu microprocesorul ATmega, gestionând funcțiile acestuia și asigurând o execuție corectă a comenzilor utilizatorului.
4. Monitorizarea și raportarea stării: Utilizatorul poate monitoriza și raporta starea procesului de expunere prin intermediul interfeței software, care afișează informații relevante despre timpul rămas, starea dispozitivului și alte detalii importante.

Prin intermediul softului realizat, utilizatorul poate controla și gestiona eficient funcționarea blocului electronic pentru instalația de expunere, asigurând o performanță optimă și rezultate precise în procesul de fabricație a dispozitivelor microelectronice și nanostructurilor.

Concluzii

În acest articol, este descris un dispozitiv pentru expunerea fotorezistului, elaborat în cadrul tezei de licență. Principiul de funcționare implică utilizarea luminii ultraviolete pentru expunerea fotorezistului, procedura având un rol important în procesul de fabricație a dispozitivelor microelectronice și nanostructurilor. Funcționarea se bazează pe o logică precisă și eficientă, în care utilizatorul configurează parametrii necesari, iar aceștia sunt monitorizați și raportați pe durata procesului, asigurându-se că expunerea este realizată conform specificațiilor și standardelor dorite. Prin intermediul acestei funcționalități, blocul electronic permite realizarea expunerii fotorezistului în mod controlat și fiabil, contribuind la succesul procesului de fabricație

și obținerea rezultatelor dorite. Avantajele sale, precum eficiența energetică, controlul modern, costul redus și interfața utilizator intuitivă, îl diferențiază de alte opțiuni de pe piață. Integrarea în sistemele internetului lucrurilor permite monitorizarea și controlul în timp real, contribuind la optimizarea producției și eficientizarea procesului de fabricație.

Mulțumiri. Cainarean Octavian este recunoscător Universității Tehnice a Moldovei, pentru stagiul practic de licență în anul 2023-2024, în special profesorului universitar, doctor habilitat, Trofim Viorel, de asemenea profesorului universitar, doctor habilitat, Oleg Lupan. Studiul a fost susținut de Programul de Stat LIFETECH „Innovations in Biomedical Engineering: Advanced Technologies and Applications for Data Acquisition, Processing and Analysis” Nr. 020404 de la Universitatea Tehnică a Moldovei.

Referințe

[1] „The Basics of Microlithography”. Data accesării: 14 aprilie 2024. [Online]. Disponibil la: https://lithoguru.com/scientist/lithobasics.html
[2] „Semiconductor Processing: Photolithography”. Data accesării: 14 aprilie 2024. [Online]. Disponibil la: https://www.horiba.com/int/semiconductor/process/lithography/
[3] „EasyEDA - Online PCB design & circuit simulator”. Data accesării: 14 aprilie 2024. [Online]. Disponibil la: https://easyeda.com/
[4] „20x4 Character LCD Display, 20x4 LCD Display, 2004 LCD Display - Winstar”. Data accesării: 11 aprilie 2024. [Online]. Disponibil la: https://www.winstar.com.tw/products/character-lcd-display-module/20x4-lcd-display.html
[5] „ ATmega32 Datasheet”. Data accesării: 14 aprilie 2024. [Online]. Disponibil la: https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/doc2503.pdf
[6] „Flowchart Maker & Online Diagram Software”. Data accesării: 11 aprilie 2024. [Online]. Disponibil la: https://app.diagrams.net/

АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ГИДРОПОНИКИ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ВЫБОРА РЕЖИМА ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ КУЛЬТУР

Александр ЯРОШЕВИЧ

Департамент Микроэлектроники и Биомедицинской Инженерии, MN-201, Технический университет Молдовы, Факультет Вычислительной Техники, Информатики и Микроэлектроники, Кишинёв, Молдова

Автор корреспондент: Александр Ярошевич, alexandr.iarosevici@iis.utm.md

Научный руководитель, **КРЕЦУ Василий**, унив. конференциар, доктор

Аннотация. *Мировое население выросло более чем в 5 раз за последние 100 лет, что привело к снижению объема открытой земли, необходимой для выращивания растений и продовольствия. Гидропоника, безземельный метод посадки, использует питательный раствор вместо почвы и воды. Преимущества включают меньшее занимаемое пространство, профилактику заболеваний почвы, борьбу с патогенами, независимый рост и урожайность растений, целевое снабжение питательными веществами и возможность повторного использования питательного раствора. Современные автоматические гидропонические системы имеют недостатки, такие как разработка для конкретных типов растений и использование гистереза для регулирования. Эта проблема решается системой, регулируемой ПИД, которая делает управление более точным и плавным. Предложенное устройство имеет более сложную систему, позволяющую использовать разные режимы для различных типов растений. Гидропонная система состоит из трёх частей: датчиков, измеряющих температуру и влажность воздуха, температура, pH и электропроводность питательного раствора и уровень жидкости, пользовательского интерфейса и системы управления, используется для контроля этих параметров. Система использует плату на основе микроконтроллера STM32, энкодеры для настройки параметров и дисплей с набором меню для легкого доступа. Система будет полезна, как профессиональным фермерам, так и людям, которые не имеют обширных познаний в области сельского хозяйства, обеспечивая более высокие урожаи при рациональном использовании пространства.*

Ключевые слова: *гидропоника, питательный раствор, PID регулятор, STM32*

Введение

Население Земли увеличилось с 1.5 миллиардов (1900 год) до 8 миллиардов (2023 год) [1]. Особенно население выросло в городах, в частности в крупных мегаполисах [2].

Постоянный рост населения приводит к уменьшению доступных земельных угодий, необходимых для сельского хозяйства и обеспечения продовольственной безопасности всего мира. В связи с этим возникает необходимость в безземельных методах выращивания растений. Одним из таких решений является гидропоника. Данный метод растениеводства использует питательный раствор для культур вместо почвы которая необходима в качестве посадочной среды и воды которая является питательной средой [3].

Рассмотрим основные преимущества гидропоники:

- Предотвращение заболеваний, которые передаются через почву, что почти всегда являлось проблемой почвенного способа посадки растений
- Начало без патогенов с использованием субстратов, отличных от почвы,
- Рост растений и урожайность не зависят от типа и качества почвы обрабатываемой площади.

- Лучший контроль роста за счет целенаправленной подачи питательного раствора.
- Питательный раствор можно использовать повторно, минимизация использования ресурсов.
- Повышение качества продукции достигается за счет лучшего контроля других параметров окружающей среды (температуры, относительной влажности) и вредителей [4].

Для контроля параметров гидропонной системы можно использовать как ручные методы, такие как измерение кислотность (pH), содержание твердых веществ (TDS), электропроводность (EC) и температуры питательного раствора, так и автоматизированные системы на базе микроконтроллеров [5]. Микроконтроллеры обеспечивают более надежный и эффективный способ отслеживания и регулирования параметров системы в зависимости от нужд растения [5], что способствует ускорению роста растений и снижению затрат на обслуживание [6].

Современные системы гидропоники

Однако даже данные современные системы автоматические гидропонные системы имеют некоторые недостатки, они рассчитаны конкретный тип растений, а также регулирование в них осуществляется методом гистерезиса. Суть данного метода заключается в том, что устройство управление параметром включается только тогда, когда параметр (температура, освещение) вышел за пределы порогового значения [7]. Данный метод просто в реализации, однако обладает существенными недостатком – невозможностью настроить систему на определенное значение [7]. Данный недостаток устраняется в ПИД – регуляторе [8]. Он состоит из трех составляющих пропорциональная, интегральная и дифференциальная, благодаря чему управление более точное и плавное [8], как показано на рис. 1.

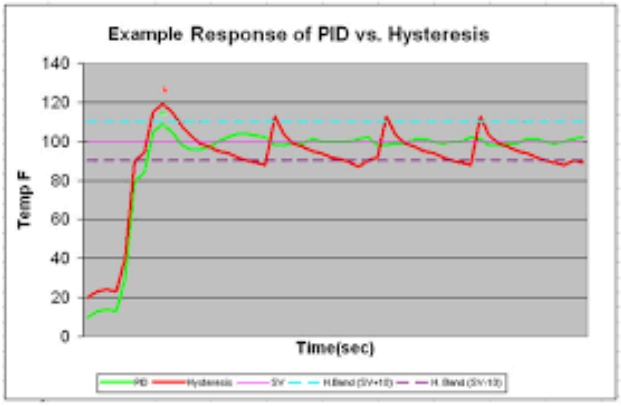


Рис. 1. Переходные процессы при изменении температуры. Красным отмечено регулирование через гистерезис, зеленым - ПИД

Таким образом, в системе представленной в данной научной работе будет более совершенной по следующим причинам:

- Возможность выбора режима для различных типов растений
- ПИД - регулирование

Архитектура системы

На рисунке 2 представлена блок схема системы гидропоники состоящей из трех блоков:

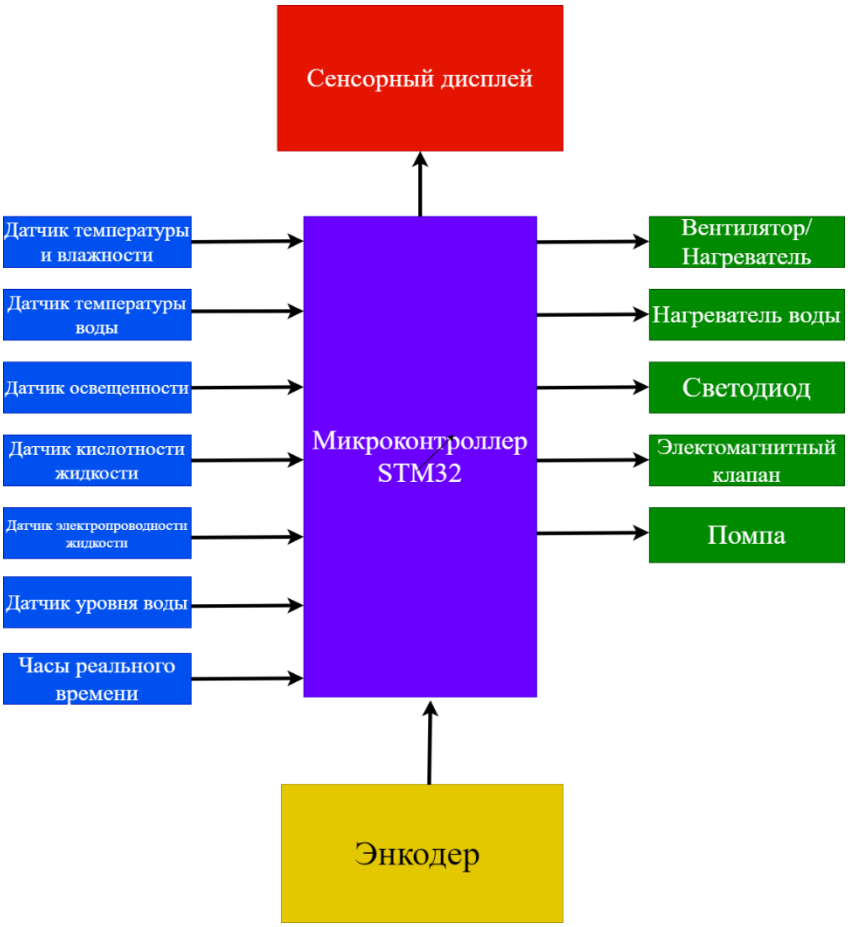
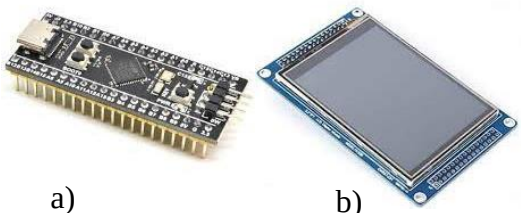


Рис. 2 Блок схема устройства

- Блок датчиков включает в себя датчики, благодаря которым можно измерить температуру воздуха, влажность, pH, электропроводность (EC), температуру воды, расход воды.
- Блок управления описывает систему управления, которой можно манипулировать для регулирования системы путем мониторинга значений, поступающих от датчиков.
- Силовой блок, который регулирует температуру воздуха и питательного раствора, освещенность, кислотность и электропроводность раствора. Все эти параметры можно контролировать так, чтобы они находились в определенном значении, установленным пользователем.

Перечень компонентов



a) b)

Рис. 3 Основные компоненты: a) Плата STM32, b) Дисплей ILI9341

За основу берется плата на базе плата на базе микроконтроллера STM32F411CEU6, максимальная частота 100 МГц [9], данная плата является очень распространенной, легко программируемой и дешевой. Также было использовано дисплей ILI9341, отображающий параметры системы, и через него осуществляется управление параметрами [10], очень распространённый относительно недорогой сенсорный дисплей.

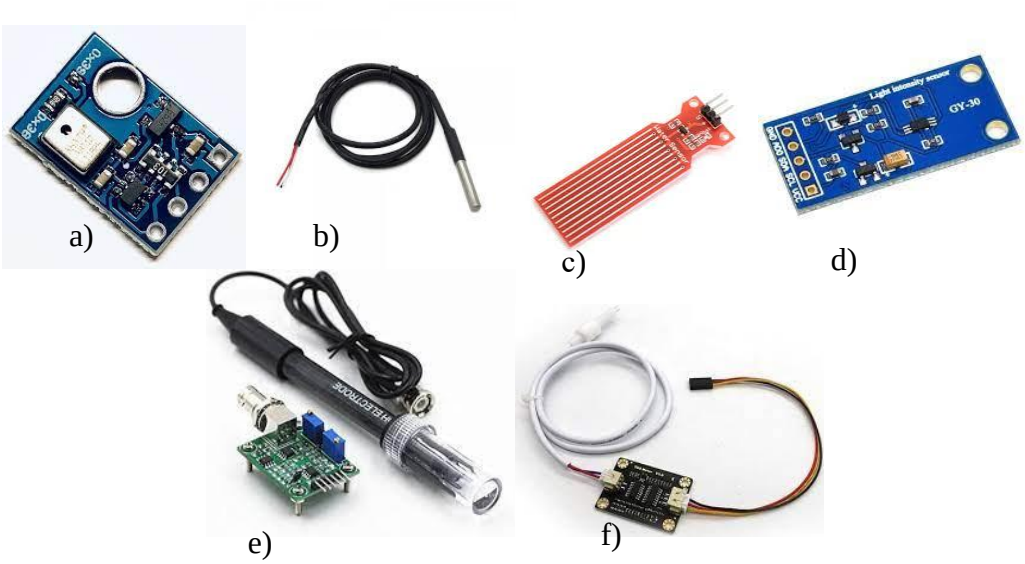


Рис. 4. Датчики, измеряющие различные параметры a) температура системы, b) температура жидкости, c) уровень жидкости, d) освещенность, e) кислотность жидкости, f) электропроводность жидкости

Датчик температуры и влажности системы (рис. 4a) AHT10. Имеет следующие характеристики:

- Интерфейс взаимодействия: I2C;
- Диапазон температур: -40°C… +85°C ±0.3 °C (Разрешение: 0.01 °C)
- Диапазон влажности: 0 … 100% ± 2% (Разрешение: 0.024%)
- Напряжение питания модуля: 1.8V - 5.5V [11]

Датчик температуры жидкости (рис. 4b) DS18B20. Обладает следующими характеристиками:

- Длина кабеля: 5м
- Диапазон напряжения питания: 3. 0V до 5. 5
- Диапазон рабочих температур: от -55 ° C до + 125 ° C (-67 ° F до + 257 ° F)
- Диапазон температур хранения: -55 ° C до + 125 ° C (-67 ° F до + 257 ° F)

Точность в диапазоне от -10 ° C до + 85 ° C ± 0. 5 ° C [12].

Датчик уровня жидкости (рис. 4c). Его характеристики:

- Напряжение питания: 3.3-5 В;
- Ток потребления 20 мА;
- Выход: аналоговый; [13]

Датчик освещенности (рис. 4d) BH1750. Параметры датчика следующие:

- Напряжение питания - 5 В;
- Интерфейс: I2C;
- Точность: 1 люкс;
- Чувствительность: 65536 градаций;
- Калибровка: не требуется; [14]

Датчик кислотности жидкости (рис. 4e). Параметры данного датчика:

- Напряжение питания модуля: 5 В постоянного тока.
- Диапазон измерений: 0...14 pH.
- Зависимость напряжения на выходе модуля от pH растворов: 1 pH = 2/7 В.
- Температура измеряемых растворов: 0...60 ℃.
- Точность измерений: ± 0.1 pH (при температуре 25 ℃) [15].

Датчик электропроводности жидкости (рис 4e). Свойства датчика:

- Напряжение питания: 3,3–5 В
- Потребляемый ток: до 6 мА

- Интерфейс: аналоговый сигнал
- Диапазон выходного сигнала: 0–2,5 В / 0–1250 ppm [16].

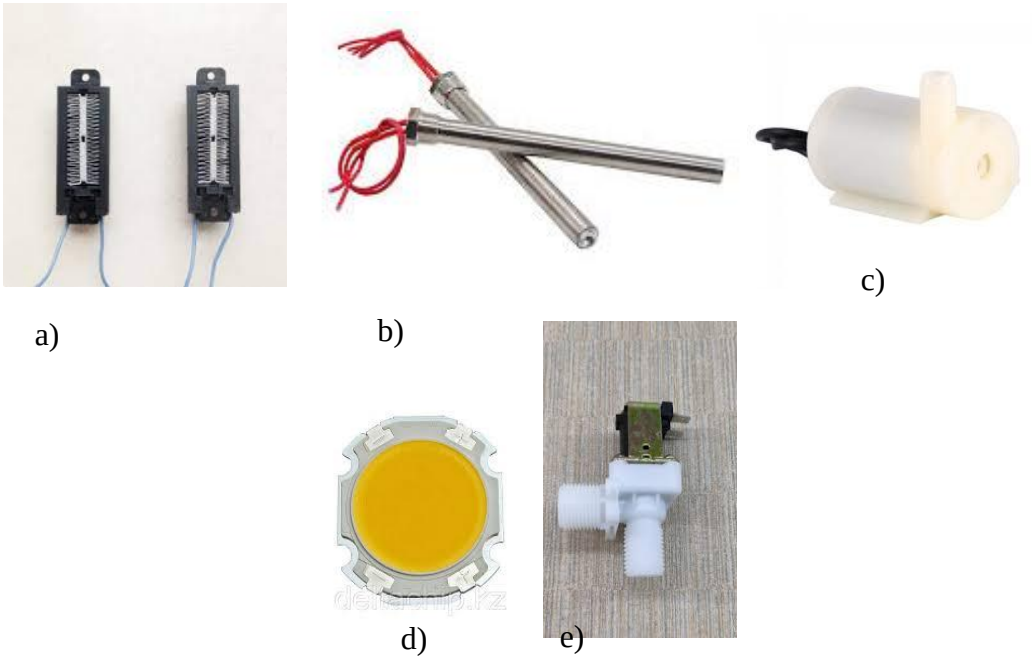


Рис. 5. Устройства силового блока a) нагреватель воздуха, b) нагревательная трубка, c) водяная помпа, d) светодиод, e) электромагнитный клапан

Нагреватель воздуха (рис. 5a) регулирует температуру системы. Данный нагреватель имеет напряжение питание 12 В при максимальной мощности 50 Вт [17]. Нагревательная трубка (рис. 5b) регулирует температуру жидкости. Ее напряжение питание низкое 12 В при высокой максимальной мощности 100 Вт [18]. Водяная помпа (рис. 5c) регулирует электропроводность питательного раствора. Напряжение помпы 3-5 В, ток потребления до 150 мА, скорость полива 120 л/час [19]. Светодиод (рис. 5d) регулирует освещенность. Падение напряжение светодиода – 9 В при мощности 3 Вт [20]. Электромагнитный клапан (рис. 5e) регулирует кислотность раствора. Напряжение питания – 12 В [21].

Принцип работы системы

Система начинает свою работу со считывания всех данных с датчиков. Параметры, от датчиков температура и влажность внутри системы, температуры питательного раствора, освещенность, уровень жидкости (питательного вещества), водородный показатель (pH) и электропроводность жидкости

Температура и влажности системы. Измеряется с помощью датчика температуры и влажности. Регулируется через дисплейное меню с помощью энкодера. Для изменения температуры используется нагреватель воздуха.

Температура питательного раствора будет регулироваться пользователем через меню дисплея с помощью энкодера. Для управления есть нагревательная трубка, на которую подается определенное напряжение. Электрическая энергия трубки преобразуется в тепловую таким образом обеспечивая необходимую температуру.

Освещенность системы также будет управляться пользователем через дисплейное меню ручкой потенциометра. Для регулировки имеется светодиоды, каждый максимальной мощностью 3 Ватта. В зависимости от потребностей растений, светодиоды включаются на мощность, которая прямо пропорциональна необходимой освещенности.

Уровень жидкости. Его будет измерять датчик уровня жидкости. Этот показатель нужен для того, чтобы знать если корневая система растений находится в жидкости. Питательный раствор подается пока уровень не достигнет конкретного значения.

Водородный показатель жидкости (pH), управление которым осуществляется путем считывания данных с датчика pH. Управление будет осуществлять пользователь и дисплея путем нажатия кнопки + при увеличении pH или – при его уменьшении. После выбора необходимо нажать кнопку подтверждения. Далее в зависимости от выбора pH, электромагнитный клапан выпустит вещества, которые увеличат кислотность/щелочность питательного раствора.

Электропроводность жидкости. За показания электропроводности отвечает датчик электропроводности. Механизм регулировки аналогичен pH, через дисплейное меню нужно нажать + или – для увеличения или уменьшения желаемой электропроводности, после выбора нажать кнопку подтверждения. Помпа высвободит питательные вещества, если электропроводность., установленная пользователем в данный момент, выше ранее установленной. Если же она будет ниже, то помпа добавит воды.

Тестирование системы

Тестирование состояло из двух этапов:

- Тестирование датчиков
- Тестирование силовых устройств

В таблицах 4-9 приведены измерения показаний датчиков. Видно, что теоретические и практические данные различаются из-за погрешности самих датчиков. Однако практические находятся в пределах допустимой ошибки сенсоров.

Таблица 4

Температура системы (ºC)

Теоретические результаты (ºC)	Практические результаты (ºC)
10	11
20	19
30	31

Таблица 5

Влажность системы (%)

Теоретические результаты (%)	Практические результаты (%)
40	42
60	59
80	78

Таблица 6

Температура жидкости

Теоретические результаты (ºC)	Практические результаты (ºC)
10	11
25	24
50	49

Таблица 7

Освещенность (лк)

Теоретические результаты (лк)	Практические результаты (лк)
250	265
500	480
1100	1115

Таблица 8

Кислотность

Теоретические результаты	Практические результаты
3	2,9
7,5	7,6
10	10

Таблица 9

Электропроводность (uS/m)

Теоретические результаты (uS/m)	Практические результаты (uS/m)
20	19,8
30	30,1
40	40,2

Вентилятор/нагреватель. Через меню дисплея с помощью энкодера были поставлены минимальная температура – 10 °C и максимальная – 40 °C. В результате через некоторое время под действием нагревателя температура стала 9 °C и 39 °C (данные с датчика).

Нагревательная трубка. С помощью ручки потенциометра мы пытались регулировать температуру. Был взят максимальный диапазон – от 10 до 50 °C. Нагревательная спираль нагревалась или охлаждалась до необходимой температуры, а сам датчик температуры показывал 10 °C и 49 °C соответственно.

Электромагнитный клапан регулирует кислотность. Изначальная кислотность раствора была 5,2. Через дисплейное меню она была увеличена до 9,5. Электромагнитный клапан добавлял в питательный раствор вещества, увеличивающие щелочность, а датчик показал 9,3. Затем был уменьшен до 4,5 клапан добавил вещества увеличивающие кислотность, показания датчика – 4,6.

Светодиод. С помощи энкодера менялась яркость светодиодов. Были установлены освещенности 100 и 500 люкс, яркость светодиода была равна требуемой яркости, показания датчика были 95 и 503 соответственно.

Помпа изменяла электропроводность жидкости. Изначально электропроводность была равна 20 us/m. Далее через дисплей она была увеличена до 30 us/m, и помпа добавила еще питательного раствора для увеличения электропроводности. В итоге показания датчика электропроводности стали 29,8 us/m.

Выводы

По результатам данной научной работы была создана автоматическая система гидропоники, которая имеет следующие характеристики:

- Режимы для разных растений
- Простое интуитивно понятное управление
- Возможность работы как в автоматическом, так и в ручном режиме

Данное устройство будет найдёт применение не только для опытных фермеров, но и для людей, не имеющих широких познаний в сферах растениеводства и сельского хозяйства. В перспективе развития системы гидропоники будет создано телефонное приложение, которое позволит управлять устройством удаленно.

Библиография

[1] M. Roser, R. Hannah, and E. Ortiz-Ospina, “World Population Growth,” Our World in Data, 2019. [Online]. Available: https://ourworldindata.org/world-population-growth.

[2] H. Ritxchie and M. Roser, “Urbanization,” Our World in Data, 2018. [Online]. Available: https://ourworldindata.org/urbanization.

[3] K. Roberto, How-To Hydroponics, Third. New York: FutureGarden, Inc., 2000.
[4] D. Komaludin, "Penerapan Teknologi Internet of Thing (IoT) pada bisnis budidaya tanaman Hidroponik sebagai langkah efisiensi biaya perawatan .," pp. 682–690, 2018.
[5] P. Ahmad and W. S. Pambudi, "Sistem Kontrol Otomatis PH larutan nutrisi tanaman bayam pada hidroponik NFT (Nutrient Film Technique)," J. Ilm. Mikrotek, vol. 2, no. 4, 2018.
[6] J. R. N. Felizardo, A. D. B. Haili, and J. N. S. Payuyao, "Automated Hydroponics System with pH and Temperature Control," 2nd Reg. Conf. Campus Sustain. Capacit. Build. Enhancing Campus Sustain., no. April, pp. 379–386, 2015.
[7] K. Kularbphettong, U. Ampant, and N. Kongrodj, "An Automated Hydroponics System Based on Mobile Application," Int. J. Inf. Educ. Technol., vol. 9, no. 8, pp. 548–552, 2019.
[8] M. Mehra, S. Saxena, S. Sankaranarayanan, R. J. Tom, and M. Veeramanikandan, "IoT based hydroponics system using Deep Neural Networks," Comput. Electron. Agric., vol. 155, no. November, pp. 473–486, 2018.
[9] STM32F411CEU6 daasheet [Online]. Available: https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/929999/STMICROELECTRONICS/STM32F411CEU6.html
[10] Display ILI9341 daasheet [Online]. Available: https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1131760/ETC2/ILI9341.html
[11] Temperature sensor AHT10 datasheet [Online]. Available: https://server4.eca.ir/eshop/AHT10/Aosong_AHT10_en_draft_0c.pdf
[12] Temperature sensor DS18B20 datasheet [Online]. Available: https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/58557/DALLAS/DS18B20.html
[13] Water level sensor datasheet [Online]. Available: https://lastminuteengineers.com/water-level-sensor-arduino-tutorial/
[14] Light sensor BH1750 datasheet [Online]. Available: https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/338083/ROHM/BH1750FVI.html
[15] pH sensor datasheet [Online]. Available: https://www.rapidonline.com/dfrobot-sen0161-gravity-analog-ph-sensor-meter-kit-for-arduino-75-0249
[16] TDS sensor datasheet [Online]. Available: https://randomnerdtutorials.com/arduino-tds-water-quality-sensor/
[17] Air heater datasheet [Online]. Available: https://aliexpress.ru/item/32236833293.html
[18] Liquid heater datasheet [Online]. Available: https://ru.superb-heater.com/heaters/cartridge-heaters/high-power-threaded-cartridge-heater-electric.html
[19] Pump datasheet [Online]. Available: https://robotica.md/ru/pompa-apa-3-6V
[20] Led datasheet [Online]. Available: https://deltachip.kz/p97741976-svetodiod-moschnyj-ruichi.html
[21] Electromagnetic valve datasheet [Online]. Available: https://greenchip.com.ua/0-0-501-0.html

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЧАСОВ

Кириленко ВЛАДИСЛАВ

Департамент Микроэлектроники и Биомедицинской Инженерии, группа MN-201,
Факультет Вычислительной Техники, Информатики и Микроэлектроники,
Технический Университет Молдовы, Кишинев, Молдова

Автор-корреспондент: Кириленко Владислав, e-mail: rekordv@gmail.com

Научный руководитель: **КРЕЦУ Василий**, преподаватель университета, доктор, Технический Университет Молдовы

Аннотация. *В наше время технологические достижения стремительно развиваются, «умные» устройства становятся неотъемлемой частью повседневной жизни. Современные тенденции и рост популярности технологии «умный дом» привели к развитию отрасли и увеличению количества различных устройств, представленных на рынке микроэлектроники. На текущий момент, технологии, сочетающиеся в устройствах, которые имеют схожий функционал, но обладают некоторыми недостатками, как например, ограниченный функциональные возможности и/или чрезмерная зависимость от электропитания. Интеллектуальные настольные часы (ИНЧ) были изготовлены на основе микропроцессора «ESP32», который содержит в себе некоторые технические преимущества перед другими, аналогичными устройствами, а именно: низкий коэффициент энергопотребления, богатый набор функциональных возможностей. Предложенное устройство имеет ряд функциональных возможностей, таких как: модульность комплектующих, простота в использовании, многофункциональность, а также минимализм самого устройства. Так же, представляется перспективным использование дополнительных «умных» устройств способных подключаться к спроектированному и предоставлять пользователю еще больший функционал в использовании нового «умного» помощника.*

Ключевые слова: *esp32, smart table clock, utm smart watch, wireless device, developing.*

Введение

В современном мире, где технологические достижения стремительно развиваются, умные устройства становятся неотъемлемой частью повседневной жизни. Однако, даже среди широкого разнообразия инновационных гаджетов, настольные часы остаются важным элементом организации времени и пространства в домашней или рабочей обстановке. Они не только отображают время, но и выполняют ряд дополнительных функций, обеспечивая пользователей дополнительной информацией и удобством.

Несмотря на то, что настольные часы традиционно воспринимаются как элементы классического дизайна и функциональности, с появлением новых технологий возникла потребность в создании интеллектуальных настольных часов. Эти устройства обладают способностью взаимодействия с другими устройствами, предоставляя расширенный функционал и улучшенный пользовательский опыт.

Актуальность данного проекта состоит в том, что проект предлагает решение, которое сочетает в себе несколько ключевых характеристик:

- модульность комплектующих;
- многофункциональность операционной системы, которая интегрирована в устройство;
- минимализм форм-фактора.

На сегодняшний день, очень важно управлять своим временем и ресурсами и именно по этому фактору было выбрано текущее устройство, которое использует передовые технологии и инновационные подходы. Проект по своей сути, предлагает пользователям возможность наслаждаться удобством и эффективностью в повседневных делах и взаимодействии с окружающей средой.

Инфографика устройства

На Рис.1 показана блок-схема устройств, состоящая из нескольких блоков, которые определяют параметры, важные для полного функционирования проекта, микропроцессор ESP32 [1] для управления данной системой, устройства для измерения параметров окружающей среды, технология «звуковой ассистент», а также дисплей с камерой. Камера позволяет контролировать расход энергопотребления путем включения дисплея, когда рядом находится пользователь или же его отключать, когда не видит его. Хотелось бы отметить тот факт, что в процессе разработки текущего устройства, имеется возможность поменять блок камеры на блок с сенсорным датчиком, который имеет схожий принцип работы, который обнаруживает физическое воздействие, такое как касание, нажатие или приближение, и преобразует его в электрический сигнал, сам же сигнал, может быть интерпретирован и использован датчиком для принятия определенных действий или реакций, однако же датчик не так сложен в реализации по сравнению с его «продвинутым» аналогом. Дисплей – выходное устройство на котором будет отображаться вся информация о системе. Отдельно хотелось бы отметить ответвление от «БЛОКА ДАТЧИКОВ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ», а именно «УПРАВЛЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ». Данный раздел позволяет пользователю подключать различные устройства, которые имеют необходимый разъем, который включен в текущее устройство, например, подогрев чаши с напитком или же устройство для зарядки аккумуляторов (Power-Bank).



Рисунок 1. Блок-схема устройства

Основные элементы устройства

ESP32 [1] - микропроцессор, который включается себя протоколы «Bluetooth» и «Wi-Fi». Микропроцессор выполняет функцию центрального управления в системе, принимая данные от датчиков и передавая эту информацию другим компонентам системы. Полученные данные отображаются на дисплее, который также содержит интерфейсное меню для управления устройством.

Модуль камеры OV2640 [2] для ESP32 [1] выполняет по сути датчик приближения и разблокировки дисплея, который работает по принципу приближения пользователя к

устройству. Однако, как было описано выше, данный модуль возможно поменять на сенсорный датчик, который имеет схожий принцип работы.

AHT21 [3], цифровой датчик, использует датчик влажности и датчик температуры. Оба датчика работают по принципу изменения сопротивления в зависимости от температуры и влажности окружающей среды. AHT21 [3] использует интерфейс I2C [4] для связи с микропроцессором или другими устройствами.

MH-Z19 [5], инфракрасный датчик качества воздуха, специализируется на измерении уровня углекислого газа (CO2) в воздухе. Состоит из инфракрасного источника света, оптического датчика и электроники для обработки сигналов. Для определения концентрации CO2 в воздухе используется метод инфракрасной спектроскопии. Подключается к устройству с помощью последовательного интерфейса UART [6] или цифрового интерфейса I2C [4].

Датчик освещенности выполняет роль автоматической регулировки яркости дисплея в зависимости от окружающего освещения. Данный компонент является очень важной частью для фактора экономии расхода энергии устройства.

Модуль записи звука и модуль распознавания речи служат для распознавания речи пользователя и предоставления необходимой информации по необходимому запросу. В процессе разработки устройства рассматривалась интеграции различных типов голосовых ассистентов вплоть до интеграции нейронной сети. Однако было решено выбрать стандартного голосового помощника.

Принцип работы устройства

Основа работы устройства заключается в сборе информации от встроенных датчиков, таких как датчики температуры, влажности, качества воздуха и освещенности. Информация, полученная с датчиков, обрабатывается микропроцессором. Затем, микропроцессор управляет отображением данных на сенсорном дисплее. Пользователь имеет возможность взаимодействовать с часами, используя интерфейс на дисплее или голосовые команды через модуль распознавания речи или при получении уведомлений на смартфон, который подключается по протоколу «Bluetooth». Помимо всего этого, если пользователь предпочтет дополнить функционал устройства, то на помощь может прийти дополнительный USB-канал [7], который встроен в устройство для подключения данного рода гаджетов.

Тестирование устройства

Данный этап является очень важной частью в разработке проектов данного типа. Данный этап направлен на проверку работоспособности и надежности всех компонентов и функций гаджета. В процессе тестирования проект прошел следующие шаги:

- Функциональное тестирование. Данная проверка необходима для тестирования основных функций устройства, таких как отображение времени, считывание данных с датчиков и управление интерфейсом.
- Тестирование в реальных условиях. Устройство подвергается испытаниям в условиях, которые максимально приближенны к реальным, чтобы оценить работоспособность и эффективность в реальном времени.
- Тестирование совместимости. Для того, чтобы выявить определённые ошибки, необходима проверка совместимости с различными операционными системами и другими устройствами, с которыми гаджет может взаимодействовать.
- Тестирование интерфейсов. Данный пункт необходим для проверки работоспособности USB-подключений [7], а также проверка протоколов «Bluetooth» и «Wi-Fi». Помимо этого, была осуществлена проверка других интерфейсов для передачи данных и взаимодействия с другими устройствами.

- Тестирование на долговечность. Текущий пункт требуется для того, чтобы оценить надежность работы устройства и компонентов на наличие ошибок или же брака в течении продолжительного времени и при повторном использовании.
- Тестирование производительности. Проверка работы кода, а также скорости работы и отклика устройства на различные запросы и команды.

Выводы

Интеллектуальные настольные часы (ИНЧ), основанные на базе микропроцессора ESP32 [1] обладают широким спектром функций, которые позволяют пользователю облегчить работу за компьютером находясь как дома, так и на работе. Помимо этого, они так же могут стать отличным компаньоном в поездке. Дополнительный USB-канал [7], а также возможность «модульности» устройства, позволит дополнить функционал проекта и опыт от его использования. Благодаря функциям голосового ассистента пользователь не будет тратить дополнительное время на ввод и поиск информации в браузере, а контроль активности, в виде режима гибернации и яркости устройства позволит ему сохранять заряд батареи долгое время, что позволяет экономить электричество и износ аккумулятора.

Благодарности

Автор научной работы выражает благодарность профессору, доктору В. Крецу, Технический Университет Молдовы, кафедра Вычислительной Техники, Информатики и Микроэлектроники за поддержку и плодотворные обсуждения.

Библиография

[1] ESP32 Series Datasheet: [Online] Available: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf .
[2] OV2640 Datasheet: [Online] Available https://sunnywale.com/uploadfile/2023/0603/OV2640_FullDS_V2.2_Awin.pdf .
[3] AHT21 Datasheet: [Online] Available https://cdn.compacttool.ru/downloads/AHT21%20datasheet.pdf .
[4] I2C Master/Multi-Master/Slave 3.0: [Online] Available: https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-Component_I2C_V3.0-Software%20Module%20Datasheets-v03_05-EN.pdf?fileId=8ac78c8c7d0d8da4017d0e952b3f1fbe .
[5] [5] Intelligent Infrared CO2 Module MH-Z19 User's Manual: [Online] Available: https://www.winsen-sensor.com/d/files/PDF/Infrared%20Gas%20Sensor/NDIR%20CO2%20SENSOR/MH-Z19%20CO2%20Ver1.0.pdf .
[6] Universal Asynchronous Receiver Transmitter (UART) 2.50: [Online] Available: https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-Component_UART_V2.50-Software%20Module%20Datasheets-v02_05-EN.pdf?fileId=8ac78c8c7d0d8da4017d0e7fcaf71181 .
[7] Universal Serial Bus 3.0 Specification: http://www.gaw.ru/pdf/interface/usb/USB%203%200_english.pdf .

UTILIZAREA TiO_2S/CdS ÎN CALITATE DE SENZOR PENTRU DETECTAREA RADIAȚIEI ULTRAVIOLETE

Adrian BÎRNAZ

Centrul Nanotehnologii și Nanosenzori, Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

Autorul corespondent: Adrian Bîrnaz, adrian.birnaz@ee.utm.md

Îndrumătorul/coordonatorul științific **Oleg LUPAN**, dr. hab., Centrul Nanotehnologii și Nanosenzori, Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

Rezumat. *Zi de zi, omenirea se confruntă cu radiațiile solare. Una dintre componentele sale importante, care nu numai că oferă beneficii organismului, dar poate reprezenta și o amenințare, este radiația UV. Radiațiile extreme pot provoca diverse boli; cu toate acestea, radiațiile solare pot fi, de asemenea, o sursă de energie regenerabilă și pot avea un impact asupra producerii culturilor agricole și asupra mai multor industrii. Astfel, este important să se cerceteze și să se adapteze noi detectoare care să contribuie la monitorizarea nivelurilor UV. Respectând această necesitate, o direcție de cercetare este studierea proprietățile senzoriale ale calcogenurilor de metale, care permit obținerea unor structuri stratificate promițătoare, precum și a proprietăți fizico-chimice de fotodetecție. În această lucrare, este studiată o probă de TiO_2S/CdS din perspectiva caracteristicilor detecție UV și pentru posibilitatea de a o aplica în industrie. În acest articol sunt prezentate rezultatele iradierii ultraviolete a unei probe TiO_2S/CdS la 2 lungimi de undă. Testarea probei la lungimile de undă, 450 nm și 500 nm, a arătat un rezultat interesant, răspunsul fiind aproape instantaneu și o recuperare de până la 30 secunde.*

Cuvinte cheie: *sensor, room temperature sensor, UV response, chalcogenide*

Introducere

Materialele semiconductoare II-VI sunt pe larg utilizate în dispozitivele semiconductoare care sunt destinate aplicațiilor optice cum ar fi diodele luminiscente și diodele laser cu lungimi de undă scurte, datorită proprietăților benzii interzise directe. Dezvoltarea continuă și inovarea în domeniul semiconductoarelor și tehnologiilor de fabricare al acestora, au permis fabricarea traductoarelor ultraviolete care sunt pe larg utilizate în așa aplicații cum ar fi detectarea flăcării, curățirea aerului, detectarea scurgerilor și în mediile de comunicare avansate [1].

O bună parte din aceste aplicații sunt realizate în baza materialelor semiconductoare bazate pe calcogenuri de metale, ca exemplu sulfura de zinc-cadmiu. CdZnS poate utilizat în fabricarea bateriilor solare care vor genera un curent mai înalt față de elementele solare fabricate din CdS [2]. Pornind de la ideea că materiale care au un răspuns bun în baterile solare ar putea fi utilizate ca detectoare de ultraviolet, o direcție promițătoare este studierea proprietăților senzoriale ale acestor materiale.

În unele cercetări peliculele de CdS/TiO_2 sunt cercetate în calitate de traductori de gaz [3]. În cercetările recente dioxidul de titan este utilizat pentru a reduce banda interzisă, care ulterior va permite extinderea limitei lungimii de undă care poate fi absorbită, permițând astfel controlul recombinării purtătorilor fotogenerați, obținând astfel capacitatea de captare a luminii [4, 5].

În prezenta lucrare acest sunt studiate proprietățile electro-optice a TiO_2S/CdS, și anume posibilitatea utilizării în senzori, meniți pentru a detecta impulsurile ultraviolete de ordinul secundelor. Așa detectoare par a avea un răspuns rapid și timpul de revenire la starea de până la iradiere comparabil cu durata impulsului.

Partea experimentală

Metodologia de măsurare a probei: pentru studierea răspunsului probei de TiO_2S/CdS la o serie de impulsuri ultraviolete, a fost utilizată instalația de laborator prezentată în Fig. 1. Instalația permite plasarea probei într-o cameră unde nu pot pătrunde alte surse de lumină. Carcasa acestei camere este construită din bare de aluminiu, asupra căreia este plasată o stofă de culoare neagră, dintr-un material opac. Grosimea stofei este de aproximativ 5 mm. Impermeabilitate optică a fost determinată cu măsurătorul de putere optică Newport Model 843-R.

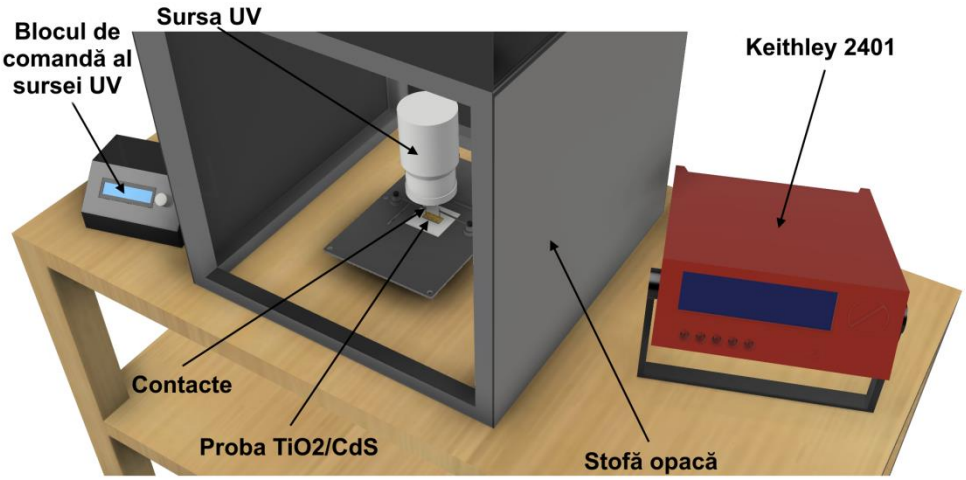


Figura 1. Instalația de laborator utilizată pentru măsurare

Aplicarea radiației ultraviolete asupra probei studiate se face prin intermediul unei surse comandate de la calculator. Blocul de comandă al acestei surse se conectează la calculator prin intermediul interfeței USB. De la calculator se setează parametrii necesari măsurării, cum ar fi lungimea de undă și parametrii de timp al seriei de impulsuri aplicate.

În Fig. 2 este prezentată analiza spectrală a lungimilor de undă generate de instalație. Datele despre lungimile de undă au fost colectate prin intermediul spectrometrului Ocean Insight STS-UV. În grafiul de mai jos sunt evidențiate două vârfuri ale semnalului optic, care corespund lungimilor de undă 450 nm și respectiv 500 nm.

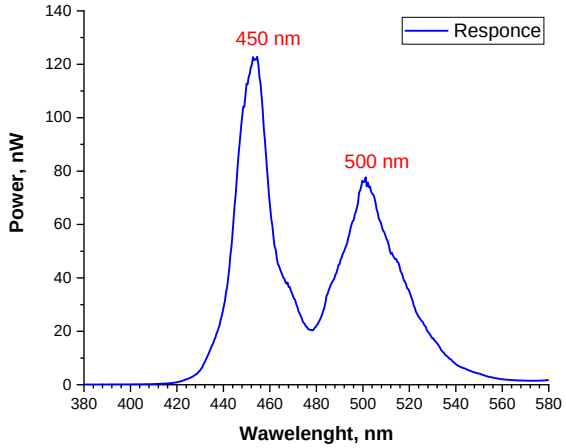


Figura 2. Puterea optică maximă generată de instalație în dependență de lungimea de undă. Distanța de la sursa de lumină și probă este de 50 mm

Din graficul prezentat în Fig. 2. se poate observa că puterea optică maximală generară de instalație este diferită pentru 450 nm și 500 nm. Pentru determinarea exactă a valorii puteri emanate a fost utilizat măsurătorul de putere optică Newport Model 843-R. În urma măsurărilor efectuate, sa determinat că la lungimea de undă 450 nm, și distanța dinte sursa de radiație și

probă de 50 mm, puterea optică este egală cu 122.8 nW. Iar pentru lungimea de undă 500 nm și distanța dintre sursa și probă identică, puterea optică este egală cu 76.5 nW.

Aceste lungimi de undă vor fi utilizare pentru măsurările ulterioare, ținându-se cont de puterea optică maximă generată.

Rezultate și discuții

Proba din TiO_2S/CdS a fost plasată în instalația de laborator prezentată în Fig. 1. Semnalul de pe probă a fost măsurat în curent, prin intermediul multimetrului cu sursă reglabilă integrată de tensiune Keithley 2401. Conexiunea multimetrului cu proba a fost realizată prin metoda de măsurare cu 2 contacte. Utilizând sursa integrată de tensiune al dispozitivului de măsură, asupra probei a fost aplicată tensiunea de 1 V. Curentul de întuneric la această tensiune, determinat în urmă măsurării lui și este egal cu $8.667 \cdot 10^{-3}$ A.

Prin intermediul softului utilizat, au fost aplicate o serie de impulsuri de radiație ultravioletă de 2 lungimi de undă, 450 nm și 500 mm. Durata impulsurilor este de 10 s. După aplicarea impulsurilor sa așteptat revenirea semnalului la curentul inițial, de dinainte aplicării impulsului. Timpul de așteptare a constituit 30 s.

Rezultatele măsurărilor sunt prezentate în Fig. 3.

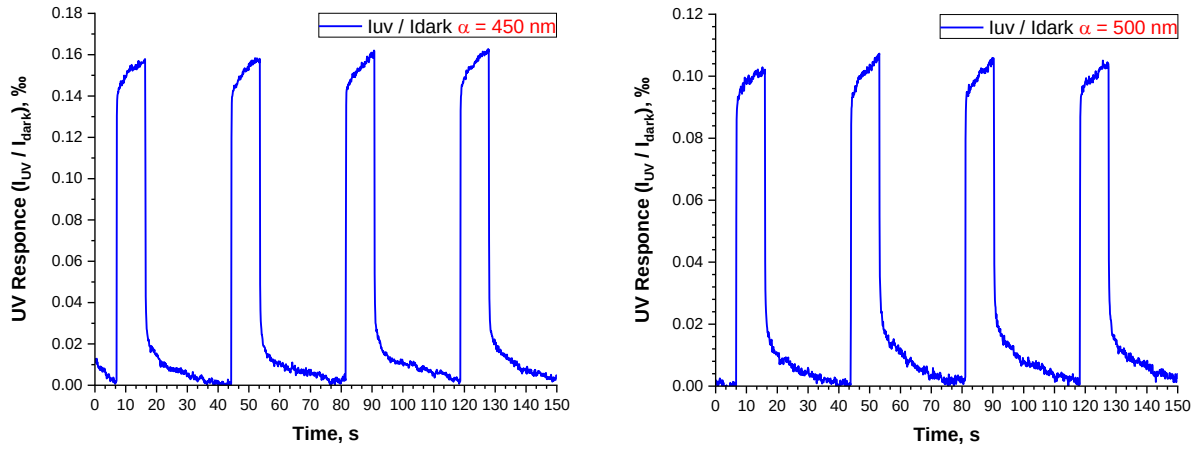


Figura 3. Răspunsul probei TiO_2S/CdS la impulsurile repetate de radiație ultravioletă

Răspunsul probei este calculat conform Ec. (1), unde I_{dark} este curentul de întuneric, considerat ca curent de referință, măsurat în momentul în care asupra probei nu era aplicat nici un semnal luminos. I_{UV} este curentul măsurat în momentul de timp când asupra probei au fost aplicate o serie de impulsuri de radiație ultravioletă. Din acest raport a fost scăzut 1, valoarea de deplasare pe axa ordonatelor, rezultantă a cazului în care curenții I_{dark} și I_{UV} sunt egali. Rezultatul acestor operații matematice este multiplicat cu 1000 pentru a obține rezultatul în promile.

$$\left(\frac{I_{UV}}{I_{dark}} - 1\right) \cdot 1000 \tag{1}$$

În graficele prezentate în Fig. 3, se observă un răspuns bine definit la impulsurile repetate cu lungimea de undă 450 nm și 500 nm, respectiv. Răspunsul în curent la lungimea de undă 450 nm este aproximativ egal cu 0.16 ‰, iar la lungimea de undă 500 nm răspunsul este de aproximativ 0.11 ‰. Din graficele obținute se observă un răspuns imediat la aplicarea impulsului ultraviolet. Fontul de creștere a semnalului fiind mai mic de 1 s. După finisarea aplicării impulsului semnalul în mai puțin de 1 secundă revine la valoarea de 0.02 ‰, în raport cu valoarea inițială. Pentru revenirea completă, proba are nevoie de 30 secunde, timp în care valoarea curentului măsurat va atinge nivelul de dinaintea iradierii, sau cu alte cuvinte va deveni egal cu I_{dark}.

Din rezultate obținute pare că răspunsul este mai pronunțat la 450 nm, dar nu este neapărat așa. Întru-cât sursa de 500 nm are o putere optică mai mică cu aproximativ 38 % decât sursa de 450 nm, respectiv și răspunsul probabil să fie afectat, dar acest lucru aspect urmează a fi studiat în cercetările ulterioare.

Concluzii

În această lucrare sa demonstrat că proba din TiO_2S/CdS are un răspuns pronunțat de ordinul a zecimilor de promile la lungimile de undă 450 nm și 500 nm, și tensiunea de lucru 1 V. Puterea consumată de probă este aproximativ egală cu $9 \cdot 10^{-3}$ W și timpul de răspuns al acestei probe este practic instantaneu. Aceste proprietăți facilitează utilizarea acestui material ca traductor de radiație ultravioletă în dispozitive portabile, care ar permite rapid detectare rapidă a impulsurilor ultraviolete. Un alt avantaj al acestor probe este timpul redus de revenire la starea de dinaintea impulsului, comparabil cu durata impulsului.

Mulțumiri. Autorul aduce mulțumiri proiectului de stat LIFETECH. Codul subprogramului 020404 și Universității Christian-Albrecht din Kiel (CAU) pentru stagiul de practică.

Referințe

[1] Z. Ma *et al.*, “Microwave-assisted synthesis of an RGO/CdS/TiO2 step-scheme with exposed TiO2 {001} facets and enhanced visible photocatalytic activity,” *RSC Adv*, vol. 10, no. 71, p. 43447, Nov. 2020, doi: 10.1039/D0RA08597A.

[2] A. J. Peter and C. W. Lee, “Electronic and optical properties of CdS/CdZnS nanocrystals,” *Chinese Physics B*, vol. 21, no. 8, p. 087302, Aug. 2012, doi: 10.1088/1674-1056/21/8/087302.

[3] “(PDF) Structural and Sensing Characteristics of CdS-TiO 2 film as LPG Sensor at Room Temperature.” Accessed: Apr. 16, 2024. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/329775885_Structural_and_Sensing_Characteristics_of_CdS-TiO_2_film_as_LPG_Sensor_at_Room_Temperature

[4] M. Zhang, X. Liang, Y. Gao, and Y. Liu, “C60- and CdS-Co-Modified Nano-Titanium Dioxide for Highly Efficient Photocatalysis and Hydrogen Production,” *Materials*, vol. 17, no. 5, p. 1206, Mar. 2024, doi: 10.3390/MA17051206/S1.

[5] A. Rani, A. Verma, A. Singh, and B. C. Yadav, “Monitoring of UV-A radiation by TiO2/CdS nanohybrid along with the high on-off ratio,” *Sens Actuators A Phys*, vol. 367, p. 115060, Mar. 2024, doi: 10.1016/j.sna.2024.115060.

ILUMINAREA AUTOMATIZATĂ

Gabriel TOACĂ

Departamentul Microelectronică și Inginerie Biomedicală, Facultatea Calculatoare Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

Autorul corespondent: Toacă Gabriel, gabriel.toaca@mib.utm.md

Coordonator: Asist. Univ. **LITRA Dinu**

Rezumat. *În lucrare este analizată, descrisă și prezentat un sistem pentru cuplarea și decuplarea luminii, care are ca scop economisirea energiei electrice. Sistemul este bazat pe componente electronice pasive și active. Este prezentat și explicat cu amănunt cum are loc proiectarea, efectuarea calculațiilor și asamblarea sistemului, care include și simularea online și utilizarea cu software-ul de pe site-ul Tinkercad până la demonstrații practice atașate prin poze reale. Sistemul este propus pentru automatizarea aprinderii luminilor în condiții de lumină scăzută, poate fi utilizat la necesitatea utilizatorului de exemplu: iluminarea stradală, cabinete, uzine. Sistemul este capabil să funcționeze eficient fără intervenția omului. Este explicat și motivat de ce sistemul poate fi folosit în încăperi sau stâlpi care folosesc lumină artificială pentru iluminare. În partea teoretică a articolului se explică cum funcționează fiecare componentă și explicat conceptul de lucrare a fotorezistorului. În partea practică este demonstrată funcționarea mecanismului în simulări din aplicații și cele reale.*

Cuvinte cheie: *Optocuplor, lumină stradală, automatizare.*

Introducere

Pe parcursul secolului XX au avut mai multe deschideri care au dus spre dezvoltarea domeniului energetic. Acest secol s-a remarcat prin faptul că multe sisteme și mecanisme mecanice au fost înlocuite cu sisteme electronice care au automatizat industria și au acaparat tot mai multe din sistemele utilizate de omenire. Cu toate acestea, încă nu a fost implementat un dispozitiv pentru iluminare stradală automată. Pentru economisirea energiei electrice, este propus un mecanism care automatizează cuplarea luminii în timpurile slab iluminate, cum ar fi seara sau noaptea. Sistemul are ca principiu de lucru prelucrarea semnalului recepționat de la fotorezistor [1] și, în funcție de setările făcute, decide automat dacă este necesară cuplarea optocuplorului [2] pentru conectarea sursei de lumină. În calitate de sursă de lumină pot servi becurile incandescente sau, pentru economisirea eficientă a energiei, pot fi folosite LED-urile [3]. În sumă, produsul propune o eficiență sporită. Bazat pe mecanism, este un cod care prelucrează numărul de lux primit de la soare și decide cuplarea sau decuplarea mecanismului. Totodată, circuitul poate fi conectat la un panou solar și un acumulator, care se va încărca pe parcursul zilei și apoi va alimenta LED-urile [3] pentru iluminare pe timp de noapte. Dispozitivul dat poate fi folosit în birou, fabrică, cabinet și pe stâlpii stradali. Dispozitivul va fi amplasat unde pe parcursul zilei va cădea cea mai mică cantitate de lumină naturală. Reiese că atunci când se va întuneca, mecanismul se va cupla, iar de exemplu în cabinet se va aprinde lumina. Totodată, datorită MCU-ului (microcontrolerului) [4], este posibilă crearea unui orar după care sistemul va funcționa doar între orele 06:00 și 22:00, ceea ce ar fi o soluție în cazul în care se uită decuplarea luminii din cabinet la sfârșit de zi lucrătoare.

Partea teoretică

Circuitul dat permite cuplarea si decuplarea LED-ului [3] in dependenta de programul încărcat pe placa de dezvoltare Arduino [5]. În cadrul proiectului a fost folosit un LDR cu 766 lx ca valoare medie. În caz că valoarea este mai mică de 766 lx, se cuplează LED-ul [3], dacă este

mai mult, se decuplează. Prin urmare, 766 lx este doar un filtru, care clasifică numărul de lux care cade pe fotorezistor. În rezultat, primim că fotorezistorul, cu un delay de 1000 ms, trimite către microcontroler [4] (care la rândul său tot afișează valorile cu un delay de 1000 ms) un semnal care variază de la 512 la 1020 lx. Este ales 766 lx deoarece datele afișate minime sunt 512 și cele maxime sunt 1020, așadar rezultând din datele primite, facem astfel de calcule:

$$\frac{512+1020}{2} = 766\ lx \quad (1)$$

unde 766 lx este un mijloc pe care îl socotim ca un filtru. După ce microcontrolerul a primit un semnal mai mare sau mai mic decât 766 lx, se decide cuplarea sau decuplarea LED-ului [3]. În cazul în care valoarea trimisă de fotorezistor [1] este mai mică de 766 lx, se cuplează, și analogic, dacă este mai mare, se decuplează. Rezistența de 150Ω dintre sursa de 5V și LED [3] limitează curentul pentru evitarea distrugerii joncțiunii LED-ului [3]. Pentru R1 a fost aleasă valoarea minimă admisibilă pentru a maximiza intensitatea luminoasă a LED-ului [3], iar valoarea minimă a fost calculată și determinată din legea lui Ohm. Pentru R3 a fost determinată o rezistență în valoarea de 180kΩ, alegerea fiind bazată pe formula fundamentală $\frac{Ohm}{W} * m^{-2}$. Este demonstrat și observat că, în special la această rezistență, fotorezistorul [1] excită electronii din banda de valență în banda de conductivitate suficient de mult pentru a deveni sensibil la un bec incandescent. În partea practică a fost folosit un bec incandescent care a simulat lumina solară. Reluând din formula, putem înțelege că conductivitatea fotorezistorului este dependentă de valoarea rezistenței aplicate.

Partea practica

Pentru simularea circuitului asamblat s-a folosit platforma de dezvoltare a circuitelor Tinkercad. Sistemul a fost proiectat conform schemei prezentate în figura 1, care este atașată mai jos. În editorul de cod am introdus codul în care am schimbat datele la "ldrStatus" la cel care ne convenea, 766 lx. "ldrStatus" fiind o variabilă care are drept scop filtrarea și delimitarea semnalelor care sunt mai mari sau mai mici decât 766 lx. După aceea, am proiectat circuitul online și am pornit simularea în care am variat lumina care o primește fotorezistorul [1], pentru a observa mai clar funcționarea mecanismului. În "Serial Monitor" au fost afișate valorile LDR [1] din care noi înțelegem care este nivelul minim și maxim care a fost primit de fotorezistor [1]. R3, care a fost conectat către fotorezistor [1] direct, a influențat datele care au fost afișate, cu cât mai mică este rezistența, cu atât mai mici vor fi valorile afișate. În figura 2 (a) și 2 (b) au fost prezentate ambele cazuri, unde în cazul (a) fotorezistorul [1] primește valori minime la LDR, și în cazul (b) LDR [1] primește valori maxime.

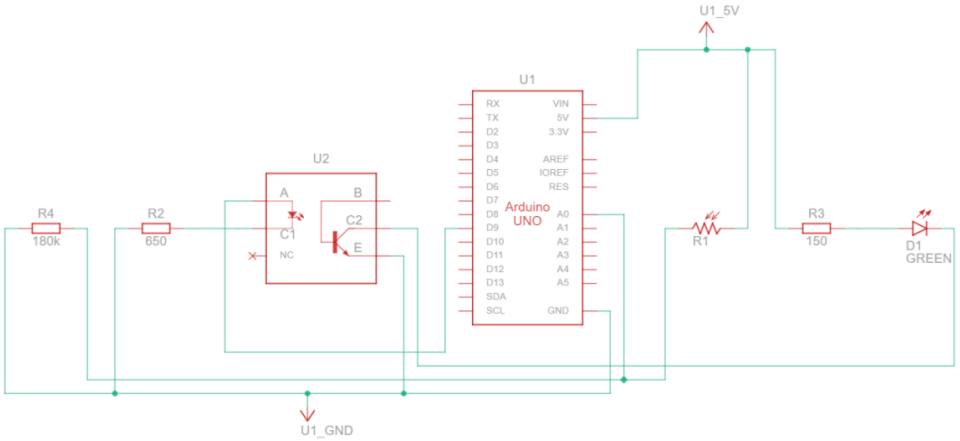


Figura 1. Schema principială a circuitului

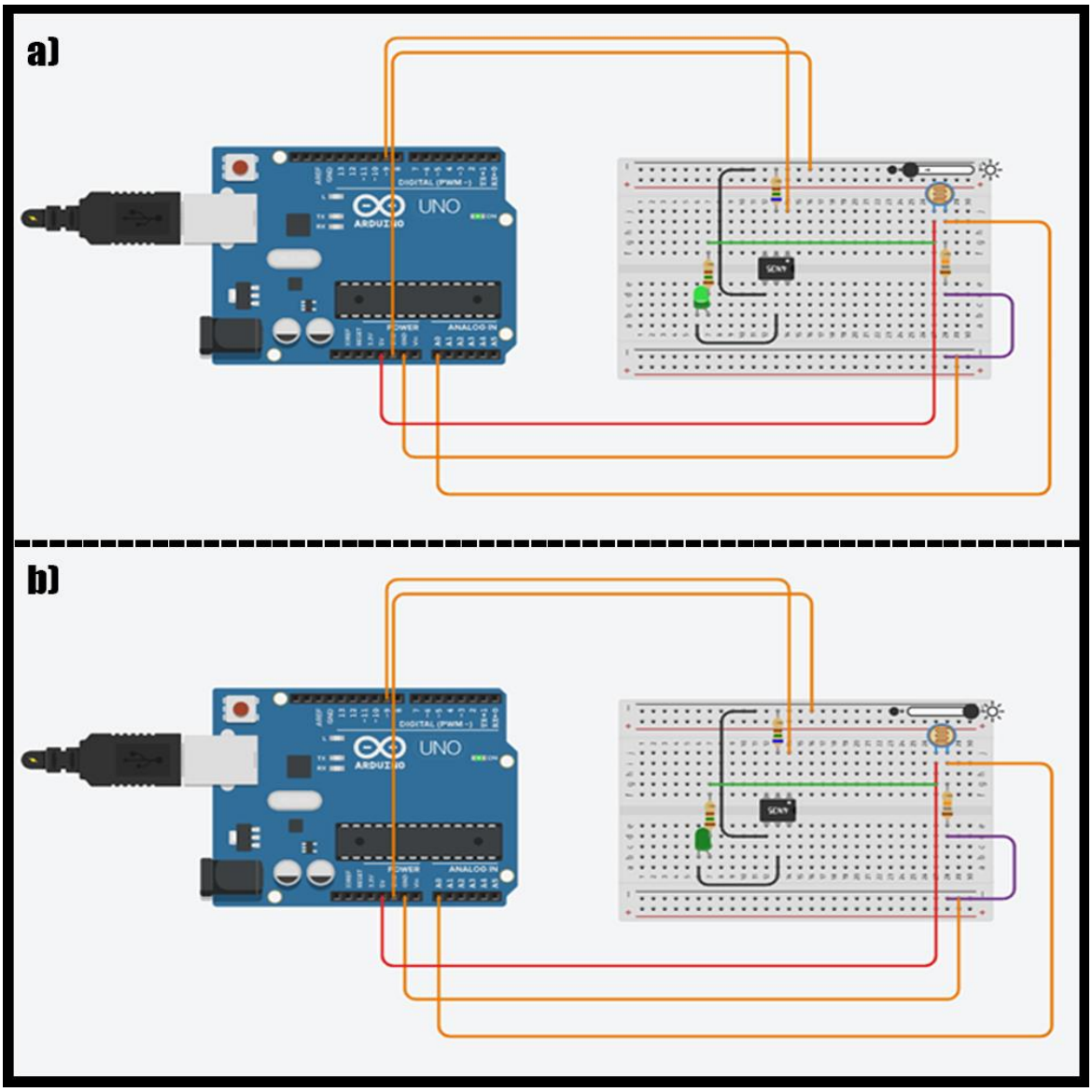


Figura 2. Cuplarea mecanismului cu (a) lumina minimala primită pe fotorezistor (b) lumina maximală primită pe fotorezistor

Dacă au fost respectați toți pașii, mecanismul va funcționa în mod normal, ceea ce ne dă de înțeles că noi am simulat online corect. Mai jos, în figura 3 și figura 4, este prezentat deja mecanismul în condiții reale, unde un bec incandescent a înlocuit lumina naturală emanată de soare. Putem observa că în figura 3 LED-ul [3] nu s-a aprins, în figura 4 LED-ul [3] este deja cuplat. Ceea ce a fost descris este doar o simulare mai mică a unui mecanism mai mare; la tensiuni înalte, optocuplorul [2] ar fi ca o cuplare galvanică care ar scădea tensiunea, ceea ce nu ar permite deteriorarea mecanismului din diferite motive.

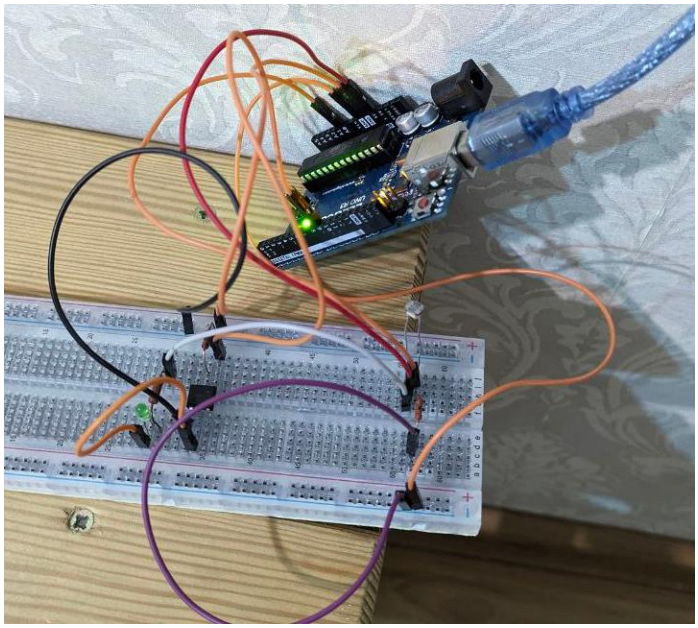


Figura 3. Lumina din cameră este conectată, LED'ul nu luminează

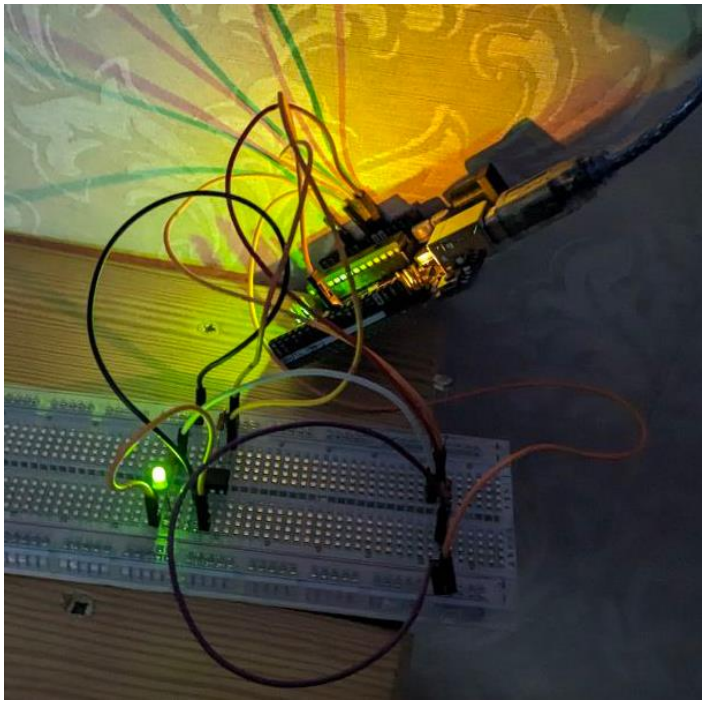


Figura 4. Lumina din cameră nu este conectată, LED'ul luminează

Concluzie:

În acest articol este propus un mecanism automatizat pentru controlul iluminării stradale și interioare, bazat pe un microcontroler și fotorezistor, pentru a economisirea energiei electrice. Prin prelucrarea nivelului de lumină, dispozitivul activează sau dezactivează LED-ul în funcție de necesitate. A fost folosit un optocuplor care ar preveni deteriorarea de la tensiuni înalte la un model mai mare. Sistemul propune o eficienta sporita si economisire mare, la sistem poate fi adăugat cum panele solare așa si o baterie pentru stocarea energiei acumulate pe parcursul zilei. Pentru simplificarea a circuitului au fost folosite componente pasive și activ. Este demonstrată eficiența sistemului prin simulări și teste reale.

Referințe:

[1] „Brahim Haroubia in Nonlinear Electronics” 1, 2018 [Online]. Available: https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/photoresistors https://www.nature.com/articles/ncomms5016

[2] „Opro-isolator” [Online]. Available: https://ro.wikipedia.org/wiki/Optocuplor

[3] Nakanotani, Hajime, Takahiro Higuchi, Taro Furukawa, Kensuke Masui, Kei Morimoto, Masaki Numata, Hiroyuki Tanaka, Yuta Sagara, Takuma Yasuda, and Chihaya Adachi. "High-efficiency organic light-emitting diodes with fluorescent emitters." *Nature communications* 5, no. 1(2014): 4016.

[4] „Microcontroller” [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Microcontroller

[5] Badamasi, Y. A. (2014, September). The working principle of an Arduino. In 2014 11th international conference on electronics, computer and computation (ICECCO) (pp. 1-4). IEEE. https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6997578

SUBSECȚIA BAZE DE DATE

DATABASES SUBSECTION

EXPLORAREA ȘI BENEFICIILE BAZELOR DE DATE NOSQL

Nicolay-Alex AOUN

Departamentul Ingineria Software și Automatică, grupa TI-216, Calculatoare, Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

Autorul corespondent: Aoun Nicolay-Alex, nicolay-alex.aoun@isa.utm.md

Îndrumător/coordonator științific: **Dorian SARANCIUC**, lector universitar, Departamentul Ingineria Software și Automatică

Rezumat. *Bazele de date NoSQL au devenit un aspect semnificativ in dezvoltarea administrării datelor cu timpul, constant evoluându-și extensibilitatea, flexibilitate și performanța. În acest articol este arătat beneficiul acestora, cum se utilizează și cum pot fi utilizate tehnologiile NoSQL pentru rezolvarea problemelor comune din zilele de astăzi a bazelor de date obișnuite. Ce accentuiază de ce este important să cunoaștem și să utilizăm bazele de date NoSQL și metodele prin care acestea pot fi utilizate în majoritatea industriilor pentru ușurarea vieții lucrătorilor.*

Cuvinte cheie: *stocare cloud, date, SQL, noSQL, optimizare, big data, arhitectura datelor*

Introducere

În ultimii ani, tehnologia bazelor de date a trecut prin o multitudine de schimbări pentru a putea continua sa răspundă la cerințele utilizatorilor, fie administrarea datelor sau dezvoltarea aplicațiilor. Bazele de date SQL au fost primele programe care utilizează modele structurate pentru a stoca si a recupera date. Aplicații precum MySQL, PostreSQL si Microsoft SQL Server servesc ca fundația de baza a SQL, și sunt eficiente in menținerea datelor în siguranță cu proprietățile ACID (atomicity, consistency, isolation, durability).

Cu toate acestea, volumul imens de date și numărul semnificativ de informație nestructurată sau semi-structurată au făcut ca bazele de date tradiționale SQL să devină mult mai dificil de utilizat și menținut. Aceste schimbări au adus la crearea și apariția noilor baze de date NoSQL, care sunt mult mai flexibile și extensibile, și sunt capabile de a administra cu ușurință diferite tipuri de date.

MongoDB, Cassandra și Redis sunt unele cele mai folosite dintre aceste noi baze de date NoSQL care au apărut pentru a îmbunătăți viteza, flexibilitatea, și mai multe alte aspecte importante pentru aplicațiile moderne care lucrează cu cantitate enormă de date.

Structura și Tipurile de Baze de Date NoSQL

Există mai multe tipuri de baze de date NoSQL, fiecare dintre ele create pentru a se specializa pe tipuri specifice de date. În acest capitol vom vorbi despre aceste tipuri de date principale, acestea fiind Document Store, Key-Value, date graf si baze de date de tip Column-Family.

Bazele de date Document Store, de exemplu precum MongoDB, sunt folosite pentru administrarea datelor în formate de document, cum ar fi JSON sau XML. Aceste baze de date lucrează bine cu șiruri de informații complexe și bine structurate. Ele sunt folosite deseori ca baze de date pentru programe precum sistemele de administrare a informației și site-urile de comerț online, unde flexibilitatea și viteza sunt importante.

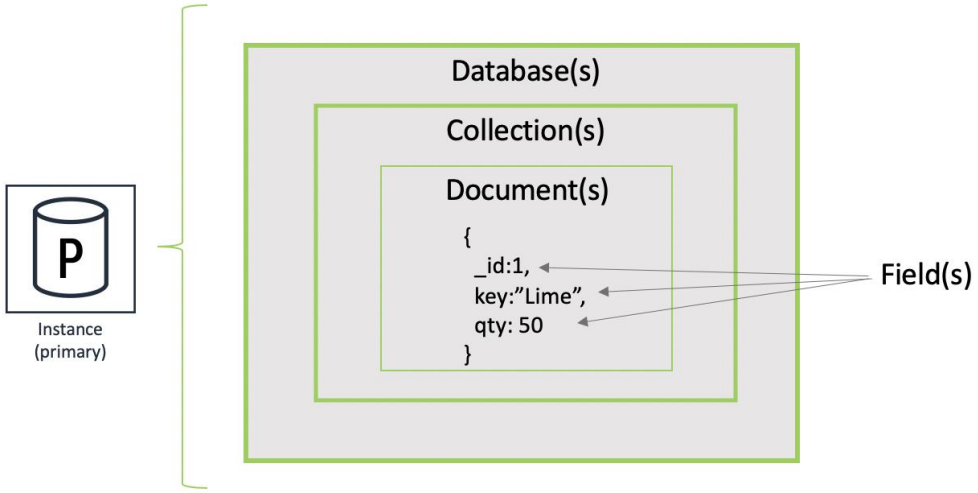


Figura 1. Structura unui document JSON într-un NoSQL Document Store

Redis este o Baza de Date de Tip Key-Value. NoSQLurile Key-Value sunt ușor de utilizat și salvează datele sub formă de perechi Key-Value. Acest design este creat cu scopul de a fi foarte rapid în găsirea informațiilor, ceea ce face acest tip de baze de date excelent pentru situațiile în care trebuie de găsit informații instantaneu, care sunt folositoare aplicațiilor web ce stochează informații în cache.

Bazele de Date Graf, cum ar fi Neo4j, ne aranjează datele în forma de graf, cu noduri și legături, si se concentrează pe relațiile dintre entitățile de date. Acestea sunt utilizate mai ales în aplicații cum ar fi rețelele sociale sau search engines ca google și bing, unde este important de vizualizat cum sunt conectate datele.

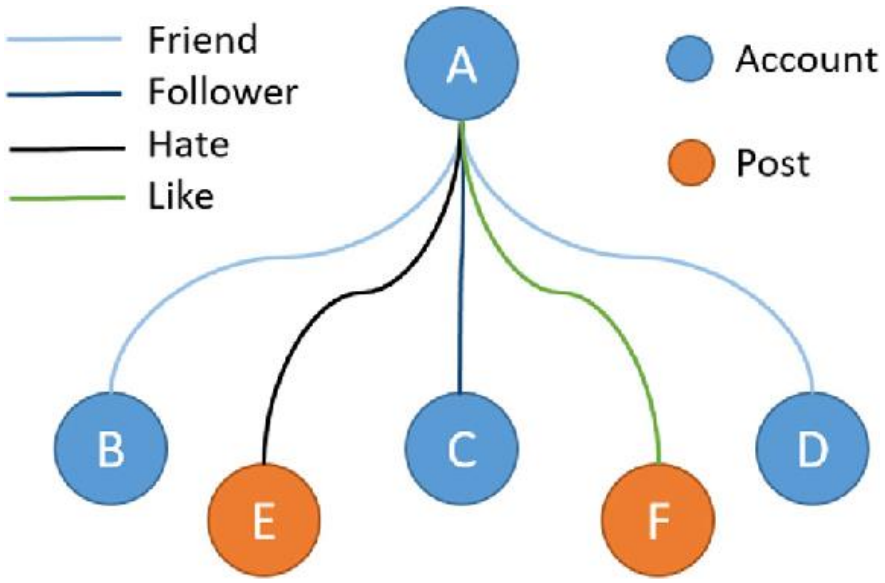


Figura 2. Ilustrarea unei baze de date graf

Bazele de Date de Tip Column-Family, ca de exemplu Apache Cassandra, sortează datele în coloane în loc de rânduri. Această structură lucrează bine pentru gestionarea seturilor mari de date și este foarte folositor în aplicații care necesită operațiuni frecvente de citire și scriere, cum ar fi algoritmi serii de timp și aplicațiile IoT.

Aceste diferite tipuri de baze de date NoSQL ne oferă o experienta îmbunătățita de management modern al datelor prin oferirea multor modalități de stocare și procesare a datelor.

Cu trecerea timpului, bazele de date NoSQL devin din ce în ce mai populare, deoarece sunt legate de big data, adică seturi de date enorme. Industriile, precum cele ale comerțului electronic, social media, și IoT (Internet of Things) au crescut semnificativ în volum și varietate, și va continua a crește cu trecerea timpului. Această cerere crescută a făcut trecerea la modalități mai puternice și flexibile de administrare a informațiilor mult mai necesară. Bazele de date NoSQL au fost create cu scopul de a rezolva aceste probleme, fiind flexibile și având posibilitatea de a se extinde la dorința utilizatorului. Acest tip de sistem informatic este suficient de puternic pentru a administra un număr mare de date neorganizate, și poate ține pasul cu multitudinea de schimbări în programele cu schimbare de date intensivă. Această schimbare reprezintă un mare avans pentru tehnologia bazelor de date, și ne arată cât de important și folositoare sunt bazele de date NoSQL.

Avantaje și Limite ale Bazelor de Date NoSQL

Bazele de date NoSQL au numeroase avantaje, în special în ceea ce privește big data, cloud computing și analiza datelor în timp real.

Extensibilitatea

Bazele de date NoSQL sunt foarte ușor de extins, în special dacă utilizatorul dorește să utilizeze mai multe servere pentru a completa mai multă muncă. Extensibilitatea este importantă pentru aplicațiile big data, în care cantitatea de informație și numărul de utilizatori crește exponențial în fiecare zi. În comparație cu bazele de date tradiționale care cresc cu greu într-o singură direcție, bazele de date NoSQL se pot extinde foarte ușor pentru a administra mai multe date în același timp, ceea ce ajută aplicațiile cu seturi mari de date.

Modelarea flexibilă a datelor

Bazele de date NoSQL au multă flexibilitate în administrarea diferitor date datorită abilității sale unice numită "schema-less model" (model de date fara schema). Această caracteristică este deosebit de folositoare pentru administrarea datelor ce nu sunt structurate, care sunt comune în aplicațiile moderne. Flexibilitatea acestor baze de date se extinde și la modificarea structurilor de date și adaptarea cerințelor aplicației fără a avea nevoie de un mare redesign.

Optimizarea performanței

Bazele de date NoSQL sunt proiectate în așa fel ca să fie foarte rapide, mai ales în mediile care necesită procesarea rapidă a datelor. Ele sunt eficiente în operațiile de citire și scriere la viteza mare, ceea ce le face o alegere excelentă pentru analizele în real-time și pentru aplicațiile care trebuie să proceseze și să retragă date rapid. Acest avantaj în performante este posibil datorită optimizării salvării și retragerii datelor, precum și abalității de a distribui operațiuni pe mai multe noduri.

Gestionarea datelor diverse și complexe

Bazele de date NoSQL pot salva și procesa diverse tipuri de date, de la perechi key-value simple la grafuri complexe. Această varietate le permite sa execute mai multe lucruri diferite, cum ar fi salvarea și analiza datelor, acesta fiind important în lumea de astazi unde totul este conectat online.

Limitele Bazelor de Date NoSQL

Pe când bazele de date NoSQL au avantaje mari, acestea au și câteva seturi de dezavantaje și limitări. Multe baze de date NoSQL optează pentru consistență diferită de modelul ACID. Aceasta abordare poate duce la niște inconsistențe temporare ale datelor, mai ales în

medii de distribuire ale acestora. Acest lucru poate fi o problemă mare în situații în care este importantă precizia datelor în timp real.

NoSQL des nu are aceleași puteri de interogare ca bazele de date SQL tradiționale. Această problemă poate duce la niște dificultăți mari când utilizatorul vrea să combine și să afișeze diferite informații, mai ales atunci când trebuie de căutat multe tipuri de informații diferite.

Bazele de date NoSQL nu sunt tot așa de securizate și eficiente ca bazele de date tradiționale. Asta poate dificulta dezvoltarea aplicațiilor care au ca scop păstrarea datelor în siguranță. Pentru a folosi soluțiile NoSQL, programatorii au nevoie de niște abilități și cunoștințe noi.

Deoarece există atât de multe tipuri diferite baze de date NoSQL, fiecare având caracteristici și proporții a lor unice, procesul de învățare este mai dificil pentru programatori și administratori.

Concluzii

NoSQL este folositor pentru mari cantități de informații și mai sunt potrivite pentru soluții cloud computing, deoarece pot administra multe diferite tipuri de date, funcționând bine în proces. Chiar și cu toate acestea, utilizarea bazelor de date NoSQL poate aduce și unele probleme, ca de exemplu menținerea consistenței datelor, combinarea datelor în moduri diferite și diferite aspecte legate de securitate acestora. Este important de echilibrat aceste probleme dacă sunt folosite tehnologiile NoSQL. Studiind bazele de date NoSQL arată cât de important este să înțelegem atât puterea acestora, cât și limitele abilităților acestora, și să ne asigurăm că le folosim în mod strategic. Pe măsură cu cât se mărește dimensiunea și complexitatea datelor, bazele de date NoSQL rămân un instrument important pentru inginerii de date.

Referințe:

[1] „The Evolution of Data Engineering: From Traditional Databases to NoSQL and Beyond” [Online]. Available: https://iabac.org/blog/the-evolution-of-data-engineering-from-traditional-databases-to-nosql-and-beyond

[2] „The Evolution of Databases from SQL to NoSQL” [Online]. Available: https://bangdb.com/blog/the-evolution-of-databases-from-sql-to-nosql/

[3] „SQL vs NoSQL Databases: Key Differences and Practical Insights” [Online]. Available: https://www.datacamp.com/blog/sql-vs-nosql-databases

[4] „NoSQL Databases: Advantages and Disadvantages” [Online]. Available:https://www.dataversity.net/nosql-databases-advantages-and-disadvantages/

[5] „NoSQL Databases: A Key Component in Modern Data Engineering” [Online]. Available:https://iabac.org/blog/nosql-databases-a-key-component-in-modern-data-engineering

ИССЛЕДОВАНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОБУЧЕНИЯ МОДЕЛЕЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ НА БОЛЬШИХ ДАННЫХ: КЛАСТЕРИЗАЦИЯ И ЕЕ РОЛЬ В ЭФФЕКТИВНОЙ ОБРАБОТКЕ ИНФОРМАЦИИ

Максим САВЕЛЬЕВ

Департамент Программной Инженерии и Автоматики, Группа TI-217, Факультет Вычислительной Техники и Микроэлектроники, Технический Университет Молдовы, Кишинёв, Республика Молдова

Автор: Максим Савельев, maxim.saveliev@isa.utm.md

Научный руководитель: **Дориан САРАНЧУК**, преподаватель, ТУМ

Аннотация: *Данная статья нацелена на исследование и анализ актуальных аспектов обучения моделей искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения (МО) на больших данных, с углубленным фокусом на роли кластеризации в процессе эффективной обработки информации.*

Ключевые слова: *Искусственный интеллект, машинное обучение, большие данные, кластеризация, эффективная обработка информации, взаимосвязь данных, алгоритмы кластеризации, анализ данных*

Введение

В современном мире данные становятся всё более обширными, искусственный интеллект (ИИ) и машинное обучение (МО) играют важную роль в их обработке. Данная статья исследует, как ИИ и МО обучаются на больших данных, с фокусом на методе кластеризации для более эффективной работы с информацией.

“Big Data” - это технологии обработки структурированных и неструктурированных данных, которые постоянно увеличиваются в объеме.

Обработка больших объемов данных (от 100 Тбайт) позволяет находить более точные связи между данными, что в свою очередь упрощает аналитику и представление данных в понятном виде. В настоящее время объем информации может достигать сотен петабайт и даже эксабайт.

Основные характеристики Big Data

Для того чтобы данные могли быть отнесены к категории «big», необходимо, чтобы они соответствовали следующим характеристикам [1]:

- Объем (Volume): Информация измеряется в физической величине и занимает значительное пространство на цифровом носителе. Классифицируются как «big» массивы данных, превышающие 150 Гб в сутки.
- Скорость (Velocity): Данные регулярно обновляются, и для обработки в реальном времени требуются интеллектуальные технологии в рамках концепции больших данных.
- Разнообразие (Variety): Информация в этих массивах может иметь разнообразные форматы, быть частично или полностью структурированной, а также собираться бессистемно. Например, большие данные включают в себя тексты, видео, аудио, финансовые транзакции и другие форматы.

В современных системах рассматриваются два дополнительных фактора:

- Изменчивость (Variability): Потоки данных могут иметь пики и спады, сезонность и периодичность. Управление всплесками неструктурированной информации требует мощных технологий обработки.

- Значение данных (Value): Информация может иметь разную сложность для восприятия и обработки, что представляет сложности для интеллектуальных систем. Например, необходимо определить степень важности поступающей информации для её быстрой структуризации.

Этапы подготовки данных для передачи их моделям машинного обучения

Для эффективного анализа и обработки обширных объемов данных применяются инструменты, в частности "аналитические модели".Эти модели строят гипотезы на основе больших данных, ищут в них зависимости и закономерности, что позволяет получить всю самую полезную информацию для большинства бизнес-задач. При этом важна хорошая интерпретируемость построенной модели, так как это позволяет упростить её анализ без повторного её построения, что при работе с большими данными крайне важно. Для этого большие данные проходят через несколько этапов: чистка данных, работа с признаками и построение и обучение аналитической модели для предсказания целевой переменной.

На первом этапе, проводится чистка данных, в ходе которой осуществляется выявление параметров с наименьшей корреляцией к целевым значениям [1]. После этого производится удаление этих параметров, поскольку их наличие может внести нежелательные шумы в процесс обучения нашей модели. Также обычно выполняют стандартизацию, масштабирование и бинаризацию количественных характеристик, а также производят замену отсутствующих значений средними значениями.

Далее следует работа с признаками, где генерируются новые переменные для построения аналитических моделей. Этот этап позволяет учесть разнообразные аспекты данных, делая модели более информативными.

Ключевым этапом является разработка и обучение аналитической модели с целью прогнозирования целевой переменной. На данном этапе проводится проверка гипотез относительно взаимосвязей между целевой переменной и предикторами. Особое внимание уделяется интерпретируемости построенной модели, что играет решающую роль в упрощении анализа без необходимости повторного создания [2].

Машинное Обучение и Искусственный Интеллект

Машинное обучение - это подраздел искусственного интеллекта, фокусирующийся на разработке алгоритмов и моделей, которые позволяют компьютерам извлекать знания из данных и использовать их для автоматизированного принятия решений [3]. В отличие от традиционного программирования, где человек явно задает инструкции компьютеру, машинное обучение обучает компьютерные системы самостоятельно обнаруживать закономерности в данных и приспосабливаться к новой информации. Примерами машинного обучения могут служить классификация изображений, прогнозирование временных рядов и рекомендательные системы.

Искусственный интеллект стремится создать устройства и программы, способные выполнять задачи, обычно требующие человеческого интеллекта. Включая в себя машинное обучение, ИИ охватывает широкий спектр методов, включая логическое программирование, обработку естественного языка и компьютерное зрение. Он нацелен на создание систем, способных адаптироваться к изменяющимся условиям, обучаться на опыте и решать сложные проблемы.

Взаимосвязь между Большими Данными Искусственным Интеллектом и Машинным Обучением

На Рис. 1 представлен процесс обработки Big Data. Большие данные предоставляют сырой материал для анализа. Машинное обучение используется для создания моделей, способных извлекать полезные знания из этих данных. Искусственный интеллект, в свою очередь, обеспечивает интеллектуальные функции и автоматизацию процессов на основе полученных знаний.

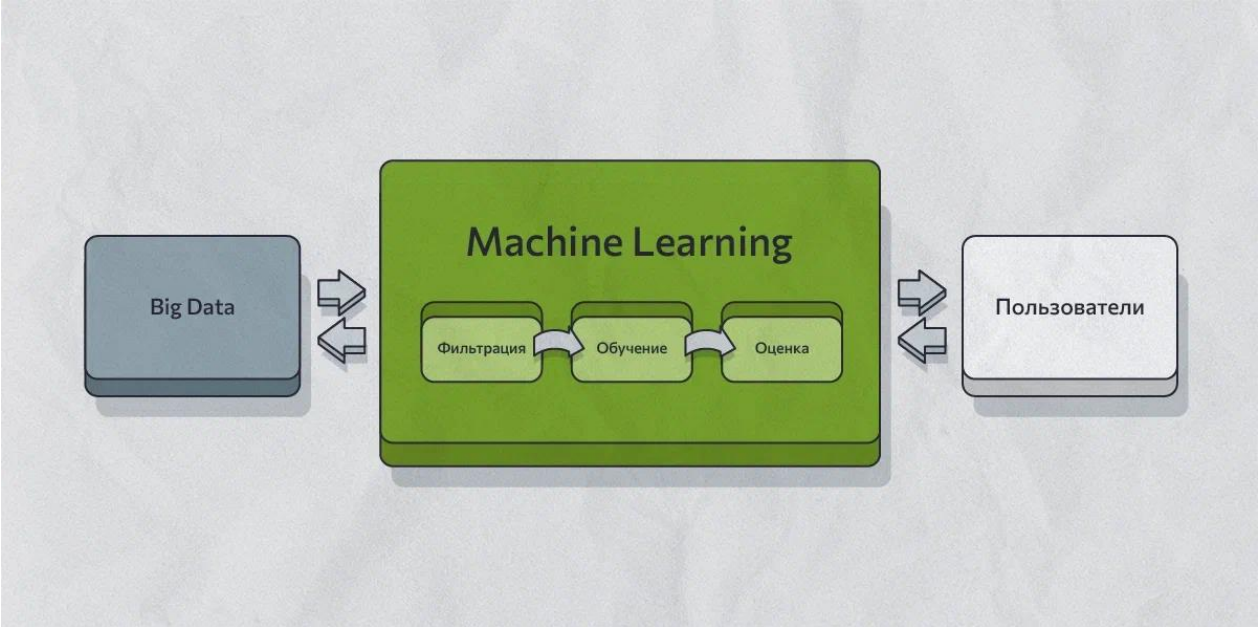


Рисунок 1. Этапы обработки Big Data в системах машинного обучения

Кластеризация в контексте больших данных и машинного обучения позволяет группировать данные по схожести, выделяя образующиеся паттерны и структуры. Искусственный интеллект, в свою очередь, может использовать результаты кластеризации для автоматического принятия решений и адаптации к изменяющейся среде.

Таким образом, кластеризация выступает как важное звено в этой взаимосвязи, обеспечивая более глубокий анализ данных, что в конечном итоге способствует улучшению и развитию искусственного интеллекта и машинного обучения.

Роль и значение кластеризации в обработке больших данных

Кластеризация - это метод машинного обучения, направленный на группировку схожих объектов внутри данных в кластеры или кластерные группы [4]. Целью кластеризации является максимизация схожести между элементами внутри одного кластера и минимизация схожести между элементами различных кластеров.

Роль кластеризации в обработке больших данных огромна, и ее значение можно выделить по нескольким направлениям:

1. Группировка по схожести: Кластеризация позволяет группировать данные, основываясь на их схожести и общих характеристиках.
2. Выделение структуры: Алгоритмы кластеризации выявляют внутренние структуры в больших наборах данных, делая их более понятными и интерпретируемыми.
3. Сжатие информации: Кластеризация позволяет сжимать информацию, представляя ее в виде отдельных кластеров.
4. Поиск аномалий: Выделение отдельных кластеров может помочь в выявлении аномалий и выбросов в данных, что имеет важное значение для обнаружения необычных событий или аномалий в больших объемах информации.
5. Улучшение процессов машинного обучения: Кластеризация может быть использована для предварительной обработки данных перед применением методов машинного обучения.

Таким образом, кластеризация в обработке больших данных не только помогает структурировать информацию, но и является важным инструментом для выделения паттернов, улучшения качества анализа и поддержки принятия решений.

Методы кластеризации

Существует множество методов кластеризации, каждый из которых подходит для определенных типов данных и задач [5]. Ниже представлен обзор некоторых популярных методов:

- K-средних (K-Means): Этот метод разделяет данные на K кластеров, где K представляет собой предварительно заданное число. Алгоритм минимизирует среднеквадратичное отклонение объектов внутри кластеров.
- Иерархическая кластеризация: Этот метод создает иерархию кластеров, начиная с каждого объекта как отдельного кластера и последовательно объединяя их в более крупные кластеры.
- DBSCAN (Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise): Основанный на плотности, этот метод выделяет кластеры на основе плотности объектов, что позволяет обнаруживать кластеры произвольной формы.
- OPTICS (Ordering Points To Identify the Clustering Structure): Данный метод также основан на плотности, но, в отличие от DBSCAN, создает упорядоченный список объектов, что упрощает выделение кластеров различной плотности.
- Методы спектральной кластеризации: Основанные на матрицах схожести, эти методы используют собственные векторы для выделения структур в данных и выделения кластеров.

Выбор подходящего метода зависит от характеристик данных, структуры кластеров и конкретных целей анализа. Комбинирование различных методов и тщательный анализ результатов обычно приводят к наилучшим результатам в конкретных сценариях.

Метод K-средних (Алгоритм Ллойда)

Метод K-средних (K-Means) представляет собой итеративный алгоритм кластеризации, который разбивает набор данных на заранее заданное количество кластеров K [6]. Алгоритм начинает с инициализации K центроидов, которые могут быть выбраны случайным образом или иным образом. Затем каждый объект данных присваивается к ближайшему центроиду на основе выбранной метрики, такой как евклидово расстояние.

После присвоения объектов происходит перевычисление центроидов для каждого кластера. Новые центроиды представляют собой средние значения всех объектов в соответствующем кластере. Этот процесс присвоения и перевычисления повторяется до тех пор, пока на какой-то итерации не происходит изменения внутрикластерного расстояния.

Алгоритм завершается, когда стабилизируется разбиение на кластеры, и центроиды не изменяются на протяжении нескольких итераций Рис. 2. Важно отметить, что результаты могут зависеть от начального выбора центроидов, и алгоритм может сойтись к локальному минимуму. Поэтому рекомендуется запускать алгоритм несколько раз с разными начальными значениями и выбирать наилучший результат.

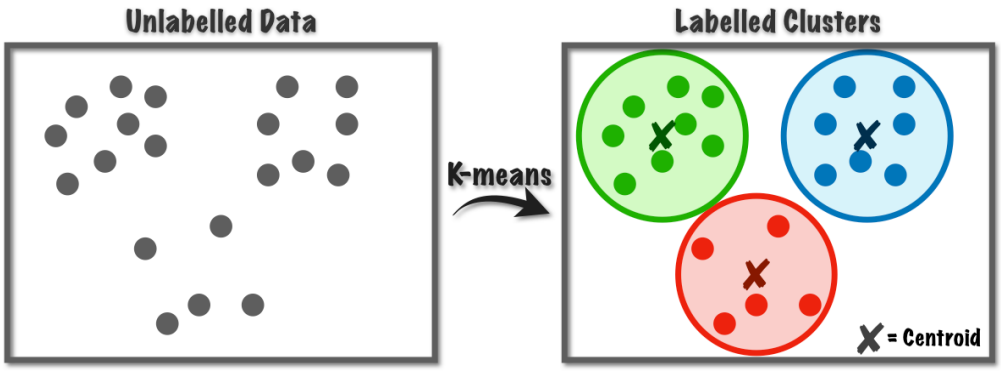


Рисунок 2. Процесс кластеризации данных по методу K-средних

Метод DBSCAN

Метод DBSCAN (Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise) представляет собой алгоритм кластеризации, который основывается на плотности данных. Он позволяет выявлять кластеры произвольной формы и обнаруживать выбросы в данных.

Основная идея DBSCAN заключается в следующих шагах. На Рис. 3. предствлен процесс отбора основных и соседних точек. Сначала случайным образом выбирается точка из нерассмотренных объектов данных. Если в окрестности этой точки находится минимальное количество соседей (определенное пользователем), то эта точка становится началом нового кластера. Затем происходит распространение по плотности: к кластеру добавляются соседи текущей точки, и процесс рекурсивно распространяется от соседей к их соседям до тех пор, пока не будут рассмотрены все доступные точки Рис. 4. Выбирается новая начальная точка из нерассмотренных объектов, и процесс повторяется.

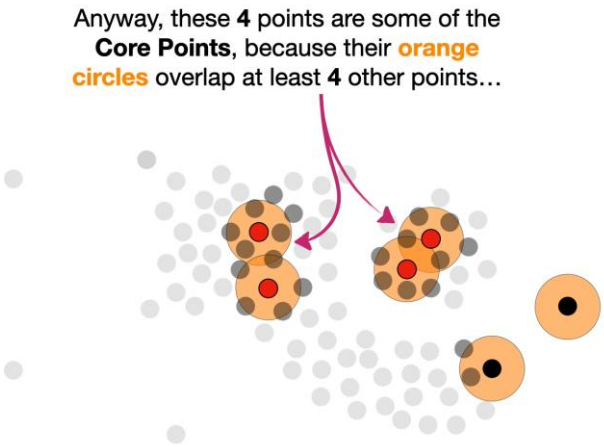


Рисунок 3. Выбор основных и соседних точек по методу DBSCAN [7]

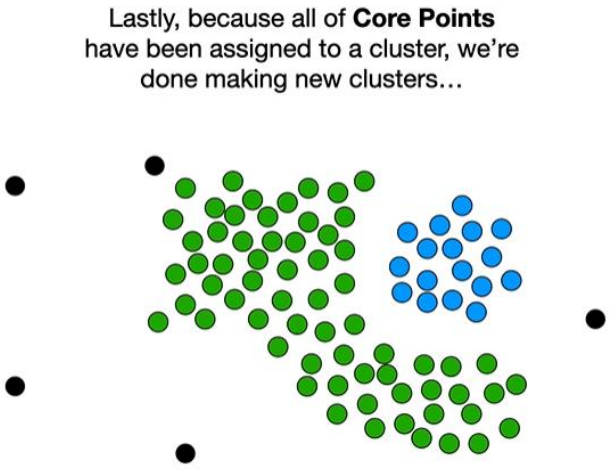


Рисунок 4. Результат кластеризации по методу DBSCAN [7]

Точки, которые не могут быть добавлены ни к одному кластеру, считаются выбросами. Основное преимущество DBSCAN в том, что он способен выделять кластеры произвольной формы, не требуя заранее заданного числа кластеров, и обнаруживать и игнорировать шумовые точки в данных. Однако, для достижения оптимальных результатов, необходимо тщательно настраивать параметры, такие как радиус окрестности и минимальное количество соседей, под конкретные условия использования.

Метод иерархической кластеризации

Иерархическая кластеризация представляет собой алгоритм, который создает иерархию кластеров, начиная с каждого объекта как отдельного кластера и последовательно объединяя их в более крупные кластеры. Этот метод основан на идее пошагового объединения близких кластеров, что позволяет представить данные в виде дерева (дендрограммы).

В начальной инициализации каждый объект данных рассматривается как отдельный кластер, формируя N кластеров, где N - число объектов. Затем вычисляется матрица расстояний между всеми парами кластеров. Далее выбираются два ближайших кластера для объединения, и процесс повторяется до тех пор, пока не останется один кластер, представляющий все данные. Пример полученной дендрограммы на Рис. 5.

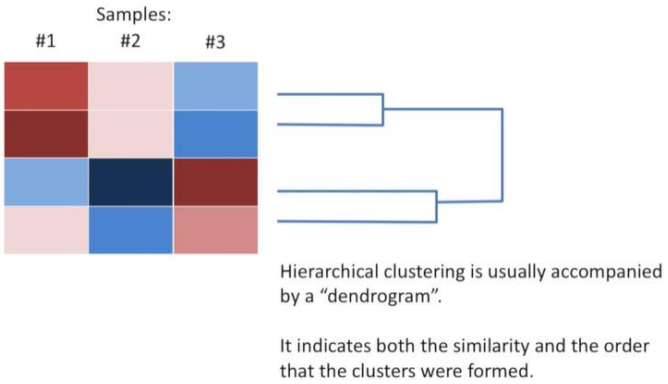


Рисунок 5. Этапы получения дендрограммы по методу иерархической кластеризации [7]

Процесс объединения кластеров строит дендрограмму для визуализации иерархической структуры. Иерархическая кластеризация не требует заранее заданного числа кластеров и подходит для данных с иерархической структурой. Однако она может быть вычислительно затратной, особенно при обработке больших объемов данных.

Заключение

В заключение данной статьи следует подчеркнуть важность исследования и применения методов машинного обучения и искусственного интеллекта на больших данных. Развитие технологий обработки и анализа данных в современном мире играет ключевую роль в принятии информированных решений в различных областях, начиная от бизнеса и заканчивая медициной и наукой.

В статье были расмотренны основные аспекты обучения моделей на больших данных, была подчеркнута важность роли кластеризации в эффективной обработке информации. Также были рассмотрены методы кластеризации, такие как K-средних, DBSCAN и иерархическая кластеризация, и выделен их вклад в группировку, структурирование данных, а также в выявление аномалий.

Данные алгоритмы и методы позволяют эффективно работать с большими данными, что становится критически важным аспектом для современных бизнес-процессов. В эпоху биг-дата объемы информации постоянно растут, и именно здесь машинное обучение выступает в роли ключевого инструмента для автоматизации и улучшения этого процесса. Автоматизация анализа больших данных позволяет бизнесу выявлять скрытые закономерности, высокоточно прогнозировать тренды и принимать обоснованные стратегические решения.

Библиография:

[1] ИТМО Обучение на больших данных - [Электронный ресурс] Режим доступа:
[2] https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=%D0%9E%D0%B1%D1%83%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%BD%D0%B0_%D0%B1%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D1%88%D0%B8%D1%85_%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85
[3] Enterprise AI - [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/tip/How-do-big-data-and-AI-work-together
[4] proglib - [Электронный ресурс] Режим доступа: https://proglib.io/p/kak-mashinnoe-obuchenie-uporyadochivaet-bolshie-dannye-2021-03-12
[5] Яндекс Практикум - [Электронный ресурс] Режим доступа: https://practicum.yandex.ru/blog/chto-takoe-klasterizaciya-i-klasternyi-analiz/
[6] ИТМО Кластеризация - [Электронный ресурс] Режим доступа: https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=%D0%9A%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F
[7] Хабр - [Электронный ресурс] Режим доступа: https://habr.com/ru/companies/nix/articles/413269/
[8] StatQuest with Josh Starmer - [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.youtube.com/@statquest

INSTRUMENTAR UTILIZAT ÎN ETL (EXTRACT TRANSFORM LOAD)

Ionuț DELEU

Departamentul Ingineria Software si Automatică, grupa TI-201FR, Facultatea Calculatoare Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Moldova

Autorul corespondent: Ionuț DELEU, ionut.deleu@isa.utm.md

Îndrumătorul/coordonatorul științific: **Dorian SARANCIUC**, lector universitar

Rezumat. *În epoca digitală, unde datele devin resursele cheie pentru inovație și luarea deciziilor, procesul ETL (Extract, Transform, Load) devine un fundament esențial în arhitectura datelor. În această lucrare se analizează noțiunea de ETL, contextul său în gestionarea datelor și modul în care evoluția acestui proces își găsește locul în lumea tehnologiei și afacerilor. Sunt descrise instrumente și tehnologii moderne pentru realizarea procesului ETL. Este arătat rolul ETLîn diverse domenii, provocările și bunele practici în procesul ETL.*

Cuvinte cheie: *ETL, Extract, Transform, Load, tehnologii, Apache NiFi, Talend, AWS Glue, Azure Data Factory, Google Cloud Dataflow.*

Introducere

În epoca digitală, unde datele devin resursele cheie pentru inovație și luarea deciziilor, procesul ETL (Extract, Transform, Load) devine un fundament esențial în arhitectura datelor. În această introducere, vom explora definiția ETL, contextul său în gestionarea datelor și modul în care evoluția acestui proces își găsește locul în lumea tehnologiei și afacerilor.

Fundamentele Procesului ETL

Structura Celor Trei Etape: Extract, Transform, Load

Extracția Datelor: Extracția reprezintă prima treaptă în procesul ETL și constă în aducerea datelor din surse diverse către mediul de procesare. Această fază poate implica accesul la baze de date relaționale, preluarea datelor din fișiere CSV sau JSON și, uneori, conectarea la servicii API pentru a obține informații în timp real [1].

Transformarea Datelor: În această etapă complexă, datele sunt supuse unui proces riguros de transformare. Aici, curățarea datelor de eventuale imperfecțiuni, standardizarea formelor și structurilor, și îmbogățirea cu informații adiționale sunt aplicate pentru a pregăti datele pentru analiză. Diverse tipuri de transformări, de la filtre și agregări până la îmbogățirea semantică, joacă un rol crucial în modelarea datelor.

Încărcarea Datelor: În ultima etapă, datele transformate sunt încărcate în destinația finală. Aceasta poate fi un data warehouse tradițional, un depozit de date distribuit sau un serviciu cloud. Gestionarea metadatelor devine esențială pentru a asigura un acces optimizat la date și pentru a menține integritatea informațiilor.

Instrumente și Tehnologii ETL

A. Apache NiFi și Arhitectura Grafică

Apache NiFi este un instrument ETL open-source, cu o arhitectură grafică care facilitează automatizarea fluxului de date între sisteme diverse. Interfața vizuală oferă o modalitate intuitivă de a defini și gestiona fluxurile de date, simplificând procesul ETL.

B. Talend și Soluții ETL Open-Source

Talend reprezintă o platformă ETL care combină abordarea open-source cu opțiuni comerciale. Cu un mediu de dezvoltare grafic, Talend permite proiectarea și implementarea eficientă a proceselor ETL, oferind flexibilitate și scalabilitate.

C. Servicii Cloud ETL: AWS Glue, Azure Data Factory, Google Cloud Dataflow

Trecerea la medii cloud devine o tendință și în domeniul ETL. AWS Glue, Azure Data Factory și Google Cloud Dataflow sunt exemple de servicii cloud ETL gestionate, care aduc scalabilitate și flexibilitate în procesul de gestionare a datelor [2].

D. Tendințe și Inovații în Instrumentele ETL

O serie de inovații au fost introduse în instrumentele ETL, de la funcționalități avansate de gestionare a metadatelor până la integrarea cu instrumente de analiză și business intelligence. Tendințe precum ETL serverless și automatizarea proceselor aduc îmbunătățiri semnificative în eficiența operațională.

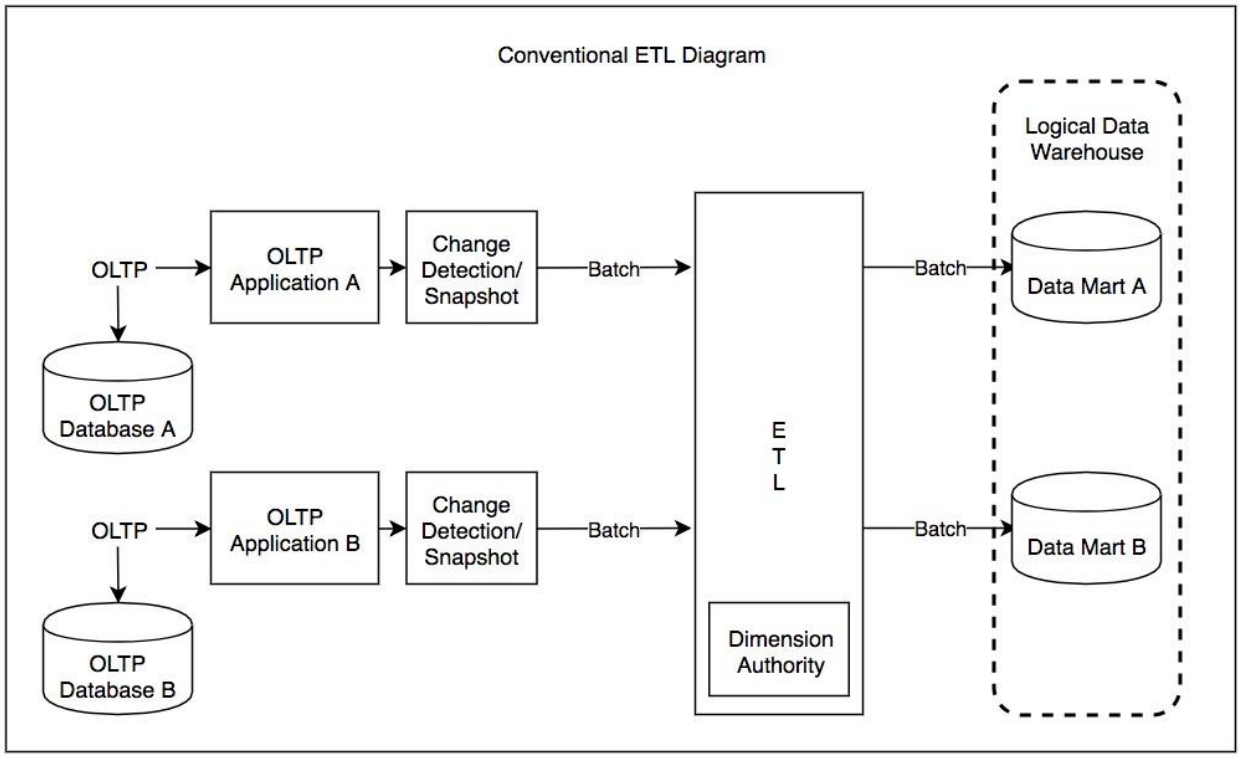


Figura 1. Diagrama ETL convențională

Rolul ETL în Diverse Domenii

A. Business Intelligence și Analiza de Date

În domeniul Business Intelligence, ETL alimentează depozitele de date care stau la baza rapoartelor și analizelor BI. Integrarea datelor din surse multiple permite generarea de insights valoroase pentru procesul decizional [3].

B. Sănătate și Asistență Medicală

În industria medicală, ETL este aplicat pentru integrarea datelor din sistemele de gestionare a pacienților, laboratoare și imagistică medicală. Acesta susține cercetările și diagnozele, asigurând coerența datelor medicale.

C. Retail și Comerț Electronic

În sectorul retail, ETL este esențial pentru analiza comportamentului clienților și gestionarea eficientă a stocurilor. Integrarea datelor din surse precum sistemele de vânzări și platforme de comerț electronic optimizează strategiile comerciale.

D. Telecomunicații și Gestionarea Datelor de Rețea

Companiile de telecomunicații utilizează ETL pentru analiza utilizării rețelei, facturare și optimizarea calității serviciilor. ETL joacă un rol vital în gestionarea masivelor volume de date din industria telecom.

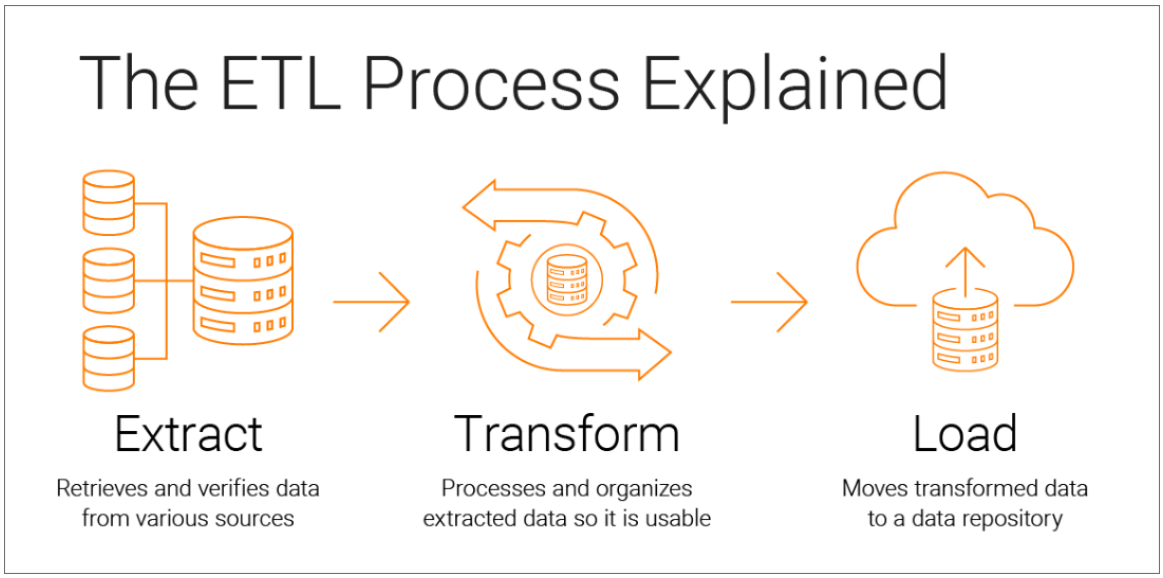


Figura 2. Explicația procesului ETL

Challenges și Best Practices în Procesul ETL

A. Gestionarea Erorilor și Mecanisme de Remediere

În fața provocărilor, gestionarea erorilor în timpul procesului ETL devine critică. Mecanisme eficiente de remediere și monitorizare sunt esențiale pentru menținerea integrității și fiabilității proceselor.

B. Verificări de Calitate a Datelor

Asigurarea calității datelor este un aspect esențial al procesului ETL. Implementarea de verificări și validări a calității datelor contribuie la obținerea rezultatelor analitice precise.

C. Securitatea Datelor în Timpul Procesului ETL

Într-un mediu în care se acordă o atenție deosebită securității datelor, procesul ETL trebuie să implementeze măsuri stricte de securitate. Criptarea datelor, controlul accesului și auditarea sunt elemente cheie [4].

D. Automatizare și Orchestare Eficientă a Proceselor

Automatizarea proceselor ETL și orchestrarea acestora devin vitale pentru eficiența operațională. Utilizarea unor instrumente dedicate pentru programarea și gestionarea fluxurilor de date asigură o gestionare eficientă a resurselor.

Diferențe între ETL (Extract, Transform, Load) și ELT (Extract, Load, Transform)

Compararea între ETL (Extract, Transform, Load) și ELT (Extract, Load, Transform) evidențiază diferențe semnificative în abordarea proceselor de manipulare a datelor în domeniul depozitării și analizei acestora.

ELT reprezintă o alternativă la ETL, în care datele extrase sunt transferate și încărcate direct în sistemul țintă înainte de a fi transformate. Această abordare necesită o arhitectură de analiză bine concepută, care să includă etape de curățare și îmbogățire a datelor, precum și modalități eficiente de gestionare a dimensiunilor.

În cartea semnificativă a lui Ralph Kimball și Joe Caserta, "The Data Warehouse ETL Toolkit" (Wiley, 2004), utilizată ca resursă de predare pentru procesele ETL în depozitarea datelor, se explorează această problemă specifică [1].

O evoluție notabilă în acest context o reprezintă depozitele de date bazate pe cloud, cum ar fi Amazon Redshift, Google BigQuery, Microsoft Azure Synapse Analytics și Snowflake Inc. Aceste platforme oferă putere de calcul extrem de scalabilă, permițând companiilor să opteze pentru eliminarea transformărilor preîncărcare și să reproducă datele brute în depozitele lor de date. Ulterior, aceste date pot fi transformate folosind limbajul SQL conform necesităților specifice.

După implementarea procesului ELT, datele pot fi ulterior procesate și stocate într-un magazin de date.

Ambele abordări, ETL și ELT, prezintă argumente pro și contra. Majoritatea instrumentelor de integrare a datelor se orientează către ETL, în timp ce ELT este preferat în bazele de date și dispozitivele de depozit de date. Există, de asemenea, posibilitatea de a utiliza abordarea TEL (Transform, Extract, Load), unde datele sunt transformate inițial pe un blockchain (ca o modalitate de înregistrare a modificărilor datelor, de exemplu, arderea jetonelor) înainte de a fi extrase și încărcate într-un alt depozit de date.

Comparativ între "ETL pipeline" și "data pipeline"

Termenii "ETL pipeline" și "data pipeline" sunt uneori utilizați în mod interschimbabil. Cu toate acestea, există diferențe fundamentale între cele două.

Un "data pipeline" este folosit pentru a descrie orice set de procese, instrumente sau acțiuni utilizate pentru a prelua date din diverse surse și a le muta către un depozit țintă. Acest lucru poate declanșa acțiuni suplimentare și fluxuri de procesare în cadrul sistemelor sursă interconectate.

În cazul unui "ETL pipeline", datele transformate sunt stocate într-o bază de date sau depozit de date. Acolo, datele pot fi utilizate pentru analize de afaceri și pentru a obține perspective relevante.

Care sunt diferitele tipuri de "ETL pipelines"?

"ETL pipelines" sunt categorisite în funcție de latența lor. Cele mai obișnuite forme folosesc fie procesarea în lot (batch processing), fie procesarea în timp real (real-time processing).

Procesarea în lot (batch processing)

Procesarea în lot este utilizată în cazul analizelor tradiționale și al utilizărilor de business intelligence, unde datele sunt colectate, transformate și mutate periodic către un depozit de date în cloud [4].

Utilizatorii pot implementa rapid volume mari de date provenind din surse izolate într-un lac de date sau depozit de date în cloud. Pot programa apoi joburi pentru procesarea datelor cu intervenție umană minimă. În cadrul procesării în lot a "ETL", datele sunt colectate și stocate în timpul unui eveniment cunoscut sub numele de "fereastră de lot" ("batch window"). Loturile sunt utilizate pentru gestionarea eficientă a volumelor mari de date și a sarcinilor repetitive.

Procesarea în timp real (real-time processing)

"ETL pipelines" pentru procesarea în timp real permit utilizatorilor să preia date structurate și nestrcuturate din diverse surse de flux. Acestea includ Internet of Things (IoT), dispozitive conectate, fluxuri de social media, date de senzori și aplicații mobile. Un sistem de mesagerie cu un debit mare asigură capturarea precisă a datelor.

Transformarea datelor se realizează utilizând un motor de procesare în timp real, cum ar fi Spark streaming. Acest lucru alimentează funcționalități ale aplicației, cum ar fi analizele în timp real, urmărirea locației GPS, detectarea fraudelor, întreținerea predictivă, campanii de marketing țintite și îngrijirea proactivă a clienților.

Provocările trecerii de la "ETL" la "ELT"

Capacitățile sporite de procesare ale depozitelor de date în cloud și ale lacurilor de date au schimbat modul în care datele sunt transformate. Acest lucru a determinat multe organizații să treacă de la "ETL" la "ELT". Aceasta nu este întotdeauna o schimbare simplă [5].

Mapările "ETL" s-au dezvoltat suficient pentru a susține complexitatea în tipuri de date, surse de date, frecvență și formate. Conversia cu succes a acestor mapări într-un format care susține "ELT" necesită o platformă de date corporative capabilă să proceseze date și să susțină optimizarea pushdown fără a afecta front-end-ul. Ce se întâmplă dacă platforma nu poate genera codul specific ecosistemului sau depozitului de date necesar? Dezvoltatorii ajung să codeze manual interogările pentru a incorpora transformări avansate. Acest proces intensiv din punct de vedere al muncii este costisitor, complicat și frustrant. De aceea, este important să selectăm o platformă cu o interfață ușor de utilizat care poate gestiona replicarea acelorași mapări și să ruleze într-un model "ELT".

Trends și Viitorul ETL

A. ETL în Timp Real și Importanța Analizei În Timp Real

Tendința către analiza în timp real devine din ce în ce mai pronunțată în domeniul ETL. Procesele ETL în timp real permit organizațiilor să obțină insights imediate, fiind esențiale în medii de afaceri dinamice [6].

B. Integrarea cu Machine Learning și Inteligența Artificială

Integrarea procesului ETL cu tehnologii precum machine learning și inteligența artificială aduce un nivel superior de automatizare și anticipare în gestionarea datelor.

C. Evoluții Tehnologice: ETL în Cloud, Serverless ETL

Trecerea către mediul cloud și adoptarea arhitecturilor serverless în procesul ETL aduc beneficii semnificative în ceea ce privește scalabilitatea, flexibilitatea și costurile operaționale.

D. Rolul ETL în Era Analizei Big Data

Odată cu explozia datelor big data, ETL devine un jucător esențial în procesul de gestionare și analiză a acestor volume masive de informații.

Concluzii

A. Recapitularea Importanței Procesului ETL

Referatul a evidențiat importanța procesului ETL în gestionarea datelor, de la colectarea lor la transformarea și încărcarea în destinațiile finale. Rolul său esențial în furnizarea de informații strategice a fost subliniat în diverse domenii și industrii.

B. Impactul Transformațional al ETL în Organizații

Procesul ETL nu este doar o necesitate tehnică; este o forță transformațională în organizații, contribuind la eficiența operațională, luarea deciziilor informate și inovație.

C. Provocările Viitoare și Adaptabilitatea Procesului ETL în Era Digitală

Provocările viitoare, cum ar fi volumul exponențial al datelor și necesitatea de analize în timp real, cer o adaptabilitate continuă a procesului ETL. Inovațiile tehnologice vor continua să modeleze viitorul ETL într-o lume digitală în continuă schimbare.

Mulţumiri

Mulțumesc coordonatorului științific, Dorian SARANCIUC lect. univ. departamentul ISA pentru dedicare și ghidare științifică.

Surse bibliografice

[1] Ralph., Kimball (2004). Setul de instrumente ETL pentru depozitul de date: tehnici practice pentru extragerea, curățarea, conformarea și livrarea datelor. Caserta, Joe, 1965-. Indianapolis, IN: Wiley. ISBN 978-0764579233. OCLC 57301227.

[2] Denney, MJ (2016). „Validarea procesului de extragere, transformare, încărcare utilizat pentru a popula o bază de date mare de cercetare clinică” . Jurnalul Internațional de Informatică Medicală . 94 : 271–4. doi : 10.1016/j.ijmedinf.2016.07.009. PMC 5556907. PMID 27506144.

[3] Zhao, Shirley (20.10.2017). „Ce este ETL? (Extract, Transform, Load) | Experian” . Calitatea datelor Experian.
[4] IBM.COM. What is ETL (extract, transform, load)?. [Resursă electronică] [accesat 10.01.2024]. Disponibil: https://www.ibm.com/topics/etl
[5] WIKIPEDIA.ORG. Extract, transform, load. [Resursă electronică] [accesat 10.01.2024]. Disponibil: https://en.wikipedia.org/wiki/Extract,_transform,_load
[6] INFORMATICA.COM. What is ETL (extract transform load)? [Resursă electronică] [accesat 10.01.2024]. Disponibil: https://www.informatica.com/nl/resources/articles/what-is-etl.html

CUBRID

Grigore LUPU

Departamentul Ingineria Software și Automatică, grupa TI-201FR, Facultatea Calculatoare Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

Autorul corespondent: Grigore LUPU, e-mail: grigore.lupu@isa.utm.md

Coordonator științific: **SARANCIUC Dorian**

Abstract. *Articolul dat vizează sistemul de gestiune și management al bazelor de date relaționale CUBRID. Sistemul se poziționează ca fiind un sistem open-source, proiectat pentru a satisface nevoile organizațiilor și aplicațiilor de dimensiuni mari, oferind funcționalități avansate și performanțe ridicate. Se arată, că CUBRID încorporează o abordare inovatoare pentru gestionarea datelor, oferind o combinație de funcționalități și caracteristici esențiale. Caracteristicile cheie ale sistemului sunt descrise în termeni de fiabilitate a tranzacțiilor și integritate a datelor, scalabilitate orizontală și verticală, suportul pentru limbajul SQL standard și suportul oferit pentru dezvoltarea aplicațiilor web și mobile. Sunt arătate domenii de utilizare ale CUBRID, care cuprind sectorul financiar, sănătatea, comerțul electronic, aplicații enterprise.*

Cuvinte cheie: *SGBD, CUBRID, gestiunea datelor, SQL, fiabilitate, integritate, scalabilitate.*

Introducere

În era digitală actuală, bazele de date reprezintă o componentă vitală pentru stocarea și gestionarea informațiilor într-un mod organizat și eficient. Cu o creștere continuă a cantității de date generate, este crucial să dispunem de sisteme de gestionare a bazelor de date care să ofere performanțe ridicate, scalabilitate și fiabilitate. Un astfel de sistem care se remarcă în acest sens este CUBRID [1].

CUBRID este un sistem de gestionare si management a bazelor de date relaționale (SGBD) open-source, dezvoltat inițial în Coreea de Sud. Este proiectat pentru a satisface nevoile organizațiilor și aplicațiilor de dimensiuni mari, oferind funcționalități avansate și performanțe ridicate. CUBRID încorporează o abordare inovatoare pentru gestionarea datelor, oferind o combinație de caracteristici esențiale precum fiabilitatea tranzacțiilor, scalabilitatea orizontală și verticală și suportul pentru limbajul SQL standard.

Caracteristici Cheie ale CUBRID

Fiabilitatea Tranzacțiilor și Integritatea Datelor

CUBRID oferă un sistem tranzacțional robust, asigurând că operațiunile de modificare a datelor sunt efectuate în mod corespunzător, chiar și în medii cu acces concurent la date.

Implementează conceptele ACID (Atomicitate, Consistență, Izolare și Durabilitate), garantând consistența și integritatea datelor în timpul tranzacțiilor [2].

Scalabilitate Orizontală și Verticală:

Scalabilitatea orizontală permite adăugarea de noi noduri la infrastructură pentru a distribui încărcătura și pentru a crește capacitatea de stocare și prelucrare a datelor.

Scalabilitatea verticală presupune creșterea capacității de procesare și a resurselor hardware pe un singur nod, ceea ce permite creșterea performanței și a capacității.

Suport Extins pentru Limbajul SQL Standard [2].

CUBRID implementează în întregime standardul SQL, facilitând dezvoltarea și migrarea aplicațiilor existente către platforma CUBRID.

Acest lucru permite dezvoltatorilor să utilizeze cunoștințele lor existente în SQL fără a fi nevoie de resurse suplimentare de instruire sau de adaptare.

Indexare Eficientă și Optimizare a Interogărilor

Sistemul de indexare al CUBRID-ului este proiectat pentru a optimiza accesul la date, reducând timpul necesar pentru interogările complexe și pentru căutările în seturile mari de date. Are capacitatea de a crea și gestiona diverse tipuri de indecși, cum ar fi indecșii B-tree și hash, pentru a răspunde la nevoile specifice ale aplicațiilor.

Suport pentru Dezvoltarea Aplicațiilor Web și Mobile

CUBRID oferă biblioteci și instrumente de dezvoltare robuste pentru dezvoltarea rapidă și ușoară a aplicațiilor web și mobile.

Suportul pentru limbaje populare de programare precum Java, PHP și Python facilitează integrarea CUBRID într-o varietate de medii de dezvoltare.

Utilizări ale CUBRID

Sectorul Financiar

În industria financiară, CUBRID este utilizat pentru gestionarea datelor sensibile, cum ar fi informațiile despre conturi bancare, tranzacții și istoricul financiar al clienților.

Fiabilitatea și integritatea datelor oferite de CUBRID sunt esențiale în aceste medii, unde chiar și o mică eroare în gestionarea datelor poate avea consecințe semnificative [3].

Sănătate

În domeniul sănătății, CUBRID este folosit pentru stocarea și gestionarea datelor medicale, inclusiv informații despre pacienți, istoricul medical și rezultatele testelor [3].

Capacitatea sa de a gestiona volume mari de date și de a asigura securitatea și confidențialitatea acestora face din CUBRID o alegere ideală pentru sistemele informatice din domeniul medical.

Comerțul Electronic

În mediul online al comerțului electronic, CUBRID este utilizat pentru gestionarea bazelor de date ale magazinelor online, inclusiv informații despre produse, stocuri, comenzi și clienți.

Performanța și scalabilitatea sa sunt esențiale pentru a gestiona volume mari de date și trafic online, iar suportul pentru tranzacții garantează integritatea proceselor de vânzare [3].

Aplicații Enterprise

CUBRID este folosit într-o varietate de aplicații enterprise, inclusiv sisteme ERP (Planificare Resurse Integrate), CRM (Gestionarea Relațiilor cu Clienții) și SCM (Gestionarea Lanțului de Aprovizionare).

Capacitatea sa de a gestiona tranzacții complexe și de a oferi rapoarte și analize în timp real face din CUBRID o alegere populară pentru astfel de aplicații.

Concluzii

CUBRID reprezintă o alegere ideală pentru organizațiile care caută o soluție robustă și eficientă pentru gestionarea bazelor de date relaționale. Cu utilizări în diverse industrii, inclusiv în sectorul financiar, în domeniul sănătății, în comerțul electronic și în aplicațiile enterprise, CUBRID oferă performanțe ridicate, fiabilitate și scalabilitate, fiind un pilon în construirea și gestionarea aplicațiilor critice și a infrastructurilor de date în mediul digital actual.

Bibliografie

[1] „CUBRID 11.3 Patch 1 Released” [Online]. Available: https://www.cubrid.org/
[2] „CUBRID software” [Online]. Available: https://koaha.org/wiki/CUBRID
[3] „CUBRID - motor complet gratuit de gestionare a bazelor de date relationale open-source” [Online]. Available: https://gnulinux.ro/blog-page-6048-cubrid-motor-complet-gratuit-de-gestionare-a-bazelor-de-date-relationale-open-source

НЕОБХОДИМОСТЬ СОБЛЮДЕНИЯ ТРЕБОВАНИЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДАННЫХ ДЛЯ БАНКОВ И ФИНАНСОВЫХ УСЛУГ

Александру СКРИПЧЕНКО

Департамент Программной Инженерии и Автоматики, группа TI-231 M, Факультет Вычислительной Техники, Информатики и Микроэлектроники, Технический Университет Молдовы, Кишинев, Республика Молдова

Автор кореспондент: Александру Скрипченко, e-mail scripcenco.alexandru@mib.utm.md

Руководитель/научный консультант **Dorian SARANCIUC**, lect.univ.

Аннотация. *В статье анализируется необходимость соблюдения повышенных требований безопасности данных для сферы банковских и финансовых услуг, где защита персональных данных — не просто ключевое конкурентное преимущество, а обязательное условие существования на бизнес-рынке. Отмечается, что международные и отраслевые требования по защите личных и финансовых данных применимы ко всем государственным и частным предприятиям, которые обрабатывают финансовые данные, либо в качестве контролеров данных, либо в качестве обработчиков данных. Перечислены наиболее распространенные киберугрозы для финансовых услуг. Описаны основные мероприятия для предотвращения и решение основных проблем кибербезопасности.*

Ключевые слова: *защита, персональные данные, шифрование, стандарты безопасности, социальное программирование, управление, нарушение*

Введение

Проведение комплексной проверки в отношении собственных систем компании или систем, предоставленных поставщиком, является жизненно важным шагом для обеспечения соответствия требованиям безопасности и минимизации рисков утечки данных.

Наиболее распространенные киберугрозы финансовым услугам в последние годы все больше становились ориентированными на учетные записи: атаки на личные учетные записи, ведущие к краже личных данных и нарушению доверия между поставщиком услуг и клиентом. Вредоносные атаки на системы банкоматов являются растущей тенденцией, наряду с кибератаками, направленными на проникновение в сеть безопасности банков и нацеливание на клиентов с реальных адресов сотрудников [1]. Хотя базовые фишинговые атаки, направленные на клиентов, по-прежнему популярны, они приносят меньшую отдачу, чем захват всей системы и базы данных.

Основной подход к кибербезопасности в учреждении финансовых услуг должен включать прочную организационную структуру и процедуры отчетности по операциям по кибербезопасности; опытный директор по информационной безопасности; безопасная сетевая среда (например, облачные веб-сервисы); и офисная культура, которая включает осведомленность о кибербезопасности во все операции и потоки знаний в офисной среде. Регулярная оценка рисков должна лежать в основе снижения угроз данным в финансовых и банковских услугах, независимо от их размера и бизнес-модели. Отчеты об инцидентах и повторная оценка помогут построить модели угроз и разработать стратегии предотвращения. Реактивного подхода к кибербезопасности уже недостаточно, и для эффективного предотвращения угроз необходима проактивная позиция [2].

Шифрование и виртуальные частные сети

Шифрование данных и надежно зашифрованные облачные веб-сервисы для всех внутренних операций — важнейшее решение основных проблем кибербезопасности.

Существует множество провайдеров виртуальных частных сетей, которые шифруют все сообщения, обеспечивая канал обмена данными между всеми устройствами в корпоративной или личной сети. Хотя количество атак банковского вредоносного ПО сокращается, они становятся все более изощренными: как только хакеры получают контроль над частью сети банка, они могут легко атаковать клиентов массово, рассылая мошеннические электронные письма, чтобы украсть учетные данные пользователей. Использование служб виртуальных частных сетей для обеспечения безопасности системы — это лишь одна из мер, которые необходимо принять. Еще одним примером является двухфакторная аутентификация для доступа сотрудников и клиентов ко всем финансовым и платежным услугам.

Когда атака вредоносного ПО направлена против отдельного пользователя, она направлена на получение финансовых данных или кражу личных данных. Когда вредоносная атака нацелена на сотрудников поставщика финансовых услуг, она имеет гораздо более широкий спектр предполагаемого ущерба: от получения доступа к базе данных пользователей до компрометации всей системы и финансовых ресурсов компании.

Основные стандарты безопасности

Базовые стандарты безопасности для поставщиков финансовых услуг соблюдаются всеми мировыми операторами. Требования PCI DSS, например, применяются ко всем компаниям, которые принимают платежи по кредитным картам онлайн и гарантируют, что компания, обрабатывающая финансовые данные, соблюдает стандарты обработки, хранения и передачи данных. Стандарты PCI DSS диктуют минимальные требования к шифрованию передаваемых данных, защите хранения данных, мониторингу доступа к данным, ограничению доступа к банковским данным клиентов, а также регламентируют аутентификацию доступа к компонентам системы. Сочетание физических и виртуальных методов безопасности защищает хранящиеся пользовательские данные от кражи личных данных, а шифрование передаваемых данных защищает их от перехвата третьими лицами.

Социальное программирование

Обучение персонала — еще один важный шаг в стратегии безопасности данных. Когда речь идет о финансовых услугах, утечка данных чаще всего вызвана вредоносными целевыми атаками опытных хакеров. Однако человеческая ошибка или халатность являются распространенной причиной утечки данных во всем мире. Обучение персонала — это непрерывный процесс, который необходимо проводить в рамках механизма комплексной проверки, чтобы обеспечить осведомленность о случайной загрузке вредоносного ПО и других рисках, связанных с социальным программированием. Каждый сотрудник имеет уникальные учетные данные для доступа, которые необходимо обновлять в ходе обычной работы, что сводит к минимуму риски компрометации и использования в злонамеренных целях.

Управление и отчетность

На уровне управления крайне важно установить прямую подотчетность. Наличие отчета директора по информационной безопасности непосредственно перед генеральным директором может быть одним из факторов, способствующих эффективному снижению киберугроз в крупных банковских и финансовых компаниях [3].

Утечка данных обходится дорого, особенно для компаний, которые предоставляют финансовые услуги, обрабатывают банковские транзакции или привлекают третье лицо для обработки транзакций онлайн-платежей. Средняя стоимость утечки данных в

финансовой отрасли составляет 245 долларов за украденную запись, что делает ее второй по величине после сектора здравоохранения [3]. Это означает, что в зависимости от количества отдельных записей клиентов, обрабатываемых компанией, затраты на борьбу с утечкой данных будут расти все выше и выше. Нарушение финансовых данных клиента приведет к огромным затратам на сдерживание и устранение угрозы: коммуникация и связи с общественностью, следственные действия, услуги службы поддержки, юридические расходы, компенсации клиентам и многое другое. Очевидно, что принятие профилактических мер и мер по снижению рисков во избежание утечки данных приносит пользу не только субъектам данных (клиентам), но также репутации и финансовому благополучию компании. Следует напомнить, что согласно GDPR ЕС, об утечке данных следует сообщать не позднее, чем через 72 часа после обнаружения. Во всех штатах США теперь действуют законы, обязывающие компании уведомлять пользователей об утечках данных [3].

Верно, также и то, что чем быстрее будет выявлено нарушение, тем ниже будут затраты на его сдерживание. Корпоративные исследования показывают, что почти половина утечек данных вызвана злонамеренными преступными атаками, которые гораздо сложнее выявить и сдержать, и, следовательно, они обходятся дороже, чем, например, утечки, вызванные человеческой халатностью или системными сбоями.

Выводы

Одним из основных последствий утечки данных для поставщика финансовых услуг является потеря доверия клиентов и, как следствие, потеря клиентов. Для поставщиков финансовых услуг однажды потерянный клиент обычно теряется навсегда. Для многих организаций информирование клиентов и других заинтересованных сторон о своей стратегии обеспечения безопасности данных является определенным способом смягчить потерю доверия в случае взлома.

Библиография

[1] Introduction to Financial Services: Financial Cybersecurity. - [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://crsreports.congress.gov/product/pdf/IF/IF11717 /
[2] Cybersecurity for Financial Services: Best Practices. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.netguru.com/blog/cybersecurity-best-practices-finance-services
[3] Banking and financial cyber-security compliance. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.ekransystem.com/en/blog/banking-and-financial-cyber-security-compliance

MONGODB

Алексей БАРБЭНЯГРЭ

Технический Университет Молдовы, Факультет Вычислительной Техники, Информатики и Микроэлектроники, Департамент Программной Инженерии и Автоматики, группа TI-202 FR, Кишинэу, Республика Молдова

Autorul corespondent: Alexei Barbăneagră, alexei.barbaneagra@isa.utm.md

Îndrumătorul/coordonatorul științific **Dorian SARANCIUC**, lector universitar

Аннотация. *В статье рассмотрена MongoDB - популярная система управления базами данных типа NoSQL, используемая для создания высокодоступных и масштабируемых интернет-приложений. Приведены основные характеристики MongoDB, начиная с ее назначения, развития, основных особенностей и возможностей. Сравнение с реляционными базами данных подчеркивает гибкую схему MongoDB и способность горизонтально масштабироваться, тем временем не требуя больших затрат на обслуживание. Показано отличие MongoDB от реляционных баз данных. Приведены примеры использования, показывающие преимущества MongoDB, а так же перечислены ее недостатки.*

Ключевые слова: *СУБД, NoSQL, BSON, документы, коллекции.*

Введение

SQL и NoSQL — две популярные модели баз данных, которые используют для решения различных задач. Что выбрать лучше – зависит от потребностей. Если нужна база данных, в которой легко выполнять запросы и которая масштабируется по вертикали, то лучшим выбором будет база данных SQL. Если нужна база данных, которая легко масштабируется по горизонтали и не требует больших затрат на обслуживание, то лучшим выбором будет база данных NoSQL.

MongoDB — это база данных документов типа NoSQL, используемая для создания высокодоступных и масштабируемых интернет-приложений. Благодаря гибкому подходу к схеме она популярна среди команд разработчиков, использующих гибкие методологии.

Что представляет собой MongoDB

MongoDB - это программная система управления базами данных (СУБД) с открытым исходным кодом. Она создана для работы с большими объемами данных и предназначена для использования в современных приложениях, где гибкость, масштабируемость и производительность являются важными. Основное предназначение MongoDB заключается в хранении данных в виде гибких, JSON-подобных документов, что обеспечивает удобство хранения и извлечения информации [1].

С момента своего появления она активно развивается и становится одной из наиболее популярных NoSQL-баз данных благодаря своей гибкости, простоте использования и способности масштабироваться для работы с огромными объемами данных.

Всю модель устройства базы данных в MongoDB можно представить следующим образом:



Рисунок 2. Модель устройства базы данных MongoDB [2]

Сейчас MongoDB обладает разнообразным набором инструментов, включая MongoDB Atlas (облачный сервис баз данных), MongoDB Compass (графический интерфейс для управления базами данных), драйверы для различных языков программирования и другие инструменты, которые облегчают разработку, мониторинг и управление базами данных [1].

Основные особенности и возможности MongoDB

1. Документоориентированная модель данных.

Данные хранятся в гибких документах типа JSON (JavaScript Object Notation), называемую BSON (двоичный JSON) [3].

На Рис.2 представлен пример простого документа JSON:

```
{
  "_id": 1,
  "name": {
    "first": "Ada",
    "last": "Lovelace"
  },
  "title": "The First Programmer",
  "interests": ["mathematics", "programming"]
}
```

Рисунок 2. Пример документа JSON

2. Гибкая схема, позволяющая хранить разнородные данные в одной коллекции.
3. Масштабируемость и высокая доступность. MongoDB поддерживает горизонтальное масштабирование с помощью механизмов шардинга и репликации, обеспечивая высокую доступность данных.
4. Мощный язык запросов поддерживает широкий спектр операций, включая фильтрацию, сортировку, проекции и более сложные запросы с использованием конвейеров агрегации.
5. Индексация и поиск. MongoDB поддерживает различные типы индексов (например, индексов одного поля, составных, геопространственных), повышая производительность запросов за счет эффективного извлечения данных. Индексы могут значительно ускорить запросы за счет минимизации количества сканируемых документов.
6. Многоплатформенность и интеграция. Есть драйверы для различных языков программирования и возможность интеграции с различными технологиями.

Отличие MongoDB от реляционных баз данных

В реляционных БД данные организованы в таблицы, состоящие из строк и столбцов. В MongoDB данные хранятся в коллекциях, содержащих документы [4].

Строки в реляционной БД представляют собой одну запись, тогда как документы в MongoDB содержат все связанные данные в иерархической структуре.

Реляционные БД имеют жесткие схемы, требующие предопределенных структур для каждой таблицы Гибкая схема MongoDB позволяет различным документам в одной коллекции иметь разные структуры, что упрощает адаптацию к меняющимся требованиям без изменения всей схемы.

При работе с нереляционными базами SQL не используется, отсюда название NoSQL. Вместо него применяют языки программирования. В случае с MongoDB это JavaScript. Также существуют драйверы для поддержки других популярных языков: Python, Java, C/C++, Go, PHP, Ruby и др. [1].

Примеры использования, показывающие преимущества MongoDB

Платформы электронной коммерции, сайты социальных сетей и приложения IoT используют масштабируемость для обработки огромных объемов данных и одновременного взаимодействия с пользователем.

Системы финансов, здравоохранения и критически важных систем используют репликацию MongoDB для обеспечения непрерывной доступности и предотвращения потери данных.

Для эффективного управления и запроса данных о местоположении, геопространственные возможности MongoDB используют картографические службы, логистика и приложения, основанные на местоположении [1].

Приложения, требующие сложных транзакций, такие как банковские системы или платформы электронной коммерции, получают выгоду от поддержки MongoDB транзакций ACID.

Недостатки MongoDB

Недостатком MongoDB можно назвать отсутствие хранимых процедур и функций. Такая возможность есть у реляционных баз данных: разработчик один раз пишет набор команд на языке SQL, сохраняет его, а потом может вызвать в любой момент. Получается подобие скрипта, который выполняется по команде. Поддержка хранимых процедур в MongoDB не предусмотрена [2].

Также неполное соответствие ACID – набору принципов для баз данных, соответствие которым делает систему стабильной и предсказуемой (атомарность, согласованность, изолированность, устойчивость). MongoDB соответствует им не полностью. До версии 4.0 система не отвечала требованиям атомарности — чтобы никакая транзакция не «зависала» в системе завершенной не до конца. В более поздних версиях это исправили.

Трудности при работе с жестко связанными данными. У разных документов внутри коллекции может быть совершенно различная структура, и сами коллекции не обязаны походить друг на друга. Это упрощает хранение слабо связанной информации, но если данные имеют жесткие связи между собой, подход перестает быть удобным. В этих ситуациях лучше отдавать предпочтение традиционным СУБД, которые работают с SQL.

Выводы

Подводя итог, можно сказать, что MongoDB, благодаря гибкой схеме и возможности хранения разнородных данных в одной коллекции, подходит для хранения разнообразных типов данных, включая текст, изображения, видео и другие медиафайлы и широко используется в сфере веб-разработки, аналитики данных, приложений для

мобильных устройств и др. областях, где важны высокая доступность данных и способность масштабироваться вместе с ростом бизнеса.

MongoDB прочно зарекомендовала себя как ведущая база данных NoSQL, предлагая удобное для разработчиков решение. Она способна адаптироваться к меняющимся потребностям и поддерживать критически важные приложения в различных отраслях.

Библиография

[1] Why Use MongoDB and When to Use It? [online] [accesat 08.01.2024]. Disponibil:https://www.mongodb.com/why-use-mongodb
[2] Работа с базой данных MongoDB [online] [accesat 08.01.2024]. Disponibil: https://metanit.com/nosql/mongodb/2.1.php
[3] What is a Document Database? [online] [accesat 08.01.2024]. Disponibil: https://www.mongodb.com/document-databases
[4] Введение в MongoDB. [online] [accesat 08.01.2024]. Disponibil:https://metanit.com/nosql/mongodb/1.1.php

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ SQL-ТРИГГЕРОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЦЕЛОСТНОСТИ ДАННЫХ

Анна БРОДАРЬ

Департамент Программной Инженерии и Автоматики, группа TI-202FR, Факультет Вычислительной Техники, Информатики и Микроэлектроники, Технический Университет Молдовы, Кишинев, Республика Молдова

Autorul corespondent: Brodar Ana, ana.brodar@isa.utm.md

Îndrumătorul/coordonatorul științific **Dorian SARANCIUC**, lector universitar

***Аннотация**: В статье приведен анализ использования SQL-триггеров - мощного процедурного инструмента для автоматизации бизнес-процессов и поддержания целостности данных в реляционных базах данных. Описан принцип работы триггеров, которые автоматически выполняются при определенных событиях, таких как добавление, обновление или удаление записей, позволяя реагировать на изменения данных в режиме реального времени. Показано как использование SQL-триггеров помогает повысить эффективность системы, предотвратить ошибки и обеспечить соблюдение бизнес-правил, что способствует поддержанию консистентности улучшает общую надежность базы данных.*

***Ключевые слова:** SQL-триггеры, автоматизация бизнес-процессов, события базы данных, эффективность системы, надежность базы данных*

Введение

В современном информационном обществе, где объемы данных постоянно растут, эффективное управление информацией становится неотъемлемой частью стратегий бизнеса. В этом контексте использование SQL-триггеров является важным инструментом для автоматизации бизнес-процессов и обеспечения целостности данных в реляционных базах данных. SQL-триггеры - это программные компоненты, которые активируются определенными событиями, такими как добавление, изменение или удаление данных, и реагируют на эти изменения в режиме реального времени. В данном анализе мы рассмотрим основные аспекты использования SQL-триггеров, их роль в автоматизации процессов и обеспечении целостности данных. Мы также проведем оценку преимуществ, вызовов и возможных решений, а также представим успешные примеры интеграции триггеров в рабочую среду компаний. Полученные результаты помогут лучше понять потенциал SQL-триггеров в контексте современных информационных технологий и их влияние на управление данными в организациях.

Определение SQL-триггеров

SQL-триггеры представляют собой программные объекты в системах управления реляционными базами данных (СУБД), предназначенные для автоматизации определенных действий при возникновении определенных событий [1]. Эти объекты реагируют на изменения в данных или структуре базы данных и выполняют заранее определенные действия, такие как вставка, обновление, удаление или проверка целостности данных. Триггеры создаются на уровне базы данных и могут быть активированы при выполнении операций на таблицах или представлениях.

Триггеры делятся на два типа: перед тем как (BEFORE) и после того как (AFTER). Триггеры BEFORE выполняются перед фактическим выполнением операции, позволяя

изменять данные или прерывать операцию. Триггеры AFTER, напротив, выполняются после завершения операции, что позволяет анализировать результаты и, при необходимости, вносить дополнительные изменения.

SQL-триггеры широко применяются для обеспечения целостности данных, введения бизнес-правил и автоматизации повседневных операций, что повышает эффективность управления базой данных и уменьшает риск ошибок в данных.

Контекст автоматизации бизнес-процессов и обеспечения целостности данных.

В контексте автоматизации бизнес-процессов и обеспечения целостности данных, эффективное управление информацией становится ключевым фактором для успешной деятельности организаций. Бизнес-процессы, основанные на обширных объемах данных, требуют систем, способных реагировать на изменения в реальном времени и поддерживать высокий уровень автоматизации. В этой связи, SQL-триггеры выступают важным инструментом, предоставляя механизм реакции на события базы данных, такие как вставка, обновление или удаление данных [2].

Автоматизация бизнес-процессов с использованием SQL-триггеров позволяет сократить временные затраты на выполнение операций, уменьшить вероятность человеческих ошибок и обеспечить более высокую точность данных. Такие триггеры также предоставляют возможность внедрения бизнес-правил непосредственно на уровне базы данных, что обеспечивает соблюдение стандартов и политик компании.

Обеспечение целостности данных включает в себя не только предотвращение ошибок, но и поддержание консистентности данных в различных частях системы. SQL-триггеры играют решающую роль в этом контексте, позволяя автоматически выполнять проверки, аудит и корректировку данных, что в итоге способствует повышению надежности информационной инфраструктуры организации.

Роль SQL-триггеров в автоматизации бизнес-процессов

SQL-триггеры играют ключевую роль в автоматизации бизнес-процессов, обеспечивая непрерывность операций и повышая эффективность управления данными. Они реагируют на различные события базы данных, например, вставку, обновление или удаление записей, предоставляя возможность автоматической обработки определенных задач.

В контексте автоматизации, триггеры BEFORE позволяют вносить изменения в данные перед фактическим выполнением операции, что полезно для предварительной обработки или проверки условий. Триггеры AFTER, в свою очередь, предоставляют широкие возможности для анализа результатов операции и принятия дополнительных автоматизированных мер.

С помощью SQL-триггеров можно автоматизировать задачи, такие как обновление связанных данных, поддержание актуальности информации в различных частях системы и автоматическое внесение изменений в соответствии с бизнес-правилами. Это сокращает необходимость в ручной интервенции, уменьшая риск ошибок и ускоряя процессы.

Благодаря SQL-триггерам бизнес может реагировать на изменения данных в режиме реального времени, что особенно важно в быстро меняющейся среде. Их использование обеспечивает не только автоматизацию, но и стандартизацию бизнес-процессов, что способствует более эффективному управлению ресурсами и повышению общей производительности предприятия.

События базы данных, вызывающие триггеры

Вставка данных: Триггеры могут быть активированы при добавлении новых записей в таблицу, что позволяет автоматически выполнять определенные действия перед или после вставки данных.

Обновление данных: Изменения в существующих записях через операцию обновления также инициируют триггеры, предоставляя возможность реакции на изменения в данных.

Удаление данных: Событие удаления записей в таблице может вызывать триггеры, что полезно для предотвращения удаления или для автоматической очистки связанных данных.

События транзакций: Операции с транзакциями, такие как COMMIT или ROLLBACK, также могут быть событием для триггеров, позволяя выполнять действия при завершении транзакций.

Изменение структуры базы данных: Создание, изменение или удаление таблиц и других объектов базы данных может вызывать триггеры, воздействуя на ее структуру.

Изменение метаданных: События, связанные с метаданными, такие как добавление или удаление индексов, также могут активировать триггеры.

Вход и выход пользователя: События, связанные с управлением пользователями, такие как вход или выход из системы, могут служить событием для активации триггеров.

Изменения в схеме: Модификации схемы базы данных, например, добавление или удаление столбцов, также являются событием для триггеров.

Действия с временем: Триггеры могут быть вызваны при изменении данных в определенный момент времени, что полезно для автоматизации временных задач.

События, связанные с ошибками: Ошибки во время выполнения SQL-операций могут также активировать триггеры, предоставляя возможность обработки и исправления проблем автоматически [3].

Репликация данных: События, связанные с процессами репликации данных между базами данных, могут быть использованы для активации триггеров и обеспечения согласованности данных.

События аудита: События аудита, такие как запись в журнал изменений, могут служить событием для триггеров, позволяя отслеживать и реагировать на изменения в данных для целей аудита.

Отслеживание изменений данных в реальном времени

SQL-триггеры играют важную роль в отслеживании изменений данных в реальном времени, предоставляя механизм для моментальной реакции на события базы данных. Эти триггеры активируются при вставке, обновлении или удалении записей, что позволяет системе немедленно реагировать на изменения [3].

Используя триггеры, бизнес может моментально обнаруживать и реагировать на важные изменения в данных, такие как появление новых записей или обновление существующих. Это особенно полезно в контексте оперативного управления, где актуальность информации играет решающую роль.

Триггеры BEFORE позволяют проводить предварительные проверки данных перед их фактическим изменением, а триггеры AFTER позволяют анализировать результаты операции. Такая двусторонняя функциональность обеспечивает полное отслеживание изменений в режиме реального времени и возможность принятия мгновенных решений на основе этих изменений.

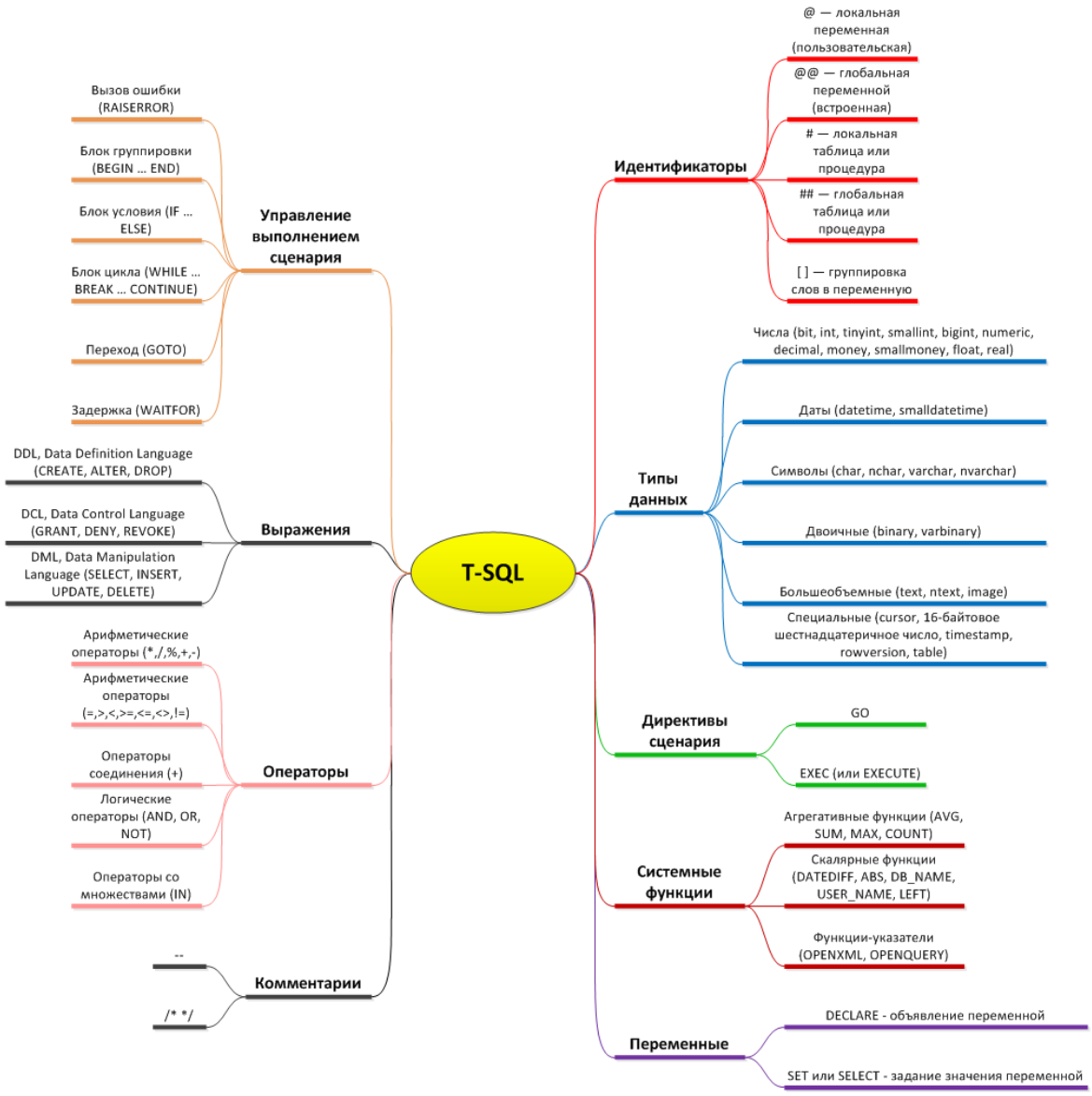


Рисунок 1. Основы T-SQL и примеры - функции (UDF), триггеры, процедуры, курсоры, циклы

Отслеживание изменений в реальном времени с помощью SQL-триггеров также способствует быстрой реакции на нештатные ситуации, предотвращая потенциальные проблемы и улучшая общую реактивность системы. Такие возможности становятся ключевыми в современных информационных системах, где оперативность принятия решений имеет стратегическое значение.

Обеспечение целостности данных с использованием SQL-триггеров

SQL-триггеры играют важную роль в обеспечении целостности данных, обеспечивая выполнение бизнес-правил и предотвращая нарушения структуры базы данных [3]. Путем автоматической проверки данных перед вставкой, обновлением или удалением, триггеры позволяют предотвращать появление некорректных или несогласованных записей.

Триггеры предоставляют возможность внедрять и поддерживать бизнес-правила на уровне базы данных, что способствует стандартизации процессов и соблюдению требований организации. Это особенно важно для систем, где активно взаимодействуют

различные компоненты, и поддержание целостности данных становится ключевой задачей.

При активном использовании триггеров предотвращается внесение изменений, которые могли бы привести к нарушению целостности данных, например, изменение связанных записей без соответствующих коррекций. Такие механизмы поддерживают согласованность данных в различных частях системы.

SQL-триггеры также способны обеспечивать выполнение транзакций в целостности, блокируя операции, которые могли бы привести к некорректному состоянию базы данных. Это повышает надежность и актуальность данных, что важно для поддержки бесперебойной работы бизнес-процессов и принятия важных стратегических решений.

Предотвращение ошибок и поддержание консистентности

SQL-триггеры играют важную роль в предотвращении ошибок и поддержании консистентности данных в базах данных. Путем предварительной обработки данных перед их вставкой, обновлением или удалением, триггеры могут осуществлять автоматическую проверку соответствия бизнес-правилам и стандартам, предотвращая внесение некорректных или неполных записей.

Эти механизмы также обеспечивают выполнение транзакций в целостности, блокируя операции, которые могли бы привести к некорректному состоянию базы данных. Это особенно полезно в системах, где несколько пользователей могут одновременно обращаться к данным, и где важна надежность и актуальность информации.

При использовании триггеров, бизнес может гарантировать, что внесение изменений в базу данных соответствует предопределенным правилам, что уменьшает вероятность ошибок, связанных с человеческим фактором. Это также способствует соблюдению стандартов и политик организации, обеспечивая более высокий уровень качества данных.

Кроме того, триггеры могут выполнять роль в автоматической коррекции данных, например, при внесении изменений в одной части системы, они могут запускать соответствующие изменения в других связанных таблицах, поддерживая тем самым консистентность данных в различных частях базы данных.

Улучшение общей надежности базы данных

Внедрение бизнес-правил: Использование SQL-триггеров для автоматизации применения бизнес-правил на уровне базы данных способствует соблюдению стандартов и политик организации, повышая надежность данных.

Предотвращение ошибок: Активация триггеров перед вставкой, обновлением или удалением данных помогает предотвращать ошибки и несоответствия в базе данных, повышая ее надежность.

Обеспечение целостности данных: Триггеры обеспечивают поддержание целостности данных, блокируя операции, которые могли бы привести к несогласованности в структуре или значениях данных.

Автоматизация коррекции данных: Использование триггеров для автоматической коррекции данных после определенных событий способствует поддержанию надежности информационной среды [4].

Аудит данных: Внедрение триггеров для записи событий в журнал аудита помогает отслеживать изменения в базе данных, что важно для обеспечения ее надежности и безопасности.

Мгновенная реакция на изменения: Триггеры позволяют реагировать на изменения данных в режиме реального времени, обеспечивая оперативность и минимизацию возможных рисков.

Оптимизация производительности: Автоматизация определенных операций с использованием триггеров может способствовать улучшению производительности базы данных, что влияет на ее общую надежность.

Согласованность взаимосвязанных данных: Триггеры обеспечивают согласованность данных в связанных таблицах, предотвращая несоответствия и улучшая общую надежность базы данных.

Предупреждение дубликатов: Использование триггеров для проверки уникальности значений перед вставкой или обновлением данных помогает предотвращать дубликаты, улучшая качество данных и надежность.

Соблюдение стандартов безопасности: Активация триггеров для реагирования на попытки несанкционированного доступа или изменения данных способствует поддержанию общей безопасности и надежности базы данных.

Заключение

В заключение, использование SQL-триггеров представляет собой мощный инструмент для автоматизации бизнес-процессов и обеспечения целостности данных в реляционных базах данных [5]. Эти механизмы активации на основе событий базы данных позволяют предотвращать ошибки, поддерживать консистентность данных и повышать общую надежность информационной инфраструктуры. SQL-триггеры обеспечивают бизнес-процессы более высокой эффективностью, автоматизируя операции и обеспечивая мгновенную реакцию на изменения в данных. Они играют критическую роль в соблюдении бизнес-правил, стандартов безопасности и обеспечении аудита данных. Несмотря на свою мощь, внедрение триггеров требует внимательного планирования и управления, учитывая потенциальные вызовы и конфликты, а также необходимость оптимизации производительности [6]. Однако, при грамотном использовании, SQL-триггеры предоставляют организациям средство для повышения надежности и качества их баз данных, что важно в условиях быстро меняющейся бизнес-среды.

Литература

[1] SQL or NoSQL, That Is The Question! [Электронный ресурс]. -Режим доступа: https://blog.panoply.io/sql-or-nosql-that-is-the-question
[2] SQL или NoSQL — вот в чём вопрос. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://habrahabr.ru/company/ruvds/blog/324936/
[3] SQL. [Электронный ресурс].-Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/SQL
[4] NoSQL. [Электронный ресурс].-Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/NoSQL
[5] Системы баз данных. Полный курс. [Электронный ресурс].-Режим доступа: http://padaread.com/?book=15175
[6] Основы SQL. [Электронный ресурс].-Режим доступа: https://www.intuit.ru/studies/courses/5/5/info
[7] Дейт К. Дж. - Введение в системы баз данных, 8-е издание.: Пер. с англ. — М.: Издательский дом "Вильяме", 2005. — 1328 с.: ил. — Парал. тит. англ.

ORM PRISMA: ХАМЕЛЕОН В МИРЕ БД

Iana GAMURAR

Technical University of Moldova, Faculty of Computers, Informatics and Microelectronics, group TI-202FR, Chișinau, Republic of Moldova

Autorul corespondent: Iana Gamurar, iana.gamurar@isa.utm.md

Îndrumătorul/coordonatorul științific **Dorian SARANCIUC**, lector universitar

Аннотация. *Присма (Prisma) – инновационная ORM, предоставляющая универсальный интерфейс для взаимодействия с различными системами управления базами данных (СУБД). В данной статье рассматривается уникальная способность Prisma генерировать оптимизированные SQL-запросы, адаптируясь к особенностям каждой выбранной базы данных. Особое внимание уделяется её гибкости и расширяемости, а также предоставляются примеры генерации SQL кода для разных СУБД.*

Ключевые слова: *Prisma, ORM, SQL-запросы, универсальность, гибкость, расширяемость, базы данных, ORM, PostgreSQL, MySQL, SQLite.*

Введение

Современные приложения часто требуют эффективного взаимодействия с базами данных (БД), и для облегчения этого процесса широко применяются ORM. Одним из инновационных инструментов в этой области является Prisma. Этот ORM-фреймворк не просто следует стандартным практикам, но и выделяется своей способностью адаптироваться к различным БД, что делает его своего рода "хамелеоном" в мире баз данных.

Универсальность Prisma

Присутствие универсального интерфейса в Prisma означает, что разработчики могут безболезненно взаимодействовать с разными системами управления базами данных (СУБД), избегая необходимости глубокого погружения в детали работы с каждой из них. Одним из фундаментальных моментов, обеспечивающих универсальность Prisma, является его способность генерировать SQL-запросы, адаптированные к требованиям конкретной базы данных [1].

Примечательно, как Prisma подстраивается под разные СУБД, изменяя сгенерированный SQL код в соответствии с их спецификой. Рассмотрим пример на модели данных, содержащей сущность "User".

```
// Prisma Data Model
model User {
  id    Int    @id @default(autoincrement())
  name  String
  email String @unique
}
```

Теперь рассмотрим, как Prisma генерирует SQL-код для создания таблицы "User" в разных базах данных.

1. PostgreSQL:

```
CREATE TABLE "User" (
  "id" serial PRIMARY KEY,
  "name" VARCHAR(255),
  "email" VARCHAR(255) UNIQUE
);
```

```
2. MySQL:
CREATE TABLE `User` (
  `id` INT NOT NULL AUTO_INCREMENT PRIMARY KEY,
  `name` VARCHAR(255),
  `email` VARCHAR(255) UNIQUE
);

3. SQLite:
CREATE TABLE "User" (
  "id" INTEGER PRIMARY KEY AUTOINCREMENT NOT NULL,
  "name" TEXT,
  "email" TEXT UNIQUE
);
```

Приведенные примеры иллюстрируют, как Prisma генерирует SQL-запросы, учитывая синтаксис и особенности каждой БД. Таким образом, приложение, написанное с использованием Prisma, может безболезненно переходить между разными базами данных без необходимости переписывания кода, что значительно упрощает процесс разработки и поддержки.

Уникальность Prisma

ORM Prisma обладает рядом уникальных особенностей, которые делают его одним из самых популярных ORM для Node.js и TypeScript.

Поддержка реляционных и нереляционных баз данных [2]. Prisma поддерживает как реляционные, так и нереляционные базы данных, что делает его универсальным инструментом для разработки приложений. Для реляционных баз данных Prisma поддерживает PostgreSQL, MySQL, SQL Server и SQLite. Для нереляционных баз данных Prisma поддерживает MongoDB.

Автоматическая генерация кода. Prisma позволяет автоматически генерировать код для доступа к базе данных. Это означает, что разработчикам не нужно писать SQL-запросы вручную. Вместо этого они могут сосредоточиться на разработке бизнес-логики приложения.

Поддержка GraphQL. Prisma поддерживает GraphQL, что позволяет разработчикам создавать API для своих приложений. Это упрощает общение между различными частями приложения и делает его более доступным для внешних пользователей.

Безопасность. Prisma уделяет особое внимание безопасности. Он использует различные механизмы безопасности, чтобы защитить данные приложения, включая:

1. Аутентификация и авторизация;
2. шифрование данных;
3. контроль доступа.

Простота использования. Prisma прост в использовании. Он имеет понятный синтаксис и документацию, которая помогает разработчикам быстро начать работу.

Вот некоторые конкретные примеры того, как эти особенности делают Prisma уникальным:

1. Поддержка реляционных и нереляционных баз данных позволяет разработчикам использовать один ORM для работы с различными типами баз данных, что упрощает разработку и обслуживание приложений;
2. автоматическая генерация кода экономит время разработчиков и снижает вероятность ошибок;
3. поддержка GraphQL упрощает создание API для приложений;

4. безопасность позволяет разработчикам быть уверенными, что их данные защищены;
5. простота использования делает Prisma доступным для разработчиков с любым уровнем опыта.

В целом, Prisma — это мощный и гибкий ORM, который предлагает множество уникальных возможностей. Он является отличным выбором для разработчиков, которые работают с Node.js и TypeScript.

Генерация запросов в зависимости от БД

Одним из наиболее впечатляющих аспектов, выделяющих Prisma среди других ORM-фреймворков, является его уникальная способность генерировать оптимизированные SQL-запросы, которые учитывают индивидуальные особенности каждой выбранной базы данных. Это является ключевым моментом в контексте повышения производительности и эффективности работы с данными.

Когда разработчик определяет структуру модели данных в Prisma, фреймворк автоматически адаптирует генерацию SQL-запросов в соответствии с особенностями конкретной базы данных. Например, различия в синтаксисе SQL между PostgreSQL и MySQL могут быть существенными, и Prisma заботливо обрабатывает эти нюансы.

Примечательно, что эта функциональность Prisma не просто сводится к изменению ключевых слов или синтаксиса. Вместо этого фреймворк может оптимизировать сам запрос в соответствии с определенными особенностями производительности конкретной базы данных. Это может включать в себя выбор оптимальных индексов, использование специфичных для СУБД оптимизаторов запросов или другие тонкости, которые существенно улучшают производительность приложения.

Эта возможность автоматической оптимизации запросов предоставляет разработчикам не только удобство, но и экономит значительное количество времени. Разработчику не требуется глубокого знания специфик каждой поддерживаемой базы данных; вместо этого, Prisma берет на себя ответственность за генерацию эффективных запросов, освобождая разработчика от необходимости ручной оптимизации запросов под каждую конкретную базу данных.

Таким образом, генерация запросов в зависимости от БД в Prisma не только обеспечивает универсальность работы с различными системами управления базами данных, но также повышает производительность приложения, делая разработку более эффективной и удобной.

Гибкость и расширяемость

Принцип "хамелеона", который лежит в основе фреймворка Prisma, выходит далеко за пределы простой поддержки различных баз данных. Этот принцип также раскрывается в выдающейся гибкости и расширяемости, предоставляемой разработчикам при работе с моделями данных.

Присутствие гибкости в Prisma проявляется в возможности разработчиков легко адаптировать структуру модели данных под меняющиеся требования приложения. Когда вносятся изменения в модель, будь то добавление новых полей, удаление существующих или изменение типов данных, Prisma способен автоматически воспринимать эти изменения и вносить их в генерируемые SQL-запросы.

Такая гибкость особенно полезна в динамичной разработке, где требования к базе данных могут меняться в ходе разработки приложения. Разработчики могут подстраивать модель данных, не беспокоясь о необходимости ручного обновления запросов или схемы базы данных. Это существенно сокращает время и усилия, затрачиваемые на адаптацию приложения к новым требованиям [3].

Кроме того, Prisma обеспечивает расширяемость в контексте поддержки дополнительных функциональностей и инструментов. Разработчики имеют возможность внедрять собственные расширения или использовать плагины для дополнительных возможностей взаимодействия с базой данных. Это позволяет адаптировать Prisma к специфическим потребностям проекта, что является важным аспектом при построении высокоэффективных и индивидуализированных приложений.

Таким образом, гибкость и расширяемость Prisma делают его не только мощным инструментом для работы с разными моделями данных, но и инновационным решением, готовым адаптироваться к динамике разработки и уникальным потребностям каждого проекта [4].

Преимущества и ограничения

Однако, несмотря на многочисленные преимущества, Prisma не лишен и ограничений. Некоторые особенности СУБД могут быть сложными для адаптации, и в определенных случаях разработчику придется вмешиваться в процесс генерации запросов [5]. Тем не менее, общая гибкость и универсальность Prisma делают его мощным инструментом в руках опытных разработчиков.

Выводы

Prisma - это не просто ORM-фреймворк, это интеллектуальный инструмент, способный адаптироваться к разнообразным требованиям и характеристикам баз данных. Его способность генерировать оптимизированные запросы в зависимости от выбранной БД делает его настоящим "хамелеоном" в мире баз данных, облегчая работу разработчиков и повышая производительность приложений..

Библиография

[1] J.HOLDOWSKY, M. MAHTO, M. E. RAYNOR, M. COTTELEER. *Inside the Internet of Things (IoT).* Deloitte Development LLC, 2015.

[2] ПИРОГОВ Владислав Юрьевич, Новые технологии в области баз данных. In: *Информационные системы и базы данных: организация и проектирование: учеб. пособие. — СПб.: БХВ-Петербург, 2009*, pp. 485-498.

[3] CoderLessons: *Распределенная СУБД – Среды баз данных*. 2011, 10, pp. 178- 182. [online] [accesat 02.01.2024]. Disponibil: https://coderlessons.com/tutorials/akademicheskii/izuchite-raspredelennuiu-subd/raspredelennaia-subd-sredy-baz-dannykh

[4] Mongodb: What is a Cloud Database? [online] [accesat 08.01.2024]. Disponibil: https://www.mongodb.com/cloud-database

[5] J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic and M. Palaniswami. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. In: Future Generation Computer Systems, Volume 29, Issue 7, September 2013, Pages 1645-1660. [online] [accesat 08.01.2024]. Disponibil: https://www.science.smith.edu/~jcardell/Courses/EGR328/Readings/IoT%20Vision.pdf

GraphQL

Юлия МЕДЕЛЯН

Departamentul Ingineria Software și Automatică, grupa TI-202FR, Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Moldova

Автор-корреспондент: Меделян Юлия: iulia.medelean@isa.utm.md

Аннотация: *Статья посвящена анализу и исследованию GraphQL, который представляет собой язык запросов для API, а так же является средой выполнения этих запросов. GraphQL позволяет клиентам запросить только те данные, которые им необходимы, и обеспечивает таким образом более эффективное взаимодействие между клиентом и сервером. Показаны преимущества технологии GraphQL в контексте создания современных веб-приложений. Дано сравнение GraphQL с Rest - двух разных подходов к разработке API. Указаны их общие характеристики и преимущество использования GraphQL, что способствует увеличению независимости между front-end и back-end разработчиками, поскольку front-end может формировать запросы и комбинировать данные, не требуя изменений от back-end разработчиков после определения схемы данных.*

Введение

GraphQL - это язык запросов и манипулирования данными для API, а также среда выполнения этих запросов. Разработанный в 2012 году внутри Facebook, он стал открытым в 2015 году и с 2018 года управляется GraphQL Foundation [1]. Проект получил популярность благодаря использованию в продуктах, таких как Facebook, Airbnb, GitHub и других.

Использование GraphQL

Создание GraphQL в Facebook было мотивировано необходимостью эффективной работы с разнородными данными и преодоления ограничений REST-архитектуры. Например, при работе с объемными и разнородными данными, как в случае соцсетей, использование REST-эндпоинтов становится неудобным. GraphQL предлагает "умный" единственный эндпоинт, способный обрабатывать сложные запросы и возвращать данные в нужной форме.

Схемы GraphQL API

Основой GraphQL API является схема данных, описывающая типы данных и структуру ответов на запросы. Эта схема служит контрактом между сервером и клиентом, определяя доступные типы объектов, поля и их взаимосвязи [2]. При использовании GraphQL клиенту не важно, откуда и как получаются данные, поскольку он просто отправляет запрос, а сервер возвращает результат, соответствующий схеме.

Взаимосвязь клиента и сервера при работе с GraphQL. Тут я хотела бы остановиться на том, как, собственно, устроена работа клиента и сервера при использовании GraphQL. Так как я не back-end-разработчик, то расскажу только вкратце о работе с серверной частью, не вдаваясь в подробности.

GraphQL обеспечивает поддержку на различных платформах, таких как веб, Android, iOS и другие. Клиент GraphQL формирует запрос данных или запрос на их изменение в соответствии со схемой и отправляет его на GraphQL-сервер. Этот сервер, являясь HTTP-сервером, связан с определенной схемой GraphQL. Весь трафик запросов от клиента и ответов проходит через эту схему.

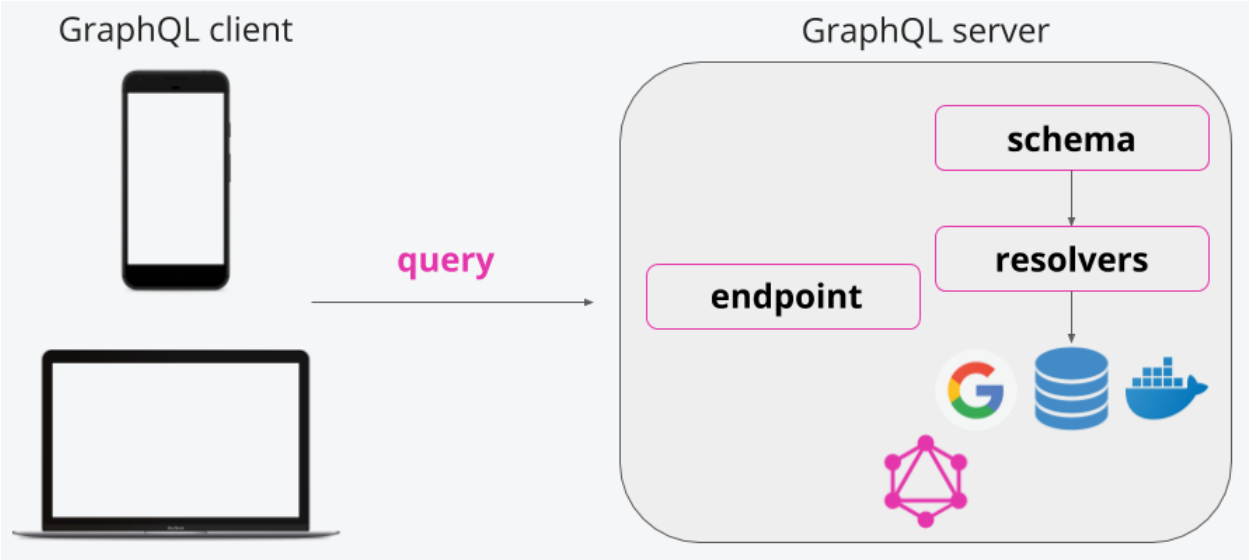


Рис. 1. Представление GraphQL

GraphQL-сервер не знает, как обработать запрос, пока не получит инструкции от специальных функций. Эти функции, называемые резолверами или распознавателями, связаны с соответствующими полями в схеме. Они определяют, как получить данные для запрошенных полей. В результате сервер возвращает клиенту ответ, структура которого соответствует запросу, обычно в формате JSON. Важно отметить, что GraphQL позволяет работать с различными источниками данных, включая базы данных (реляционные/NoSQL), результаты веб-поиска, Docker и другие.

Общие характеристики с Rest и преимущества

GraphQL и REST являются двумя разными подходами к разработке API, но они также имеют некоторые общие характеристики: [3]

1. Единый интерфейс:** Оба предоставляют единый интерфейс для работы с удаленными данными.
2. Формат ответа:** Оба чаще всего возвращают ответы в формате JSON.
3. Дифференциация запросов:** И GraphQL, и REST позволяют различать запросы на чтение и запись данных.

Однако у GraphQL есть несколько преимуществ по сравнению с REST:

1. Клиентоориентированный:** GraphQL позволяет клиенту запросить только ту информацию, которая ему нужна, определяя объем данных.
2. Единственный endpoint:** В отличие от REST, GraphQL требует только одного единственного endpoint, что упрощает конфигурацию и обслуживание.
3. Сильная типизация:** GraphQL является сильно типизированным языком, что позволяет проверить правильность запроса на этапе разработки.
4. Комбинирование запросов:** GraphQL предоставляет возможность комбинировать несколько запросов в один, что уменьшает количество сетевых запросов.
5. Гарантированный результат запроса:** Запросы к GraphQL API всегда возвращают ожидаемый результат, соответствующий схеме данных.

Использование GraphQL также позволяет уменьшить объем передаваемых данных на клиент, поскольку клиент запрашивает только необходимую информацию. Это также способствует увеличению независимости между front-end и back-end разработчиками, поскольку front-end может формировать запросы и комбинировать данные, не требуя изменений от back-end разработчиков после определения схемы данных.

Заключение

В заключение, GraphQL представляет собой концепцию построения API, которая способствует более слабой связности между клиентом и сервером. Важно отметить, что внедрение GraphQL не обязательно означает полный отказ от REST-архитектуры.

Мой взгляд заключается в том, что если структура данных в проекте проста, переход к GraphQL может быть необязательным и зависит от предпочтений разработчиков. Однако в случае работы с разнообразными и объемными данными GraphQL действительно упрощает задачи. Важно помнить, что GraphQL не требует переработки всего существующего кода, и выбор между GraphQL и REST зависит от индивидуальных предпочтений. В целом, я считаю, что ознакомление с GraphQL является ценным опытом, который может пригодиться в различных проектах.

Литература

[1] GraphQL: язык запросов для современных веб-приложений, Алекс Бэнкс, Ева Порселло, 2019г, 240стр
[2] "Разработка веб-приложений GraphQL с React, Node.js и Neo4j" [Online]. Available: https://www.labirint.ru/books/929724/
[3] GraphQL Eine Einführung in APIs mit GraphQL, Dominik Kress, 2020г, 202стр

РАЗВИТИЕ БАЗ ДАННЫХ ДЛЯ ЭКОНОМИКИ

Elena LIOGCAIA

Департамент Программной Инженерии и Автоматики, группа TI-202FR,
Факультет Вычислительной Техники, Информатики и Микроэлектроники,
Технический Университет Молдовы, Кишинев, Республика Молдова

Autorul corespondent: Elena Liogcaia, elena.liogcaia@isa.utm.md

Îndrumătorul/coordonatorul științific **Dorian SARANCIUC**, lector universitar

Аннотация. *В данной статье рассматриваются ключевые аспекты развития экономики, а именно понятие "цифровая экономика" и её характеристики. Выделяются основные перспективные направления развития цифровой экономики, такие как искусственный интеллект, технология блокчейн, потоковый SQL (Stream SQL) и облачные вычисления. Осуществлен анализ взаимосвязи учета и новых технологий. Интеграция технологий блокчейн, роботизации и цифровых двойников в учетные программы, такие как 1С, обещает усилить уровень автоматизации, повысить надежность данных и обеспечить новые возможности для анализа и управления. В перспективе, эти инновации могут стать ключевым фактором эффективности и конкурентоспособности в сфере бухгалтерии и учета.*

Ключевые слова: *цифровая экономика, искусственный интеллект, технология блокчейн, роботизация в бухгалтерии, чат-боты в учете, Stream SQL.*

Введение.

Цифровая экономика представляет собой систему, в которой основой являются современные методы создания, обработки, хранения и передачи данных, использующие цифровые компьютерные технологии. Ключевые технологические элементы цифровой экономики включают в себя искусственный интеллект, блокчейн, облачные вычисления, робототехнику и анализ больших данных, которые обеспечивают принятие решений и оптимизацию процессов. Согласно определению Всемирного банка, цифровая экономика представляет собой систему социальных, экономических и культурных взаимоотношений, основанных на применении цифровых информационно-коммуникационных технологий.

Рост экономических отношений между людьми, организациями и странами на основе цифровых инноваций происходит стремительно, что приводит к увеличению объемов данных, необходимых для поддержания этих связей.

Во многих источниках, рассматривающих цифровые технологии, высказывается мнение, что их рост и развитие могут привести к сокращению рабочих мест и росту безработицы. Однако исторические данные показывают, что технологические революции обычно приводят к повышению уровня жизни и образованности общества, поскольку у людей появляется больше времени для саморазвития и творчества, а также расширенный доступ к информации и образованию.

Цифровая экономика охватывает различные области деятельности, включая электронную коммерцию, цифровые платежи, цифровые услуги, цифровое образование, цифровое здравоохранение и многие другие.

Основные характеристики цифровой экономики включают в себя:

1. **Цифровые технологии:** Применение передовых цифровых технологий для разработки новых продуктов, услуг и бизнес-моделей.
2. **Инновации:** Непрерывное стремление к внедрению инноваций в области технологий и бизнес-процессов.

3. **Цифровая трансформация:** Модернизация традиционных бизнес-моделей и процессов посредством использования цифровых технологий.
4. **Данные:** Сбор, анализ и применение больших объемов данных для принятия бизнес-решений и оптимизации процессов.
5. **Глобальный характер:** Цифровая экономика преодолевает географические барьеры, предоставляя возможность компаниям и потребителям взаимодействовать и вести торговлю на глобальном уровне.

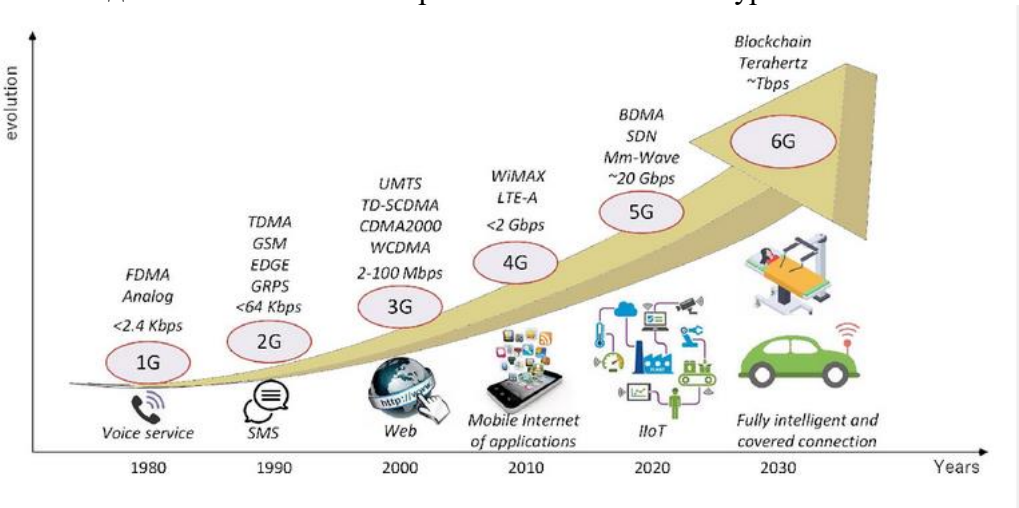


Рис. 1. Диаграмма развития цифровых технологий

Цифровые технологии в бухгалтерском учете и управлении.

Бухгалтерский учет, подобно программированию, представляет собой модель, отображающую реальные объекты и их взаимодействия. Эта модель основывается на теории моделирования, позволяя компаниям прогнозировать и управлять будущими событиями. Основными элементами этих моделей являются базы данных, которые для многих компаний становятся ключевыми активами. Чтобы компании работали эффективно, необходимо применять современные подходы к управлению базами данных и изменять бизнес-модели с использованием актуальных цифровых инноваций.

Современные системы ERP для бухгалтерского учета используют цифровые технологии для улучшения процессов учета и финансового анализа.

Облачные технологии

Для облачных технологий используется термин "облако". В контексте облачных технологий "облако" обычно обозначает сеть удаленных серверов, которые используются для хранения, управления и обработки данных, а также для предоставления доступа к различным вычислительным ресурсам и сервисам через интернет.

Такой терминологический подход подчеркивает идею, что пользователи могут получать доступ к данным и вычислительным ресурсам где угодно и в любое время, подобно тому, как облака могут быть видны и доступны в разных частях мира. Кроме того, термин "облако" подчеркивает гибкость и масштабируемость облачных технологий, а также их способность быть непрерывно доступными и управляемыми из любой точки сети. Работники могут подключаться с любого места, даже не устанавливая на свое устройство приложение. Благодаря отказоустойчивости и масштабируемости серверов, разделения данных, большое количество людей может работать одновременно.

Наличие инфраструктуры сервиса, позволяющей развертывать приложения «1С:Предприятия 8» в модели SaaS, когда поставщик разрабатывает и самостоятельно управляет прикладным решением, предоставляя потребителю доступ через интернет. Такая бизнес-модель избавляет потребителя от всех затрат, связанных с установкой, обновлением и поддержкой оборудования и программного обеспечения, потребитель оплачивает лишь пользование услугой [1].

Использование Искусственного Интеллекта

Для эффективности в бухгалтерском учете на крупных предприятиях используется искусственный интеллект (ИИ). Специалисты бухгалтерского учета теперь могут сосредоточиться на более стратегических обязанностях, автоматизируя повторяющиеся процессы, такие как ввод данных, бухгалтерский учет и подготовка финансовой отчетности, с использованием алгоритмов искусственного интеллекта.

С помощью ИИ, предприятия могут контролировать финансовые процессы, предотвращать мошенничество, что позволяет бухгалтерам решать проблемы, до того, как они станут серьезными, и менять стратегию. ИИ также может помочь в соблюдении нормативных требований, управлении рисками и аудите, предлагая мониторинг в реальном времени и анализ финансовых данных. Ожидается, что будущие разработки в области искусственного интеллекта (ИИ) в бухгалтерском учете будут гораздо более творческими [2].

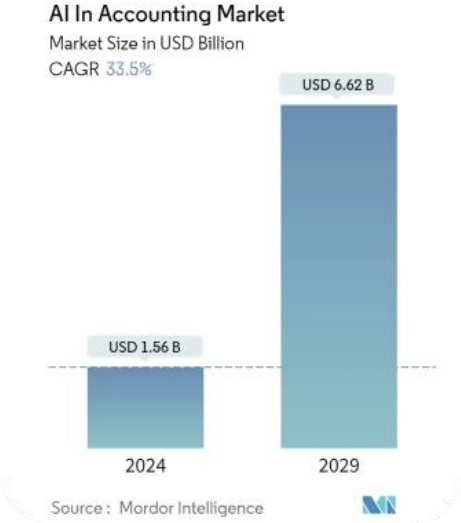


Рис. 2. Рост использования ИИ в бухгалтерском учете

С помощью искуственного интеллекта была создана технология распознавания документов. Можно загрузить отсканированные документы и программа переведет в нужный формат. Это очень полезная технология, т.к. сокращает время механической работы по вводу первичных документов в 5-10 раз и позволяет избегать ошибок при вводе.

Была разработана система взаимодействия, которая позволяет обмениваться документами, файлами, организовывать видеозвонки. С помощью системы взаимодействия можно создавать чат-боты и автоматические ассистенты, облегчающие работу с приложениями, информировать пользователей о событиях, произошедших в приложении и т. п. Система взаимодействия может интегрироваться с мессенджерами и социальными сетями [1].

Роботизация

Роботизация широко внедряется в обработку бухгалтерских операций, включая подготовку реестров. Технология цифровых двойников создает "живой актив", который автоматически формирует первичные документы хозяйственных операций с помощью датчиков. Цифровизация операций с регистрами учетной системы реализуется через роботизацию учетных функций, где программы-роботы эмулируют деятельность человека, используя интерфейсы пользователя.

Эти программы интегрируются практически с любой системой или приложением, освобождая работников от рутины и значительно повышая производительность труда.

Блокчейн

Блокчейн представляет собой цифровую бухгалтерскую книгу, предназначенную для записи транзакций, проводимых различными сторонами в сети. Все участники, использующие общую базу данных, являются "узлами", соединенными с блокчейном. Преимущество технологии блокчейн заключается в ее способности блокировать мошенничество и оптимизировать процессы учета и аудита при более высокой доходности [3].

Потоковый SQL.

Потоковый SQL - это специально разработанное подмножество языка SQL для обработки данных в режиме реального времени. Этот подход ориентирован на обработку данных, поступающих в виде потока, и включает в себя операции над потоками данных, такие как фильтрация, группировка и агрегация в реальном времени. Технология потокового SQL находит широкое применение в различных отраслях, таких как банковское дело, финансовый сектор и логистика, обеспечивая обработку данных с минимальной задержкой и анализ в реальном времени.

Вывод.

На текущем этапе развития цифровых технологий происходит активная разработка и адаптация цифровых продуктов и сервисов для широкого спектра прикладных задач. Интеграция таких технологий, как блокчейн, роботизация и цифровые двойники, в учетные программы, включая популярные решения, например, 1С, обещает усиление уровня автоматизации, повышение надежности данных и создание новых возможностей для анализа и управления.

Перспективы массового внедрения этих инноваций зависят от готовности организаций не только изменить свою технологическую базу, но также пересмотреть бизнес-процессы и преобразить культуру работы с данными. Это требует не только инвестиций в технологии, но и пересмотра корпоративных стратегий, внедрения новых подходов к управлению и обучения персонала.

При правильной стратегии и сознательном подходе к цифровой трансформации, организации могут ожидать значительных выгод в виде повышенной эффективности, улучшенной точности и прогностической способности, а также увеличенной конкурентоспособности на рынке. Стремление к инновациям и гибкость в адаптации новых технологий становятся ключевыми факторами успеха в современном цифровом мире.

Библиография:

[1] „Архитектура платформы 1С: Предприятие (версия 8.3.25)” [Online]. Available: https://v8.1c.ru/platforma/;
[2] „AI In Accounting Market Size Source” [Online]. Available: https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/artificial-intelligence-in-accounting-market;
[3] Бухгалтерский учет в XXI веке: монография / под ред. Ю.Н. Гузова. В.В. Ковалева, О.Л. Маргания. — СПб.: Скифия-принт, 2021. – 250 с.

PostgreSQL

Garic KARAPETYAN

Департамент Программной Инженерии и Автоматики, группа TI-202FR,
Факультет Вычислительной Техники, Информатики и Микроэлектроники,
Технический Университет Молдовы, Кишинев, Республика Молдова

Автор корреспондент: Garic KARAPETYAN, e-mail garic.karapetyan@isa.utm.md

Научный руководитель: **Дориан САРАНЧУК**, преподаватель

Аннотация. *В статье рассматривается система управления базами данных PostgreSQL - объектно-реляционная СУБД, ставшая одним из наиболее популярных решений в мире баз данных с открытым исходным кодом. В качестве основных особенностей PostgreSQL описан богатый набор встроенных и расширенных типов данных и надежная система управления транзакциями, которая обеспечивает атомарность, согласованность, изолированность и долговечность (ACID-свойства), тем самым обеспечивая целостность данных при выполняются операции как одна неразрывная единица. Приведены примеры применения PostgreSQL в различных крупных проектах (Instagram, Netflix, Apple (iTunes), а так же в других областях (финансовые учреждения, медицинская сфера, телекоммуникации, образование, электронная коммерция). Как преимущества PostgreSQL перечислены расширяемость, безопасность, поддержка сложных запросов, аналитические функции, открытая лицензия, активное сообщество.*

Ключевые слова: *СУБД, PostgreSQL, объектно-реляционная, типы данных, расширяемость, безопасность, аналитика.*

Введение

PostgreSQL представляет собой мощную систему управления реляционными базами данных (СУБД), ставшую одним из наиболее популярных решений в мире баз данных с открытым исходным кодом. PostgreSQL является объектно-реляционной СУБД, которая активно разрабатывается и поддерживается мировым сообществом разработчиков.

История PostgreSQL берет свое начало в университете Калифорнии в Беркли, где в 1986 году начались работы над системой Ingres. Этот проект привел к созданию PostgreSQL в 1996 году, как ответ на необходимость создания более мощной и расширяемой СУБД с открытым исходным кодом. С тех пор PostgreSQL активно развивается, проходя через множество версий и расширений.

Существует несколько ключевых факторов, обеспечивших популярность PostgreSQL. Во-первых, его мощные реляционные возможности и поддержка сложных запросов делают его привлекательным выбором для профессиональных приложений и крупных систем. Во-вторых, открытый исходный код способствует разнообразию внесения улучшений и коррекций, что делает PostgreSQL гибким и обновляемым. Все эти факторы в сочетании с активным сообществом разработчиков и открытым характером PostgreSQL сделали эту СУБД востребованной и широко используемой как в крупных организациях, так и в стартапах и небольших проектах.

1. Основные особенности PostgreSQL

PostgreSQL рис. 1 предоставляет богатый набор встроенных и расширенных типов данных для эффективного хранения и обработки информации. Поддерживает большой набор встроенных типов данных такие как: Целочисленные типы, Вещественные типы, Текстовые типы, Даты и времена, Булев тип и Другие встроенные типы. PostgreSQL

предоставляет надежную систему управления транзакциями, которая обеспечивает атомарность, согласованность, изолированность и долговечность (ACID-свойства). Это означает, что операции выполняются как одна неразрывная единица, обеспечивая целостность данных.



Рисунок 1 PostgreSQL

2. Язык запросов SQL в PostgreSQL

Поддерживается стандартный язык запросов SQL с расширенными возможностями. Некоторые из основных возможностей включают:

- Операторы SELECT, INSERT, UPDATE и DELETE: PostgreSQL предоставляет стандартные операторы для выполнения основных CRUD-операций (Create, Read, Update, Delete) над данными в таблицах.
- Операторы JOIN: Возможность объединения данных из нескольких таблиц с использованием различных типов соединений, таких как INNER JOIN, LEFT JOIN и RIGHT JOIN.
- Условные операторы: Использование условий WHERE для фильтрации данных, а также операторов GROUP BY и HAVING для группировки и фильтрации результатов запросов.
- Сортировка и ограничение: Возможность сортировки данных с использованием оператора ORDER BY и ограничение числа строк с помощью оператора LIMIT.
- Подзапросы: Возможность включения запросов внутри других запросов для выполнения сложных операций.

Расширенные возможности запросов и аналитические функции:

- Оконные функции: Введение аналитических (оконных) функций, позволяющих выполнять вычисления над группами строк, определенными окном, без изменения общего порядка строк.
- CTE (Common Table Expressions): Возможность создания временных результатов запросов, используя синтаксис WITH, что делает запросы более читаемыми и модульными.
- Массивы и JSON: Возможность хранения и обработки массивов и данных в формате JSON, а также использование специфических функций для работы с этими типами данных.
- Хранимые процедуры и функции: Возможность создания пользовательских функций и процедур на языке PL/pgSQL для более сложных вычислений и обработки данных.
- Индексы и оптимизация запросов: В PostgreSQL реализованы различные виды индексов и механизмы оптимизации запросов для повышения производительности базы данных.

Эти возможности делают PostgreSQL мощным инструментом для работы с данными, поддерживая как стандартные SQL-операции, так и более сложные аналитические задачи.

3. Примеры применения PostgreSQL

- Instagram: Одной из самых популярных социальных сетей в мире использует PostgreSQL для хранения данных, таких как профили пользователей, фотографии и комментарии.
- Netflix: Ведущий сервис потокового видео использует PostgreSQL в своей системе управления контентом для хранения метаданных о фильмах и сериалах.
- Apple: PostgreSQL применяется в различных проектах Apple, таких как iTunes, для хранения и управления данными.

Опыт успешной реализации PostgreSQL в следующих областях:

- Финансовые учреждения:
- Медицинская сфера:
- Телекоммуникация
- Образование:
- Электронная коммерция:

PostgreSQL обладает следующими преимуществами:

- Расширяемость: Гибкая архитектура и поддержка расширений делают PostgreSQL прекрасным выбором для проектов с различными требованиями.
- Безопасность: Встроенные механизмы безопасности и поддержка SSL обеспечивают надежную защиту данных.
- Поддержка сложных запросов: Расширенные возможности SQL и аналитические функции делают PostgreSQL мощным инструментом для обработки данных.
- Открытая лицензия: PostgreSQL распространяется под открытой лицензией, что делает его доступным и свободным для использования.
- Активное сообщество: Активное сообщество разработчиков обеспечивает постоянное развитие и поддержку.

Заключение:

PostgreSQL представляет собой мощную и гибкую систему управления базами данных, которая завоевала популярность благодаря своей открытой природе, богатым возможностям и активному сообществу разработчиков, а также продолжает привлекать внимание сообщества и компаний, оставаясь одним из ведущих выборов для создания и управления базами данных. Сочетание свободы использования, гибкости и мощных функциональных возможностей делают его незаменимым инструментом в мире современных баз данных.

Список использованных источников

[1] „Документация PostgreSQL” [Online]. Available: https://www.postgresql.org/docs/
[2] PostgreSQL: Введение и концепции, Брюс Момджиан.
[3] „PostgreSQL против других систем управления базами данных – сравнение” [Online]. Available: https://www.enterprisedb.com/blog/postgresql-vs-other-database-systems-comparison
[4] „Учебник PostgreSQL от TutorialsPoint” [Online]. Available: https://www.tutorialspoint.com/postgresql/index.htm
[5] „PostgreSQL” [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/PostgreSQL
[6] „PostgreSQL: мощная, открытая объектно-реляционная система управления базами данных” [Online]. Available: https://opensource.com/resources/postgresql

РОЛЬ БАЗ ДАННЫХ В ИНТЕРНЕТЕ ВЕЩЕЙ (IOT) И ИХ АРХИТЕКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

Инна ПУГАЧЁВА

Технический университет Молдовы, ФВТИМ
Группа TI-218, Кишинёв, Республика Молдова

Автор корреспондент: Инна Пугачёва, inna.pugaciova@isa.utm.md

Научный координатор: **Дориан САРАНЧУК**

Аннотация. *Развитие Интернета вещей (IoT) привело к взрывному росту данных, собираемых и обрабатываемых устройствами. Этот рост требует эффективных баз данных, способных обеспечить масштабируемость, высокую производительность и безопасность. В данной статье представлены характеристики данных IoT, требования к базам данных для их хранения, а также архитектурные особенности, включая подходы к централизации и распределению данных.*

Ключевые слова: *архитектура данных, IoT, обработка данных, безопасность, масштабируемость.*

Введение

Интернет вещей (Internet of Things - IoT) становится все более и более важным компонентом современных технологий. Объем данных, собираемых и передаваемых, резко увеличился с увеличением количества подключенных устройств IoT. Тем не менее, эта революция в технологиях вызвала ряд проблем, особенно в отношении управления, хранения и обработки больших объемов данных.

Поскольку базы данных служат основой для хранения, организации и анализа данных, созданных устройствами Интернета вещей, они стали важной частью этих технологий. Базы данных в этой области должны быть способны обрабатывать огромные объемы информации, обеспечивать высокую скорость передачи данных и высокий уровень безопасности.

В этой статье будет рассмотрено, какие функции выполняют базы данных в экосистеме Интернета вещей, а также их архитектуру, проследив, какие технические и концептуальные элементы необходимо учитывать при разработке и использовании баз данных для обработки данных Интернета вещей.

Особенности данных в Интернете вещей

В настоящее время сфера Интернета вещей производит множество разнообразных типов данных, отличающихся от традиционных типов, которые используют традиционные информационные системы. На Рис. 1 представлены характеристики данных IoT, которые помогают лучше понять задачи, необходимые реализовать в базах данных для максимально успешного использования.

Исходя из Рис.1, можно сделать вывод, что базы данных сталкиваются с новыми проблемами по сбору данных, с таких устройств, как сенсорные данные, видеопотоки, текстовая информация. Примеры данных IoT варьируются от сенсорных измерений температуры и влажности, получаемых с умных термостатов и датчиков погоды, до видеонаблюдения на умных устройствах безопасности или медицинских изображений с медицинских устройств IoT [1]. Для решения этих проблем необходимы новые методы хранения, обработки и анализа данных. Когда речь идет об архитектуре баз данных в сфере Интернета вещей, обработка потоков данных в режиме реального времени и обеспечение целостности данных являются важными задачами.

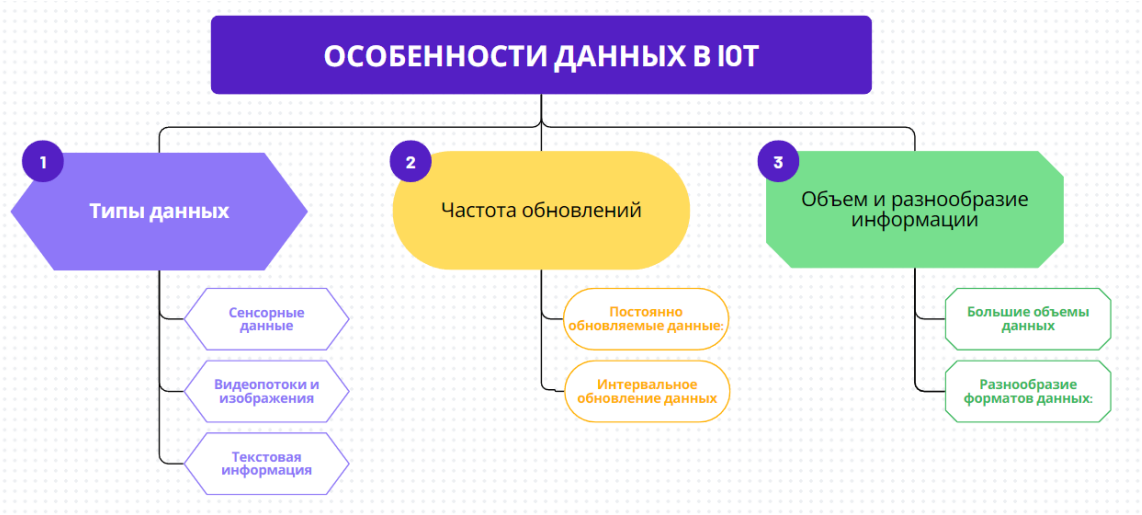


Рисунок 1. Особенности данных Интернета Вещей

Требования к базам данных IoT

Как было указано выше, из-за появления новых особенностей данных в контексте Интернета вещей требования к самим базам данных увеличиваются. Требования зависит также от характеристик устройств IoT и требований бизнес-процессов. Ниже представлены основные требования к базам данных IoT:

1. Высокая скорость и производительность обработки данных: Устройства Internet of Things создают данные в режиме реального времени. Таким образом, база данных должна быть способна обрабатывать большие объемы данных с высокой скоростью записи и чтения, чтобы обеспечить быстрый доступ к информации.
2. Расширяемость: База данных Internet of Things должна быть масштабируемой, гибкой и способной обрабатывать все большее количество информации и увеличивать свою емкость без снижения производительности. Это необходимо для удовлетворения потребностей развивающихся систем Интернета вещей.
3. Низкая задержка и отказоустойчивость: База данных должна обеспечивать минимальную задержку при обработке данных. Кроме того, система должна быть отказоустойчивой, чтобы в случае сбоев или неполадок в сети данные не потерялись.
4. Поддержка многочисленных типов данных: Текст, видео, изображения, сенсорные измерения и другие форматы данных могут быть созданы устройствами Internet of Things. База данных должна быть способна хранить и обрабатывать этот широкий спектр данных.
5. Надежность данных: Системы Internet of Things должны обеспечивать безопасность своих данных. База данных должна быть защищена от утечки и несанкционированного доступа с помощью таких мер безопасности, как надежное шифрование, контроль доступа и аутентификация.
6. Поддержка для многочисленных одновременных соединений: Поскольку устройства IoT часто отправляют данные одновременно, база данных должна поддерживать большое количество одновременных соединений, чтобы обеспечить эффективную работу системы.
7. Актуальность баз данных в IoT можно увидеть, например, в умном городе, где тысячи устройств (датчики освещения, мусорные контейнеры и камеры видеонаблюдения) постоянно отправляют данные о своем состоянии и об окружающей среде. Эти данные требуют высокой скорости обработки, масштабируемости, чтобы поддерживать рост города и безопасности, чтобы никто не мог получить доступ к системе управления.

Архитектура баз данных IoT

Архитектура баз данных Интернета вещей имеет решающее значение для эффективного хранения, обработки и управления большим количеством данных, полученных с различных устройств. Централизованные системы, распределенные архитектуры, технологии Edge computing и облачные решения — все это варианты архитектуры баз данных Internet of Things. Ниже каждая система будет рассмотрена более подробно.

Централизованная база данных хранится в памяти одной вычислительной машины. Если эта вычислительная машина включена в сеть ЭВМ, то возможен доступ к этой базе данных пользователям различных компьютеров в данной сети. Именно локальные сети персональных ЭВМ обычно используют этот подход к использованию баз данных [2]. На Рис. 2 схематично представлен этот подход.



Рисунок 2. Централизованная система базы данных

Плюсы такой системы: централизованные базы данных хранят все данные Интернета вещей в одном месте, что упрощает управление и обеспечивает централизованный доступ. Недостатки же довольно критичны: масштабируемость ограничена и склонна к ошибкам. Они недостаточно отказоустойчивы для больших сетей Интернета вещей или не способны обрабатывать большие объемы данных, поэтому чаще всего такие системы подходят для персонального использования, например, в умных домах.

Появление сетей ЭВМ позволило создавать и распределять базы данных как централизованные, так и распределенные. Распределенная база данных состоит из нескольких, которые могут пересекаться друг с другом или даже из частей, хранимых в вычислительных сетях различных компьютеров, дублирующих друг друга. Тем не менее, пользователь распределенной базы данных воспринимает базу данных как единое целое, не зная, как ее части размещены в узлах сети [3].

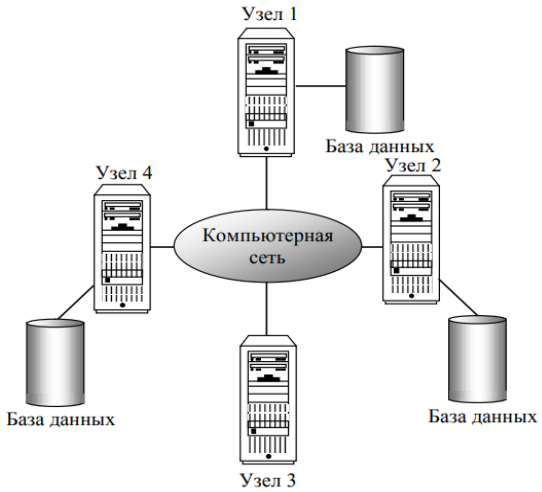


Рисунок 3. Архитектура распределенной базы данных

Распределенные системы позволяют хранить данные ближе к источникам их генерации, что снижает задержки при доступе и обеспечивает более высокую отказоустойчивость, но, к сожалению, управление и синхронизация данных между различными узлами сложны. Для обеспечения согласованности данных требуются более сложные алгоритмы.

Следующая архитектура на данный момент является очень популярной в мире- Edge computing. В контексте Интернета вещей модель обработки и анализа данных, называемая Edge computing, реализуется на уровне устройств ближе к источнику сбора данных, а не в облачных центрах обработки. Как видно из Рис. 4, концепция Edge computing возникает из необходимости обрабатывать данные ближе к месту их генерации, что позволяет снизить задержки в передаче информации, уменьшить нагрузку на сеть и повысить отзывчивость системы. Из минусов такого подхода можно выделить ограниченные вычислительные ресурсы устройств Edge, что может ограничивать возможности обработки и анализа данных.

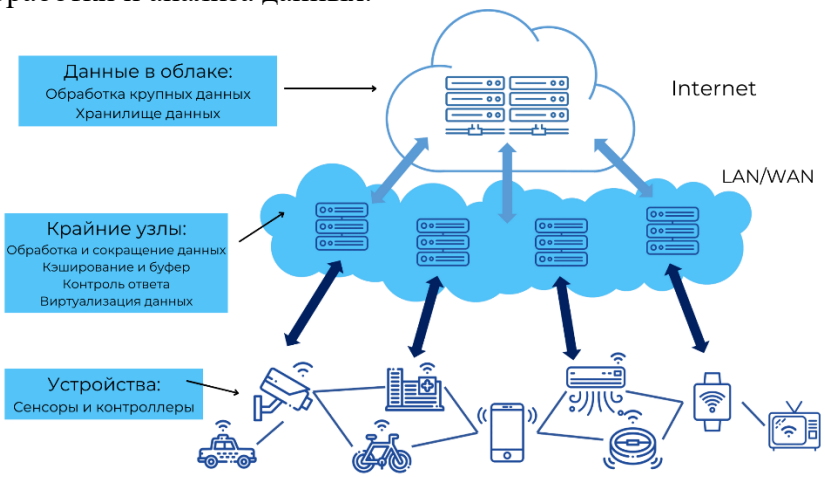


Рисунок 4. Архитектура базы данных Edge computing

Последний, но не менее важный подход к базам данных IoT – это облачные технологии. База данных, развертываемая в облачной среде, а не в локальной, называется облачной базой данных. Облачные решения предоставляют гибкость, масштабируемость и высокую доступность данных. Минусом может послужить зависимость от сети интернета для доступа к данным [4]. Архитектура представлена на Рис. 5.

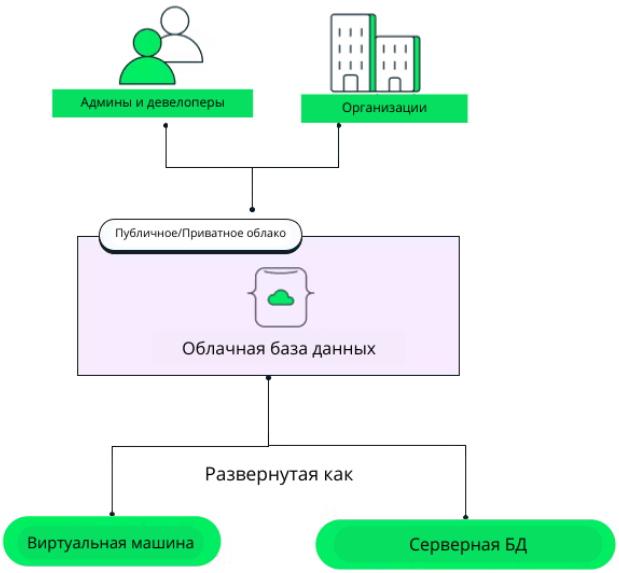


Рисунок 5. Архитектура Cloud базы данных

Примеры применения баз данных в IoT

Применение баз данных в Интернете вещей (IoT) имеет решающее значение для многих отраслей, поскольку оно позволяет собирать, хранить, анализировать и использовать данные для оптимизации процессов. Например, в сфере здравоохранения медицинские устройства IoT, такие как датчики и мониторы здоровья записывают пульс, давление, сахар в крови и другие параметры. Медицинские данные пациентов хранятся в базах данных и анализируются для обеспечения точной диагностики и индивидуальных медицинских услуг. Также, промышленные системы Интернета вещей обеспечивают мониторинг состояния оборудования, прогнозирование отказов и улучшение производственных процессов. Базы данных собирают и анализируют данные, полученные с датчиков. Это позволяет оптимизировать обслуживание, повышать эффективность производства и предотвращать сбои. На Рис. 6 представлен весь спектр применения баз данных в IoT [5].

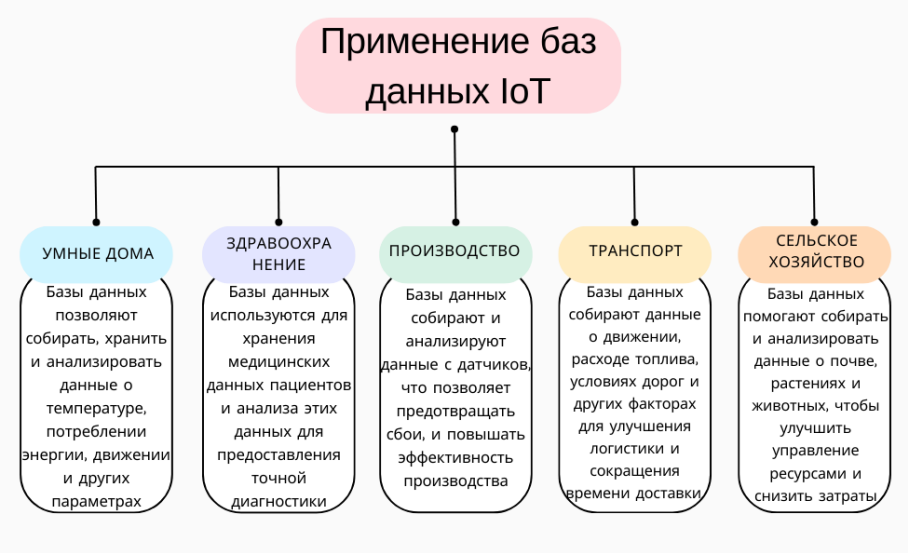


Рисунок 6. Применение баз данных IoT

Выводы

Благодаря тому, что Интернет вещей (IoT) является важным компонентом современного технологического прогресса, сбор и обработка данных с множества устройств позволяет улучшить производительность, улучшить качество жизни людей и оптимизировать бизнес-процессы в различных отраслях. В Интернете вещей базы данных играют жизненно важную роль, поскольку они обеспечивают основу для хранения, управления и анализа огромных объемов данных, собираемых устройствами.

Когда рассматриваются требования к базам данных IoT, становится очевидным, насколько важны высокая производительность, масштабируемость, безопасность и поддержка широкого спектра типов данных. Принимая во внимание особенности каждой отрасли и потребности конкретных приложений, выбор архитектурного подхода к базам данных становится очевидным.

Применение баз данных в различных секторах Интернета вещей, таких как умный дом, здравоохранение, производство, транспорт и сельское хозяйство, подчеркивает важность сбора, анализа и использования данных для принятия решений на основе фактов.

Таким образом, для развития и эффективного использования IoT в современном мире необходимо понимать роль баз данных, подчеркивая необходимость постоянного развития и улучшения архитектурных и технологических решений в этой области.

Библиография

[1] J.HOLDOWSKY, M. MAHTO, M. E. RAYNOR, M. COTTELEER. *Inside the Internet of Things (IoT).* Deloitte Development LLC, 2015.

[2] ПИРОГОВ Владислав Юрьевич, Новые технологии в области баз данных. In: *Информационные системы и базы ланных: организация и проектирование: учеб. пособие. — СПб.: БХВ-Петербург, 2009*, pp. 485-498.

[3] [CoderLessons: *Распределенная СУБД – Среды баз данных*. 2011, 10, pp. 178- 182. [online] [accesat 02.01.2024]. Disponibil: https://coderlessons.com/tutorials/akademicheskii/izuchite-raspredelennuiu-subd/raspredelennaia-subd-sredy-baz-dannykh

[4] Mongodb: What is a Cloud Database? [online] [accesat 08.01.2024]. Disponibil: https://www.mongodb.com/cloud-database

[5] J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic and M. Palaniswami. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. In: Future Generation Computer Systems, Volume 29, Issue 7, September 2013, Pages 1645-1660. [online] [accesat 08.01.2024]. Disponibil: https://www.science.smith.edu/~jcardell/Courses/EGR328/Readings/IoT%20Vision.pdf

PERFORMANȚA BAZELOR DE DATE: SQL VS NOSQL

Eutalia PISTRUI

Departamentul Ingineria Software și Automatică, grupa TI-215, Facultatea CIM,
Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

Autorul corespondent: Eutalia Pistrui, eutalia.pistrui@isa.utm.md

Îndrumător/coordonator științific: **Dorian SARANCIUC**, lector universitar,
Departamentul Ingineria Software și Automatică

Rezumat. *Datorită progreselor din tehnologia informației din ultimele decenii organizațiile au înregistrat o creștere semnificativă a cantității de date pe care le generează și le gestionează. Un aspect semnificativ al acestei evoluții este selectarea și utilizarea adecvată a bazei de date pentru a garanta stocarea, gestionarea și recuperarea eficientă a datelor. Bazele de date SQL, care acordă prioritate consistenței și integrității sunt potrivite pentru aplicațiile cu cerințe exigente de gestionare a datelor. Cu toate acestea, bazele de date NoSQL, care acordă prioritate scalabilității și disponibilității, sunt cele mai bune alegeri pentru scenariile care necesită gestionarea eficientă a volumelor mari de date, fiind, de asemenea, flexibile la schimbările frecvente ale structurii informațiilor. În acest context, articolul analizează și compară performanțele între bazele de date SQL și cele NoSQL, evidențiind diferențele semnificative în structură, modelul de date, operațiile CRUD, scalabilitate, disponibilitate, consistență și toleranța la partiționare.*

Cuvinte cheie: *baze de date SQL (Structured Query Language), baze de date NoSQL(Not Only SQL), scalabilitate, operațiile CRUD (Create, Read, Update, Delete), structură, model de date, performanțe.*

Introducere

Pe măsură ce cantitatea de date generate în era digitală crește exponențial, organizațiile au fost nevoite să selecteze sistemul de gestionare a bazelor de date potrivit pentru a asigura o funcționare eficientă și flexibilitate operațională. Acest proces de selecție devine mai complex odată cu diversificarea ofertei de baze de date, cu un accent deosebit pe două categorii majore: bazele de date SQL și cele NoSQL.

Sistemele de gestionare a datelor au depins pe scară largă de bazele de date SQL, care utilizează un model relațional bine definit, caracterizat de tabele structurate și un limbaj standardizat de interogare. Cu toate acestea, odată cu progresul tehnologic și diversificarea datelor, au apărut soluțiile NoSQL, care pun accentul pe flexibilitate și scalabilitate. Acestea se adaptează mai eficient la cerințele aplicațiilor moderne, reprezentând o alternativă semnificativă în contextul evoluției continuă a tehnologiei. În acest context, prezentul articol își propune să ofere o analiză detaliată a diferențelor dintre cele două tipuri de baze de date, cu accent pe aspecte precum structura și modelul de date, performanța în operațiunile CRUD, scalabilitatea, disponibilitatea și adaptabilitatea la situații de partiționare.

Structura și modelul de date

Bazele de date SQL, cunoscute pentru modelul lor relațional, adoptă o structură clar definită în care datele sunt organizate în tabele cu coloane predefinite și relații între ele. Această structură strictă oferă beneficii în ceea ce privește consistența datelor și capacitatea de a efectua operațiuni complexe de interogare.

Pe de altă parte, bazele de date NoSQL ne fiind relaționale, nu stochează exclusiv date în rânduri și tabele, având o abordare mai flexibilă. Acestea permit utilizarea unor modele de date variate:

- documente (Document-oriented databases) - care utilizează documente pentru a ține și a codifica datele în formate standard, inclusiv XML (eXtensible Markup Language), YAML (YAML Ain't Markup Language), JSON (JavaScript Object Notation) și BSON (Binary JSON).
- chei-valoare (Key-Value stores) - care utilizează un array asociativ (cunoscut și sub numele de dicționar sau hartă) ca model de date, acest model reprezintă datele ca o colecție de perechi cheie-valoare.
- coloane (Column-family stores) - unde datele sunt stocate în celule grupate într-un număr virtual nelimitat de coloane în loc de rânduri.
- grafuri (Graph databases) - care reprezintă datele pe un grafic care arată cum diferite seturi de date se relaționează între ele, Neo4j, RedisGraph (un modul grafic încorporat în Redis) și OrientDB sunt exemple de baze de date grafice [1].

Această flexibilitate permite dezvoltatorilor să modeleze datele în funcție de cerințe specifice ale aplicației, eliminând restricțiile impuse de structura tabelară.

Comparativ cu bazele de date SQL, care pot impune o anumită rigiditate în structura datelor, bazele de date NoSQL se remarcă prin abilitatea de a se adapta rapid la modificările în modelele de date, oferind un grad mai înalt de libertate dezvoltatorilor în procesul de proiectare a schemelor.

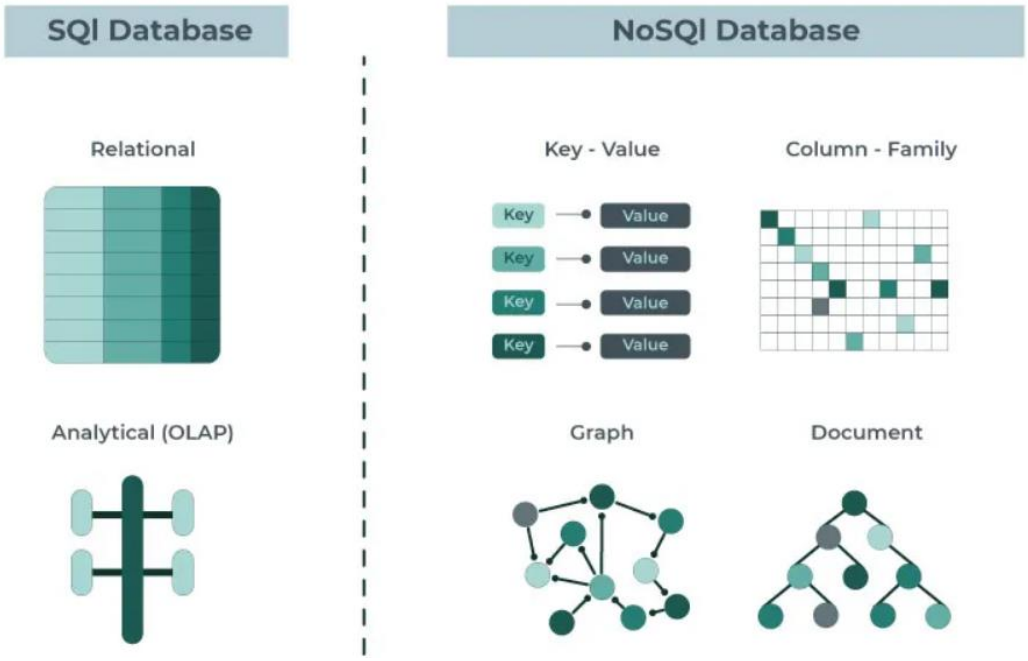


Figura1. Structura datelor SQL vs NoSQL [2]

Performanța în operațiunile CRUD

Operațiile CRUD reprezintă o funcționalitate fundamentală a oricărui sistem de gestionare a bazelor de date și sunt criterii substanțiale pentru compararea performanței bazelor de date SQL și NoSQL.

Bazele de date SQL excelează la operațiuni de citire datorită structurii lor relaționale. Interogările complexe pot fi efectuate eficient, iar optimizarea interogărilor asigură o recuperare rapidă a datelor. Cu toate acestea, atunci când se efectuează operațiuni de scriere precum Crearea și Actualizarea, bazele de date SQL pot întâmpina unele dificultăți. Implementarea modificărilor în bazele de date SQL necesită adesea actualizări asincrone de index și verificări ale integrității referențiale, care pot afecta performanța în scenarii cu volum mare.

În schimb, bazele de date NoSQL se remarcă în ceea ce privește performanța operațiunilor de scriere, în special Create și Update. Cu o abordare flexibilă și structuri de date mai simple, acestea pot gestiona eficient un volum mare de inserări și actualizări simultane. Bazele de date NoSQL precum MongoDB sau Cassandra folosesc frecvent tehnici precum partiționarea și replicarea pentru a asigura o distribuție uniformă a încărcării și pentru a îmbunătăți performanța de scriere [3].

Este important de subliniat faptul că eficacitatea operațiunilor CRUD poate fluctua în funcție de contextul de utilizare. În cazurile în care aplicația se concentrează în principal pe extragerea de informații, o bază de date SQL poate fi alegerea potrivită. În schimb, pentru aplicațiile care vizează scrieri și actualizări frecvente, bazele de date NoSQL pot oferi avantaje semnificative de performanță.

Consistență și toleranța la partiționare

Bazele de date SQL au tendința de a pune un accent mai mare pe consistență, deoarece aderă la principiul ACID (Atomicity, Consistency, Isolation, Durability). Consecvența asigură că toate nodurile sau serverele din sistem împărtășesc o perspectivă unificată și consecventă a datelor la un moment dat. Cu toate acestea, această abordare poate implica așteptarea confirmării actualizărilor de la toate nodurile, ceea ce poate afecta performanța, în special în mediile distribuite. Toleranța la partiții este adesea o problemă delicată pentru bazele de date SQL. În cazul unei partiții, în care comunicarea între noduri sau servere este întreruptă, sistemele distribuite trebuie să ia decizii cu privire la modul de a naviga în această situație fără a compromite consistența.

Bazele de date NoSQL sunt renumite pentru capacitatea lor de a oferi o mai mare flexibilitate atunci când vine vorba de echilibrarea consistenței, disponibilității și toleranței partițiilor. Acest lucru este în conformitate cu principiile prezentate de Teorema CAP. Aceste baze de date pun de obicei un accent mai mare pe asigurarea disponibilității și toleranței partițiilor, ceea ce le permite să continue să funcționeze chiar dacă există posibile întreruperi în comunicarea între diferite noduri.

Alegerea dintre bazele de date SQL și cele NoSQL în ceea ce privește consistența și toleranța la partiționare depinde în mare măsură de natura aplicației. Dacă o consistență strictă este esențială și sistemul se desfășoară într-un mediu cu o conectivitate stabilă între noduri, o bază de date SQL poate fi preferată. În schimb, dacă aplicația poate tolera o consistență eventuală și are nevoie de o reziliență sporită în condiții de partiționare, o bază de date NoSQL ar putea fi o alegere mai potrivită.

Scalabilitate și disponibilitate

Scalabilitatea și disponibilitatea sunt două caracteristici fundamentale în arhitectura sistemului de baze de date, iar diferențele dintre bazele de date SQL și NoSQL devin evidente în aceste aspecte.

Bazele de date SQL adoptă frecvent o arhitectură monolitică, ceea ce poate face procedura de scalare orizontală mai complicată. Scalare orizontală reprezintă adăugarea de noi noduri sau servere pentru a dispersa volumul de lucru și a extinde capacitatea sistemului. În cazul bazelor de date relaționale, acest curs de acțiune poate fi complicat din cauza gestionării asocierilor dintre tabele și a menținerii coerenței în datele distribuite. Manipularea informațiilor sensibile și serviciile financiare sunt domenii în care bazele de date SQL sunt foarte apreciate datorită proprietăților lor de înaltă consistență și integritate a datelor.

Bazele de date NoSQL sunt concepute pentru a oferi o scalabilitate orizontală mai ușoară. Aceste baze de date folosesc adesea modele de date distribuite care pot gestiona eficient cantități mari de date prin adăugarea de noduri sau clustere. Replicarea și sharding sunt tehnici comune pentru creșterea capacității de stocare și îmbunătățirea performanței. Ceea ce ține de disponibilitate, bazele de date NoSQL sunt construite pentru a face față defecțiunilor hardware sau ale unui singur nod. Acestea oferă disponibilitate continuă chiar și în cazul în care o parte a sistemului se defectează.

Alegerea dintre bazele de date SQL și NoSQL în ceea ce privește scalabilitatea și disponibilitatea depinde de cerințele specifice ale aplicației. Dacă o aplicație necesită scalabilitate ușoară și poate accepta o eventuală consistență, o bază de date NoSQL poate fi o alegere potrivită. În schimb, dacă consistența și integritatea datelor sunt o prioritate, iar cerințele de scalabilitate sunt mai mici, o bază de date SQL poate fi mai potrivită.

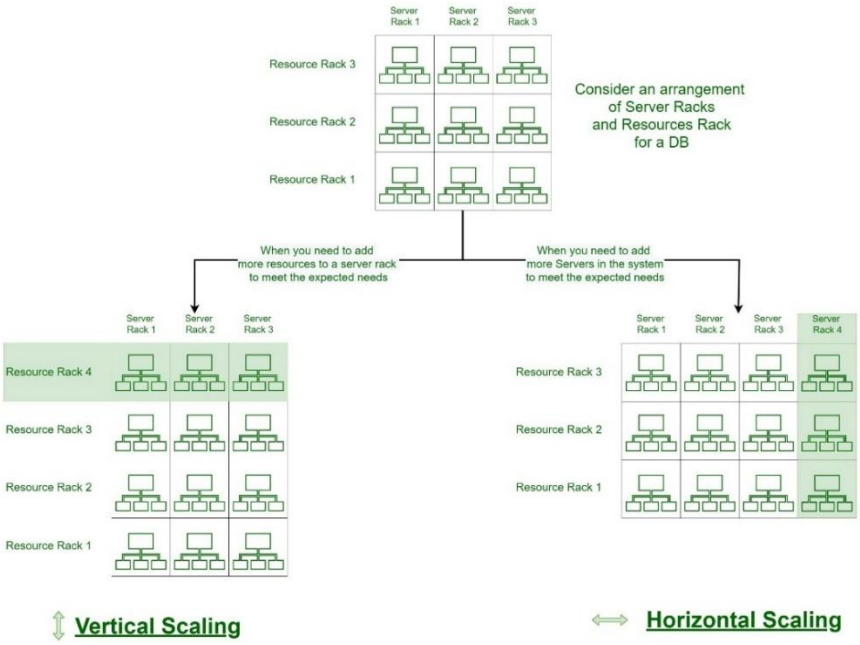


Figura 2. Scalabilitate verticală și orizontală [4]

Concluzii

După o analiză aprofundată a performanței dintre bazele de date SQL și NoSQL, devine evident faptul că alegerea dintre cele două depinde în mare măsură de cerințele specifice ale aplicației și ale contextului de implementare. Fiecare dintre aceste abordări are beneficii și compromisuri distincte, iar decizia finală trebuie luată pe baza priorităților specifice ale proiectului. Bazele de date SQL sunt o soluție de încredere pentru tratarea domeniilor sensibile la date datorită consistenței și integrității lor. În schimb, bazele de date NoSQL se concentrează pe scalabilitate și disponibilitate, fiind cele mai potrivite pentru aplicațiile care necesită flexibilitate în manipularea unor cantități mari de date.

Bibliografie:

[1] Explore key differences between SQL and NoSQL databases and learn which type of database is best for various use cases. [online] [accesat 14.01.2024]. Disponibil: https://www.ibm.com/blog/sql-vs-nosql/

[2] When To Use SQL Databases Vs. NoSQL Databases: Making The Right Decision. [online] [accesat 14.01.2024]. Disponibil: https://expeed.com/when-to-use-sql-databases-vs-nosql-databases-making-the-right-decision/

[3] Pros and Cons of Using SQL vs NoSQL Databases [online] [accesat 14.01.2024]. Disponibil: https://www.codingninjas.com/studio/library/pros-and-cons-of-using-sql-vs-nosql-databases

[4] Horizontal and Vertical Scaling In Databases [online] [accesat 14.01.2024]. Disponibil: https://www.geeksforgeeks.org/horizontal-and-vertical-scaling-in-databases/

APACHE AIRFLOW: CADRU DE GESTIONARE A FLUXURILOR DE LUCRU

Andreea BAGRIN

Departamentul Ingineria Software și Automatică, grupa TI-216, Facultatea Calculatoare Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

Autorul corespondent: Andreea Bagrin, andreea.bagrin@isa.utm.md

Coordonator științific: **Dorian SARANCIUC**, lector universitar, Departamentul ISA

Rezumat. *Apache Airflow reprezintă un framework open-source de orchestrare a fluxurilor de lucru în mediul de date, dezvoltat inițial de Airbnb și ulterior donat Apache Software Foundation. Acest articol explorează conceptele cheie ale Apache Airflow, cum ar fi Grafurile Aciclice Direcționate (DAGs), Operatorii și Schedulerul, evidențiind arhitectura sa modulară și componente esențiale precum Metadata Database și Web Server. Se discută extensibilitatea și integrarea Airflow cu ecosistemul Big Data, evidențiind utilizarea Hooks și Operatorilor personalizate. Comunitatea activă și documentația detaliată sunt prezentate ca resurse valoroase pentru adoptarea și dezvoltarea cu succes a soluțiilor bazate pe Airflow. Studii de caz ale adoptării Airflow de către companii precum Airbnb, Lyft și PayPal subliniază utilitatea și eficacitatea acestui framework în gestionarea complexă a fluxurilor de lucru.*

Cuvinte cheie: *Airflow, Python, DAGs (Directed Acyclic Graphs), Operatori, Scheduler, Task*

Introducere

Airflow a fost creat de comunitate pentru a autoriza, programa și monitoriza fluxurile de lucru în mod programatic. Acesta are o arhitectură modulară și utilizează o coadă de mesaje pentru a orhestra un număr arbitrar de lucrători. Airflow a devenit o unealtă esențială în toolkit-ul datelor și în mediile de dezvoltare și administrare a sistemelor distribuite. Sistemele distribuite reprezintă o arhitectură de calcul în care componentele software sau hardware se găsesc pe mai multe noduri interconectate în rețea și colaborează pentru a realiza o funcționalitate comună. Într-un sistem distribuit, resursele și sarcinile sunt distribuite între mai multe mașini, ceea ce permite realizarea unor operațiuni paralele și coordonarea activităților între ele. Airflow poate fi implementat în mai multe moduri, variind de la un singur proces pe laptop la o configurare distribuită pentru a sprijini chiar și cele mai mari fluxuri de lucru și este gata să se extindă la infinit. Fluxurile de lucru sunt reprezentări structurate ale unui set de activități sau operațiuni care trebuie efectuate într-o anumită ordine pentru a atinge un anumit obiectiv. Cadrul Airflow conține operatori care se pot conecta cu multe tehnologii și este extensibil pentru a se conecta cu o nouă tehnologie. Dacă fluxurile dvs. de lucru au un început și un sfârșit clar și rulează la intervale regulate, ele pot fi programate ca un DAG de Airflow. Acest articol explorează rolul esențial al Apache Airflow în orchestrarea fluxurilor de lucru, evidențiind caracteristicile sale cheie și impactul său în mediul de date.

Concepte cheie ale Apache Airflow

DAGs (Directed Acyclic Graphs) Airflow utilizează conceptul de Grafuri Aciclice Direcționate (DAGs) pentru a reprezenta fluxurile de lucru. O DAG în Airflow este un set de task-uri interconectate, unde fiecare task reprezintă o unitate de lucru independentă.

Operatorii în Airflow reprezintă execuția concretă a unui task. Există o varietate de operatori încorporați care acoperă operațiuni comune, cum ar fi execuția de SQL, transferul de fișiere, trimiterea de e-mailuri și multe altele.

Schedulerul în Airflow este responsabil pentru planificarea execuției task-urilor în funcție de dependințele definite în DAG. Acesta asigură o execuție coerentă și eficientă a fluxului de lucru [1].

Un DAG este o colecție a task-lor pe care dorim să le executăm, organizate într-un mod ce reflectă relația și dependența dintre ele. Fiecare task este o implementare a unui operator, cum ar fi un PythonOperator va executa un cod în Python și definește valori specifice pentru acel operator. În timp ce operatorii pot fi PythonOperator, BashOperator sau un chiar un operator personalizat, ei determină ce de fapt va fi executat de acel task. Reprezentarea schematică a acestor concepte ale Apache Airflow este ilustrată în Fig. 1.

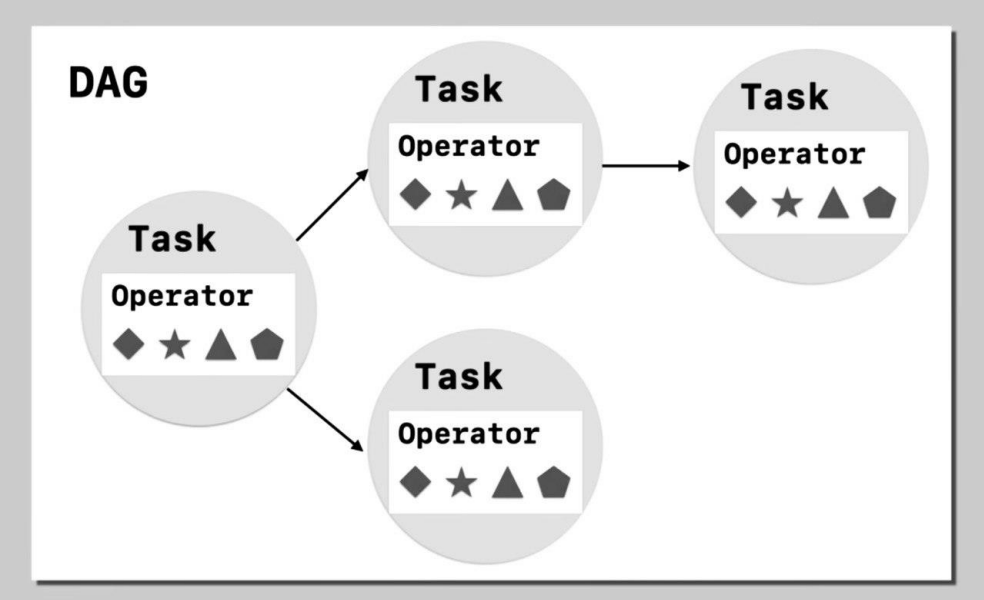


Figura 1. Reprezentarea conceptelor cheie

Caracteristici

Airflow oferă multe caracteristici utile, descrise mai jos.

Scalabil, Airflow are o arhitectură modulară și utilizează o coadă de mesaje pentru a orhestra un număr arbitrar de lucrători.

Dinamic, fluxurile de lucru Airflow sunt definite în Python, ceea ce permite generarea dinamică a fluxurilor de lucru.

Extensibil, se pot defini cu ușurință proprii operatori și extinde bibliotecile pentru a se potrivi nivelului de abstractizare care se potrivește cu mediul dvs.

Intuitiv, fluxurile de lucru Airflow sunt simple și explicite.

Integrări robuste, Airflow oferă mulți operatori plug-and-play care sunt gata să execute sarcinile dvs. pe Google Cloud Platform, Amazon Web Services, Microsoft Azure și multe alte servicii terțe [2].

Dacă preferați să codați decât să faceți clic, Airflow este instrumentul pentru dvs. Fluxurile de lucru sunt definite ca cod Python, ceea ce înseamnă:

- fluxurile de lucru pot fi stocate în controlul versiunilor, astfel încât să puteți reveni la versiunile anterioare;
- fluxurile de lucru pot fi dezvoltate de mai multe persoane simultan;
- testele pot fi scrise pentru a valida funcționalitatea;
- componentele sunt extensibile și puteți construi pe o colecție largă de componente existente.

Semantica bogată de planificare și execuție vă permite să definiți cu ușurință conducte complexe, care rulează la intervale regulate. Completarea vă permite să (re)rulați conducte pe datele istorice după ce faceți modificări logicii. Iar capacitatea de a reexecuta conducte parțiale după rezolvarea unei erori ajută la maximizarea eficienței.

Arhitectură și Componente

Metadata Database - Airflow folosește o bază de date de metadate pentru a stoca informații despre DAGs, execuții, task-uri și alte entități. Acest lucru facilitează monitorizarea și gestionarea istoricului execuțiilor.

Web Server - interfața web Airflow oferă o vedere detaliată a DAG-urilor, execuțiilor și a altor informații utile pentru dezvoltatori și administratori.

Scheduler - responsabil pentru programarea execuției sarcinilor în funcție de dependențele lor.

Executor - responsabil pentru efectuarea efectivă a task-urilor. Airflow suportă executori locali, executori distribuiți și integrări cu tehnologii precum Celery [3].

Reprezentarea componentelor și arhitecturii în Apache Airflow este demonstrată in Fig. 2, unde în partea stângă, un "Inginer de date" sau "Autor" este reprezentat, conectat la un folder "DAGs" care simbolizează crearea fluxurilor de lucru. Caseta "Interfață utilizator" indică locul în care utilizatorii pot interacționa cu sistemul, casetele "Server web" și "Programator" sunt componente centrale care gestionează și execută fluxurile de lucru. Un fișier "Airflow.cfg" este afișat, indicând unde sunt stocate setările de configurare ale sistemului. În partea dreaptă, există un "Executor" care poate fi "Local sau Secvențial", conectat la "Muncitor(i)" indicând unde sunt executate sarcinile. În partea de jos, un simbol de bază de date etichetat "Metadata DB (Postgres)" arată unde sunt stocate metadatele.

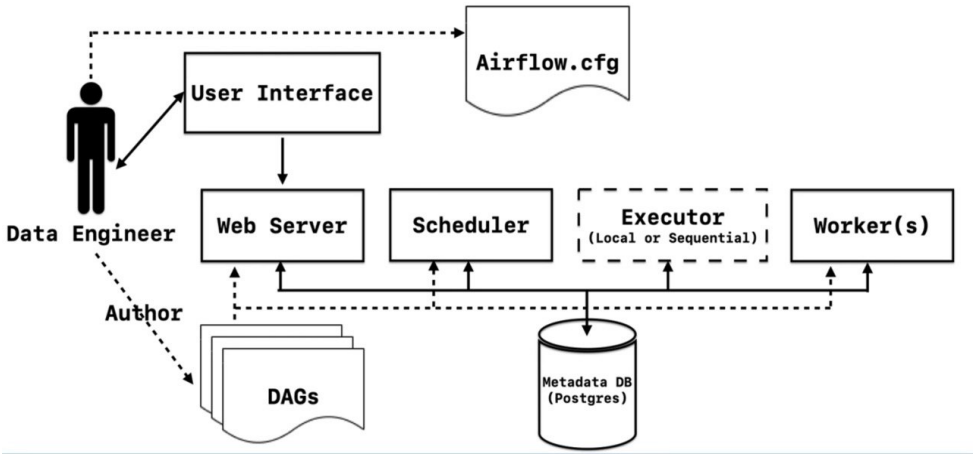


Figura 2. Reprezentarea arhitecturii și componentelor

Extensibilitate și Integrare

Hooks și Operators personalizate oferă posibilitatea dezvoltatorilor de a extinde funcționalitatea Airflow prin crearea de Hooks (conexiuni la sisteme externe) și Operatori personalizate, adaptate la necesitățile specifice ale organizației sau proiectului.

Integrare cu ecosistemul Big Data oferă conectivitate nativă cu tehnologii precum Apache Hadoop, Apache Spark și altele.

Utilizare

Airflow oferă mulți operatori plug-and-play care sunt gata să-ți execute sarcinile pe Google Cloud Platform, Amazon Web Services, Microsoft Azure și multe alte servicii terțe.

Acest lucru face ca Airflow să fie ușor de aplicat la infrastructura actuală și de extins la tehnologiile de nouă generație.

Airflow este utilizat într-o varietate de domenii, inclusiv analiza datelor, ingineria datelor, știința datelor, devops și multe altele. Acesta este utilizat de companii mari precum Airbnb, Yahoo, Intel și Lyft [5].

Concluzie

În ansamblu, Apache Airflow se remarcă ca un instrument esențial pentru orchestrarea eficientă a fluxurilor de lucru în domeniul datelor. Conceptele cheie precum Grafurile Aciclice Direcționate (DAGs), Operatorii și Schedulerul oferă o abordare modulară și flexibilă pentru definirea și gestionarea task-urilor. Arhitectura sa, cu componente precum Metadata Database și Web Server, asigură o monitorizare detaliată și gestionare eficientă a execuțiilor.

Cu extensibilitatea sa, dezvoltatorii pot personaliza funcționalitățile prin Hooks și Operatori personalizate, adaptând Airflow la nevoile specifice ale proiectelor. Integrarea sa cu ecosistemul Big Data îl face potrivit pentru mediile complexe și distribuite. Comunitatea activă și documentația detaliată consolidează atractivitatea Apache Airflow, furnizând suport solid și resurse pentru utilizatori. Studiile de caz ale adoptării de către companii precum Airbnb, Lyft și PayPal ilustrează succesul și versatilitatea acestui framework în contexte variate.

Apache Airflow se dovedește a fi o alegere puternică pentru automatizarea și gestionarea fluxurilor de lucru în mediul de date, oferind un cadru solid pentru dezvoltatori și administratori în căutarea unei soluții scalabile și flexibile

Referințe

[1] „Apache Airflow Documentation” [Online]. Available: https://airflow.apache.org/docs/
[2] „Apache Airflow – Tutorials” [Online]. Available: https://airflow.apache.org/docs/apache-airflow/stable/tutorial/fundamentals.html
[3] „Apache Airflow - Architecture Overview” [Online]. Available: https://airflow.apache.org/docs/apache-airflow/stable/core-concepts/overview.html
[4] „GitHub Repository for Apache Airflow” [Online]. Available: https://github.com/apache/airflow
[5] „Apache Airflow: Use Cases, Architecture, and Best Practices” [Online]. Available: https://www.run.ai/guides/machine-learning-operations/apache-airflow

INOVAȚII ADUSE ÎN SQL SERVER 2022

Ruxanda VOVC

Departamentul Ingineria Software și Automatică, grupa TI-211, Facultatea Calculatoare Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

Autorul corespondent: Vovc Ruxanda, ruxanda.vovc@isa.utm.md

Îndrumător/coordonator științific: **Dorian SARANCIUC**, UTM

Rezumat. *În această lucrare se abordează îmbunătățirile din SQL Server 2022, inclusiv Azure Synapse Link pentru analize în timp real și măsuri de securitate sporite cu Microsoft Defender for Cloud și Microsoft Purview. Funcțiile de prelucrare inteligentă a interogărilor optimizează performanța, iar integrarea cu Azure Active Directory îmbunătățește securitatea. Suportul pentru stocarea obiectelor extinde opțiunile de stocare, iar eliminarea SQL Server Native Client îmbunătățește compatibilitatea. Aceste îmbunătățiri consolidează poziția SQL Server ca un sistem de gestionare a bazelor de date de vârf, oferind utilizatorilor noi modalități de exploatare eficientă a datelor și de îmbunătățire a securității și performanței.*

Cuvinte cheie: *SQL Server 2022, îmbunătățiri, Azure Synapse Link, securitate, prelucrarea inteligentă, stocarea datelor, Server Native Client*

Introducere

SQL Server, dezvoltat de Microsoft, este un sistem de gestionare a bazelor de date relaționale (RDBMS) utilizat pe scară largă în întreprinderi și organizații din întreaga lume. Acest software este proiectat pentru a stoca, gestiona și accesa datele într-un mod eficient și se bazează pe limbajul de interogare Structured Query Language (SQL) pentru manipularea și administrarea acestor date.

În ultimii ani, SQL Server a evoluat constant, aducând cu fiecare nouă versiune apărută pe piață îmbunătățiri semnificative în ceea ce privește performanța, securitatea și funcționalitățile disponibile utilizatorilor. Acest lucru este un răspuns la dezvoltarea tehnologiilor în continuu și se caută vulnerabilități posibile în aplicație. Ultima versiune majoră, SQL Server 2022, vine cu o serie de inovații remarcabile care își propun să redefinească modul în care datele sunt gestionate și analizate în cadrul organizațiilor moderne, adaptându-se la cerințele și noile tehnologii apărute pe piața mondială.

Acest articol furnizează o explorare în detaliu ale acestor îmbunătățiri, evidențiind modul în care SQL Server 2022 își propune să răspundă cerințelor tot mai complexe ale mediului de afaceri contemporan. De la integrarea cu servicii cloud precum Azure Synapse Link, până la îmbunătățiri semnificative în securitate și procesarea inteligentă a interogărilor, această versiune aduce o serie de caracteristici care promit să consolideze poziția SQL Server ca unul dintre cele mai avansate și fiabile sisteme de gestionare a bazelor de date disponibile.

Prin urmare, această lucrare are ca scop să ofere o înțelegere mai profundă a inovațiilor aduse de SQL Server 2022 și să evidențieze modul în care acestea pot contribui la îmbunătățirea eficienței operaționale și a luării deciziilor în cadrul organizațiilor care utilizează acest sistem de gestionare a bazelor de date.

Azure Synapse Link pentru SQL: Revoluționarea analizelor în timp real

Azure Synapse Link pentru SQL schimbă regulile jocului, permițând organizațiilor să exploateze capacitățile de analiză în timp real direct în SQL Server 2022. Prin intermediul integrării a bazelor de date operaționale cu pool-urile SQL dedicate Azure Synapse Analytics, această caracteristică le permite utilizatorilor să obțină informații utile din datele lor fără a

compromite performanța. Această funcționalitate este posibilă datorită transferului constant al datelor din Azure SQL Database sau SQL Server 2022, iar datele replicate sunt întotdeauna actualizate și reflectă starea curentă a datelor din baza de date sursă, fiind mereu disponibile pentru utilizare [1].

Astfel, nu există discrepanțe sau pierderi de date între baza de date sursă și cea de destinație, fiind asigurată o integritate a datelor la nivelul replicării. Introducerea unei noi tehnologii cu modificări asigură un impact minim asupra bazelor de date sursă, deschizând calea pentru accelerarea procesului de luare a deciziilor și îmbunătățirea informațiilor de afaceri. Această funcționalitate nu este disponibilă în SQL Server 2019. Respectiv, inovația dată este importantă prin oferirea unei soluții simple și eficiente pentru conectarea și analiza datelor operaționale în timp real, deschizând noi posibilități de utilizare a acestora în diferite domenii de afaceri.

Măsuri de securitate sporite: Fortificarea protecției datelor

SQL Server 2022 acordă prioritate securității cu o suită de caracteristici avansate concepute pentru a proteja datele sensibile și pentru a reduce potențialele amenințări. Integrarea cu Microsoft Defender for Cloud oferă o protecție cuprinzătoare în mediile on-premise, hibride și cloud, consolidând apărarea împotriva amenințărilor cibernetice [1].

În plus, Ledger aduce capacități de verificare a probelor de manipulare a bazei de date, asigurând integritatea datelor și auditabilitatea lor [2]. Această funcționalitate lucrează în următorul mod:

- Orice rânduri modificate printr-o tranzacție într-o tabelă de tip ledger sunt criptografic hash-uite cu algoritmul SHA-256 folosind o structură de date Merkle tree (un arbore binar ale cărui frunze sunt hașuri ale oricăror obiecte). Acest lucru creează un hash de rădăcină care reprezintă toate rândurile din tranzacție.
- Tranzacțiile procesate de baza de date sunt, de asemenea, hash-uite cu SHA-256 împreună printr-o structură de date Merkle tree. Rezultatul este un hash de rădăcină care formează un bloc.
- Blocul este apoi hash-uit cu SHA-256 împreună cu hash-ul de rădăcină al blocului anterior ca intrare în funcția hash. Aceasta formează un blockchain.

Hash-urile de rădăcină în ledgerul bazei de date, numite și digest-uri ale bazei de date, conțin tranzacțiile hash-uite criptografic și reprezintă starea bazei de date. Respectiv, în timpul executării verificărilor se pot detecta încercările de a efectua modificări, asigurând integritatea datelor.

În versiunea dată, este posibil de a configura autentificarea cu Microsoft Entra Authentication (anterior Azure Active Directory) pentru conexiunile la bazele de date SQL Server. Unica diferență este faptul că versiunea nouă la autentificare se configură rolurile și nivelurile de acces la noua proprietate, replicarea [4]. Noua funcționalitate este reprezentată de replicarea Snapshot și Tranzacțională. Replicarea Snapshot constă din replicarea periodică a întregii baze de date, iar replicarea Tranzacțională implică doar copierea modificărilor aduse bazelor de date.

Pe lângă acestea, SQL Server 2022 suportă și protocolul MS-TDS 8.0 și TLS 1.3 pentru criptarea datelor. Versiunile anterioare TDS nu obliga conexiunile să fie criptate, însă acum criptarea este obligatorie (tipul de encripție este strict) pentru conexiunile drivereleor SQL Server. TLS este actualizat pentru a fi compatibil cu noua versiune TDS. Funcționalitățile menționate sunt noi și nu sunt disponibile în versiunea SQL Server 2019.

Prelucrarea inteligentă a interogărilor: Optimizarea performanței cu ajutorul AI

Funcțiile Intelligent Query Processing (IQP) revoluționează optimizarea performanței interogărilor, valorificând informațiile bazate pe inteligență artificială pentru a spori eficiența și scalabilitatea [3]. Memory Grant Feedback, Parameter Sensitive Plan Optimization și Degree of Parallelism (DOP) Feedback sunt tehnicile aplicate pentru ajustarea în mod dinamic a

parametrilor de execuție a interogărilor pe baza datelor istorice de performanță, asigurând o performanță optimă necesară în diverse sarcini de lucru propuse [1].

Memory Grant Feedback este metodă care ajustează dinamic cantitatea de memorie alocată pentru o interogare, bazându-se pe performanța istorică a interogării, asigurând astfel o utilizare eficientă a resurselor de memorie în cadrul sistemului SQL.

Parameter Sensitive Plan Optimization optimizează planurile de execuție ale interogărilor pentru diferite valori ale parametrilor de intrare, astfel încât să fie posibilă adaptarea la dimensiunile variabile ale datelor.

Degree of Parallelism (DOP) Feedback reglează în mod automat gradul de paralelism al interogărilor, asigurând că sarcinile sunt distribuite în mod eficient între diferitele nuclee de procesare ale serverului.

Aceste progrese permit organizațiilor să maximizeze eficiența operațiunilor lor de procesare a datelor, deblocând noi niveluri de productivitate și performanță, fapt care nu era accesibil în SQL Server 2019.

Integrarea stocării obiectelor: Extinderea opțiunilor de stocare a datelor

SQL Server 2022 introduce o integrare îmbunătățită a stocării obiectelor, permițând o integrare perfectă cu soluții de stocare a obiectelor compatibile cu S3, pe lângă Azure Storage. Această extindere deschide noi posibilități pentru stocarea și gestionarea datelor, oferind soluții rentabile și scalabile pentru stocarea unor volume mari de date [1].

Datorită suportului pentru Data Lake Virtualization, utilizatorii nu trebuie să mute datele între Azure și SQL Server, dar pot interoga și analiza datele în Azure Data Lake Storage, eficientizând analiza datelor și accelerând procesele decizionale. Astfel, se oferă un backup eficient a datelor și este posibilă restaurarea datelor prin folosirea conexiunii S3 ca destinație backup care utilizează REST API și asigură securitatea prin comunicarea cu serviciile necesare prin intermediul protocolului HTTPS.

Îmbunătățiri avansate ale platformei: Performanță și compatibilitate

SQL Server 2022 introduce mai multe îmbunătățiri ale platformei menite să stimuleze performanța și compatibilitatea în diverse medii. Eliminarea SQL Server Native Client (SNAC) eficientizează eforturile de compatibilitate, în timp ce îmbunătățiri precum poolul de buffer hibrid cu suport pentru scriere directă optimizează performanța în mediile Windows și Linux [1]. SNAC-ul susținea driverele ODBC și OLE DB pentru SQL Server, însă noile versiuni ale acestor drivere exclud necesitatea SNAC-ului prin faptul că versiunile driverelor actuale sunt legate de ciclul de viață al însuși suportului SQL Server [4]. Capabilitățile integrate de accelerare și descărcare de sarcină valorifică progresele hardware pentru a oferi capabilități extinse, îmbunătățind și mai mult performanța și scalabilitatea în comparație cu versiunea SQL Server 2019 care nu oferă aceste funcționalități.

Concluzii

În comparație cu SQL Server 2019, SQL Server 2022 aduce o serie de îmbunătățiri semnificative care îl plasează într-o poziție superioară în ceea ce privește gestionarea și analiza datelor în mediile de afaceri moderne.

Una dintre cele mai notabile inovații este Azure Synapse Link pentru SQL, care permite analiza în timp real a datelor direct în SQL Server 2022, deschizând noi posibilități pentru utilizarea eficientă a datelor operaționale în diverse domenii de afaceri. Această funcționalitate nu este disponibilă în SQL Server 2019, oferind un avantaj semnificativ utilizatorilor care doresc să obțină informații actualizate și utile din datele lor.

În plus, SQL Server 2022 aduce îmbunătățiri semnificative în domeniul securității, care consolidează apărarea împotriva amenințărilor cibernetice și facilitează conformitatea cu reglementările noi. Autentificarea cu Microsoft Entra Autetification oferă o alternativă sigură și

simplă la autentificările tradiționale SQL Server și facilitează proprietatea de replicare din Azure Synapse Link prin noile opțiune de replicare Snapshot și tranzacțională.

De asemenea, funcțiile Intelligent Query Processing (IQP) din SQL Server 2022 reprezintă o îmbunătățire semnificativă față de versiunea anterioară, permițând ajustarea dinamică a parametrilor de execuție a interogărilor pe baza datelor istorice de performanță, asigurând o performanță optimă în diverse sarcini de lucru.

În concluzie, SQL Server 2022 se distinge prin aducerea unor îmbunătățiri semnificative care îmbunătățesc în mod substanțial gestionarea și analiza datelor față de versiunea sa anterioară, consolidând poziția SQL Server ca unul dintre cele mai importante sisteme de gestiune a bazelor de date din lume și oferind utilizatorilor noi posibilități de a exploata eficient datele și de a spori securitatea și eficiența operațiunilor lor.

Referințe bibliografice

[1] „Noutățile în SQL Server 2022 (16.x)”, accesat 27.12.2023, [Online]. Available: https://learn.microsoft.com/en-us/sql/sql-server/what-s-new-in-sql-server-2022?view=sql-server-ver16

[2] „Ce este nou în SQL Server 2022”, accesat 27.12.2023, [Online]. Available: https://severalnines.com/blog/whats-new-in-sql-server-2022/

[3] „Îmbunătățirile la SQL Server 2022”, accesat 27.12.2023, [Online]. Available: https://www.mssqltips.com/sqlservertip/7441/sql-server-2022-new-features/

[4] „SQL Server 2022 vs 2019”, accesat 28.12.2023, [Online]. Available: https://softtrader.eu/sql-server-2022-whats-new-features/

БЕЗОПАСНОСТЬ ДАННЫХ В SQL: СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ

Dmitri BESSARAB

Департамент Программной Инженерии и Автоматики, группа TI-217, Факультет Вычислительной Техники, Информатики и Микроэлектроники, Технический Университет Молдовы, Кишинев, Республика Молдова

Autorul corespondent: Dmitri Bessarab, dmitri.bessarab@isa.utm.md

Îndrumătorul/coordonatorul științific **Dorian SARANCIUC**, lector universitar

Аннотация. *В современном мире безопасность данных играет ключевую роль в обеспечении конфиденциальности, целостности и доступности информации. В статье рассматриваются современные методы защиты данных в системах управления базами данных (СУБД) на основе SQL. Особое внимание уделяется проблемам безопасности, с которыми сталкиваются организации, и эффективным стратегиям для минимизации рисков.*

Ключевые слова*: Memcached, кэш, LRU, клиент-серверная архитекура, оперативная память, база данных, кэширование, производительность, нагрузка, оптимизация, эффективность, достоинства, недостатки.*

Введение

В современном мире, где данные играют ключевую роль в практически всех сферах деятельности, вопросы их обработки, хранения и доступа становятся все более актуальными. Особенно важно обеспечить быстрый и эффективный доступ к данным, чтобы обеспечить плавное функционирование различных информационных систем. В контексте баз данных, где происходит хранение и управление огромным объемом информации, оптимизация доступа к данным становится одной из основных задач [1].

Однако, даже при оптимальной организации базы данных, возникают ситуации, когда запросы к ней могут быть особенно медленными или чрезмерно нагружающими. Это может быть вызвано различными факторами, включая неэффективные запросы, большой объем данных или интенсивный трафик пользователей. В таких случаях возникает необходимость в поиске методов оптимизации доступа к данным, чтобы обеспечить их быстрый и эффективный доступ [2].

Именно здесь на сцену выходит система кэширования данных, и одним из наиболее популярных инструментов кэширования в современном программировании является Memcached. Memcached представляет собой распределенную систему кэширования памяти, предназначенную для хранения результатов запросов к базе данных в оперативной памяти [2].

Целью данной статьи является представление общих представлений о методике кэширования, используемой для баз данных, с фокусом на примере системы Memcached. Мы рассмотрим принципы работы Memcached, его преимущества и недостатки, а также рассмотрим сценарии его применения для повышения производительности и снижения нагрузки на базу данных [3].

Понимание работы и возможностей Memcached позволит разработчикам и администраторам баз данных эффективно использовать этот инструмент для оптимизации доступа к данным и улучшения производительности информационных систем. Далее мы рассмотрим основные принципы работы Memcached и его влияние на производительность баз данных [4].

Защита данных на уровне приложения: Императивная необходимость в современном цифровом мире

В современном информационном обществе, где поток данных непрерывно растет, обеспечение безопасности информации становится одним из главных приоритетов для организаций любого масштаба. Особенно важно обеспечить безопасность данных на уровне приложения, где происходит непосредственная обработка и манипуляция информацией. С развитием технологий и расширением сферы цифровой деятельности растет и сложность киберугроз, с которыми сталкиваются организации. От вредоносных программ и хакерских атак до внутренних угроз со стороны сотрудников, сфера угроз на постоянной основе расширяется и усложняется. Защита данных на уровне приложения играет критическую роль в обеспечении конфиденциальности, целостности и доступности информации. В этом контексте разработчики приложений несут особую ответственность за реализацию мер безопасности, которые защищают данные во время их обработки, передачи и хранения. Один из основных методов защиты данных на уровне приложения - использование параметризованных запросов. Это позволяет предотвратить атаки типа SQL-инъекции, которые могут привести к несанкционированному доступу к базе данных и утечке конфиденциальной информации. Механизмы аутентификации и авторизации играют важную роль в защите данных на уровне приложения. Правильно настроенная система идентификации пользователей позволяет контролировать доступ к чувствительной информации и предотвращать несанкционированный доступ. Шифрование данных является неотъемлемой частью стратегии защиты на уровне приложения. Шифрование конфиденциальной информации перед ее передачей по сети или хранением в базе данных обеспечивает дополнительный уровень безопасности и предотвращает утечку данных при несанкционированном доступе. Эффективная стратегия безопасности включает в себя активный мониторинг и аудит действий пользователей. Постоянный контроль, за активностью пользователей позволяет своевременно выявлять и реагировать на потенциальные угрозы безопасности и нарушения политики доступа к данным.

Шифрование данных в SQL: Надежный щит конфиденциальности информации

В условиях растущей угрозы кибератак и повышенного внимания к конфиденциальности данных, шифрование информации в базах данных на основе SQL становится важным компонентом стратегии безопасности. Шифрование данных обеспечивает дополнительный уровень защиты от несанкционированного доступа и утечек информации, даже в случае физического доступа к базе данных. Шифрование данных в SQL основано на принципах симметричного и асимметричного шифрования. В случае симметричного шифрования, один и тот же ключ используется как для шифрования, так и для расшифровки данных. Это простой и быстрый метод, однако управление и безопасное распределение ключей может быть вызовом. В асимметричном шифровании используются два разных ключа: публичный и приватный. Публичный ключ используется для шифрования данных, а приватный ключ - для их расшифровки. Этот метод обеспечивает более высокий уровень безопасности, но может быть более ресурсоемким. Современные СУБД на основе SQL обычно предоставляют несколько вариантов шифрования данных. Это может включать в себя шифрование на уровне столбцов, где данные в определенных столбцах таблицы хранятся в зашифрованном виде. Также возможно шифрование на уровне таблицы, когда все данные в таблице шифруются целиком. Некоторые базы данных также поддерживают прозрачное шифрование, когда данные автоматически шифруются при их записи в базу данных и расшифровываются при запросе. Основным преимуществом шифрования данных в SQL является обеспечение

конфиденциальности информации. Шифрование защищает данные от несанкционированного доступа, даже если злоумышленнику удается получить доступ к базе данных. Это позволяет организациям соблюдать законодательные требования по защите конфиденциальной информации и предотвращать утечки данных. Несмотря на все преимущества, шифрование данных в SQL может иметь свои ограничения. Во-первых, шифрование данных может увеличить нагрузку на базу данных и снизить производительность при выполнении запросов. Кроме того, управление ключами шифрования может представлять собой сложную задачу, особенно в случае больших объемов данных. Наконец, необходимо учитывать, что шифрование данных не предотвращает атак, связанных с угрозами на уровне приложения, такими как SQL-инъекции или сетевые атаки. Шифрование данных в SQL является важным компонентом стратегии безопасности и обеспечивает дополнительный уровень защиты конфиденциальной информации. Правильное использование шифрования данных в сочетании с другими методами защиты может помочь организациям обеспечить безопасность данных и предотвратить утечки информации.

Мониторинг и аудит доступа к данным: Ключевые моменты в обеспечении безопасности информации

Мониторинг и аудит доступа к данным являются неотъемлемой частью стратегии безопасности данных в современных информационных системах. Предоставляя возможность отслеживать и анализировать действия пользователей в системе, эти методы позволяют выявлять подозрительную активность, реагировать на инциденты безопасности и предотвращать утечку конфиденциальной информации. Мониторинг доступа к данным включает в себя регистрацию и анализ всех действий пользователей в системе. Это может включать в себя входы в систему, выполнение запросов к базе данных, изменение структуры данных и другие операции, связанные с доступом к информации. Аудит доступа к данным, в свою очередь, представляет собой процесс анализа этих данных и выявления потенциальных угроз безопасности. Основная цель мониторинга и аудита доступа к данным - предотвращение утечек конфиденциальной информации и обнаружение несанкционированной активности. Путем регистрации и анализа действий пользователей в системе, организации могут выявлять аномальные или подозрительные паттерны поведения, которые могут свидетельствовать о потенциальных угрозах безопасности. Для реализации мониторинга и аудита доступа к данным используются различные технические средства и инструменты. Современные системы управления базами данных часто предоставляют встроенные средства аудита, позволяющие регистрировать и анализировать действия пользователей. Кроме того, существуют специализированные программные и аппаратные решения, которые обеспечивают более широкий спектр возможностей для мониторинга и аудита безопасности данных. Процесс мониторинга и аудита доступа к данным включает в себя несколько этапов. Во-первых, необходимо определить цели и требования аудита, включая перечень действий и событий, которые требуется отслеживать. Затем необходимо настроить систему аудита и мониторинга, включая выбор соответствующих инструментов и настройку параметров регистрации. После этого происходит активное наблюдение за действиями пользователей и анализ полученных данных с целью выявления аномальной активности или нарушений безопасности. Мониторинг и аудит доступа к данным играют важную роль в обеспечении безопасности информации в современных информационных системах. Предоставляя возможность отслеживать и анализировать действия пользователей, эти методы позволяют организациям выявлять угрозы безопасности и реагировать на них своевременно. Реализация эффективной стратегии мониторинга и аудита доступа к данным является важным шагом в обеспечении безопасности информации и защите от утечек конфиденциальных данных.

Ролевая модель безопасности: Основа эффективного управления доступом к данным

Ролевая модель безопасности является одним из основных подходов к управлению доступом к данным в информационных системах. В рамках этой модели права доступа к ресурсам определяются на основе ролей, которые назначаются пользователям или группам пользователей в системе. Ролевая модель обеспечивает гибкий и эффективный механизм управления доступом, позволяя организациям строго контролировать, какие пользователи имеют доступ к каким данным и какие операции они могут выполнять.

Принципы ролевой модели безопасности

Основные принципы ролевой модели безопасности включают в себя:

1. **Принцип наименьших привилегий (Principle of Least Privilege):** Пользователи должны иметь только те права доступа, которые необходимы для выполнения их задач. Это позволяет минимизировать риски утечки данных и злоупотребления привилегиями.
2. **Принцип разграничения обязанностей (Principle of Segregation of Duties):** Операции по управлению данными должны быть разделены между различными пользователями или группами пользователей, чтобы предотвратить возможность злоупотребления и конфликт интересов.
3. **Принцип отчетности и аудита (Principle of Accountability and Auditability):** Все действия пользователей в системе должны быть легко отслеживаемы и аудиторны. Это позволяет выявлять и расследовать инциденты безопасности и обеспечивать соблюдение правил и политик безопасности.

Преимущества ролевой модели безопасности

Ролевая модель безопасности обладает рядом преимуществ, которые делают ее предпочтительным выбором для организаций:

1. **Гибкость:** Ролевая модель позволяет легко адаптироваться к изменениям в организационной структуре и бизнес-процессах, благодаря возможности быстрого изменения набора ролей и привилегий.
2. **Простота администрирования:** Управление доступом к данным на основе ролей упрощает процесс администрирования и управления правами доступа, поскольку администраторам необходимо управлять только списками ролей, а не отдельными пользователями.
3. **Минимизация ошибок:** Благодаря принципу наименьших привилегий ролевая модель позволяет минимизировать возможность ошибок и злоупотреблений привилегиями, так как пользователи получают только необходимые для их работы права доступа.

Реализация ролевой модели безопасности

Реализация ролевой модели безопасности включает в себя несколько этапов:

1. **Идентификация ролей**: Определение ролей и привилегий, которые должны быть доступны для различных категорий пользователей.
2. **Назначение ролей:** Назначение ролей конкретным пользователям или группам пользователей в системе.
3. **Настройка политик безопасности:** Определение правил и политик безопасности, регулирующих доступ к данным на основе ролей.
4. **Мониторинг и аудит:** Постоянный мониторинг действий пользователей и аудит доступа к данным для выявления и реагирования на потенциальные угрозы безопасности.

Заключение

В современном цифровом мире, где объем данных постоянно растет, обеспечение безопасности информации становится неотъемлемой составляющей успешного функционирования организаций и защиты конфиденциальности пользователей. Тема безопасности данных охватывает множество аспектов, начиная от защиты от кибератак и заканчивая соблюдением регуляторных требований и нормативов. В данной статье мы рассмотрели несколько ключевых аспектов обеспечения безопасности данных, таких как шифрование данных, мониторинг и аудит доступа, а также ролевая модель безопасности. Эти методы и подходы представляют собой основные инструменты для защиты информации в информационных системах, независимо от их масштаба и сложности. Важно отметить, что обеспечение безопасности данных - это непрерывный и многогранный процесс, требующий систематического подхода и постоянного обновления мер защиты. Стремление к безопасности данных должно стать встроенной частью культуры организации, а не просто реакцией на угрозы безопасности. Только путем комплексного подхода, который включает в себя использование передовых технологий, строгое соблюдение политик и процедур безопасности, а также обучение и развитие персонала, можно обеспечить надежную защиту информации и предотвратить возможные угрозы и атаки. Таким образом, обеспечение безопасности данных должно оставаться приоритетной задачей для всех организаций, стремящихся к успеху в цифровой эпохе. Ответственность за защиту информации лежит на всех участниках процесса - от руководства и администраторов до каждого сотрудника, использующего информационные системы. Только совместными усилиями можно обеспечить надежную защиту данных и обеспечить долгосрочную устойчивость и безопасность организации.

Библиография

[1] Smith, John. "Data Encryption Techniques for Modern Security." Journal of Information Security, vol. 20, no. 3, 2022, pp. 45-62.
[2] Johnson, Mary. "Monitoring and Auditing Data Access in Information Systems." International Conference on Information Security, 2023, pp. 110-125.
[3] Brown, David. "Role-Based Security Models in Database Management Systems." Proceedings of the ACM Symposium on Access Control Models and Technologies, 2021, pp. 75-88.
[4] Иванов, А. Безопасность информации в современном мире. Москва: Издательство "Кибернетика", 2020.

ANALYSIS OF AI DATABASES

Arina CARAUS

Department of Software and Automation Engineering, CR-212, Faculty CIM,
Technical University of Moldova, Chișinău, Republic of Moldova

Corresponding author: Arina Caraus, arinacaraus@gmail.com

Scientific advisor/coordinator: **Dorian SARANCIUC**, university lecturer,
Department of Software and Automation Engineering

Summary. *Nowadays, data is money. Business operations and success rely on the ability to get really important information from databases.That way they can strategize to get changes in real time, allowing them to optimize processes, reduce delays and manage assets efficiently. The solution used by enterprises is artificial intelligence databases, which can analyze vast streams of data that can be leveraged to open up deep business opportunities. In this article, AI databases(DB) are analyzed through the business point of view with the goal to let people understand where these technologies can be used and where not. Firstly, the key characteristics of AI DB are enumerated. Secondly, the workflow of the different databases are described, to bring a more open view on the theme and to let people carry out a rational analysis of the opportunities offered by both databases . The decision of choosing the database should be made depending on the specific goals and needs of the business, not on hype.*

Key words: *data, vector database, business, embeddings*

Introduction

The AI database is like a behind-the-scenes hero, quietly but effectively tackling the complex data storage and manipulation requirements of artificial intelligence and machine learning. It also works with massive datasets, convoluted structures, and complicated queries to power sophisticated AI operations [1].

Artificial intelligent databases aim to optimize computing resources and databases. They can simultaneously assimilate, explore, analyze and visualize complex, fast-moving data in milliseconds [2]. They allow handling unstructured data in a professional way, especially when managing vector embeddings. Embeddings are completely suitable for storage, but can be computationally heavy. This is one reason why Milvus databases use GPU acceleration - it increases performance and maintains the workflow of AI to run smoothly.

Key characteristics of AI databases:

- *vector storage* – is one of the most efficient ways to represent and query of high-dimensional data, like area embeddings for ML models;
- *scalability* – possibility to handle a large amount of data having a horizontal scaling without compromising on performance;
- *complex query support* – can be done different complex queries, mostly important for searches, ranking, and pattern recognition*;*
- *real-time* – possibility to analyze data in real time and to get insights from changes in milliseconds, which can optimize the business process and to react really fast to changes;
- *integration with ML Frameworks* - unstructured data can be converted as vector embeddings , with an ML model, in an AI Database;

- *flexibility* - can be used different data types and structures and the dynamic schema, which allow seamless changes to data structures without disrupting database operations;
- *parallel processing* - it is the key for more dynamic simulation and modeling of the real-world data.

How does an AI Database work?

AI databases offer the possibility to process real-time streaming data. So , they can react to changes as fast as possible [3].

One example of AI Database is Google's AutoML. This example is a new approach to ML models. It is redirected to generate new neural network architectures based on particular data sets. The model is tested and iterated, as many times as is needed, for generating the new neural net architecture. The development of this machine-generated architecture will help non-experts to create neural nets fitted for their needs [4].

AI databases offer fast data entry, the possibility of parallel processing between database modes, which can be associated with multitasking at the person level, and a common space for software engineers, data scientists, database administrators to go more quickly through them and test models and to be able to use results directly to analyze.

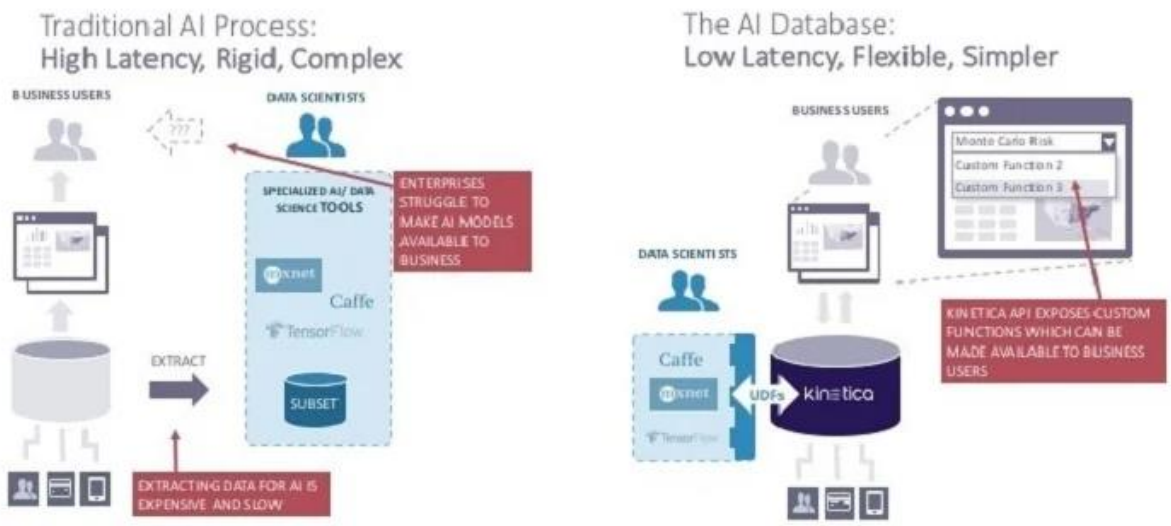


Figure 1. The workflow of an AI Database

In order to redeem the business potential through data, it is advisable to allocate investments towards engaging qualified experts. Data Scientists will choose the most suitable database for the project, from the options below:

1. *Relational Database* - This type of database is used to handle structured data organized into rows and columns, which form tables, with predefined formats. AI Similarity Search (FAISS), IVFFLAT, or Hierarchical Navigable Small Words have incorporated vector search indexes to enhance their projects and facilitate straightforward vector searches.

2. *Vector Database* – This type is designed to handle data represented in multi-dimensional vector space. It is suitable for AI and ML applications, where data takes the form of vectors as image embeddings, video embeddings, text embeddings, or other types of vectors.

3. *Other DataBases*: Search Engine database and NoSql. They have recently incorporated basic vector capabilities, making it more realistic to handle vector-related tasks.

The difference between the traditional database (relational database) and the vector database is huge [5]. Traditional databases work with discrete, scalar data types such as strings and numbers, organizing them into tables, whereas vector databases work with complex, high-dimensional data.

Table 1

Difference between Traditional Database and Vector Database

Feature	Traditional Databases (E.g. MySQL, MongoDB)	Vector Databases
Data Structure	The main form is tabular or specific data structures	Designed for multi-dimensional data
Optimization for High Dimensionality	May require optimization for high-dimensional operations	Rafted specifically for high-dimensional spaces immune to the curse of dimensionality
Role in AI & Machine Learning	General-purpose storage, might need customization for specific AI tasks	Indispensable for complex AI tasks due to their intrinsic design for high-dimensionality
Primary operations	Proficiency in CRUD operations	Efficient similarity searches and high-dimensional data operations
Indexing Techniques	Standard indexing techniques	Use advanced techniques like ANN algorithms for high-dimensional data.

Depending on the type of their data, developers should choose the ideal database.

They should take into consideration limitations of the traditional databases:

- *lack of flexibility* – it is not suitable for unstructured data and it has a rigid schema structure. It makes it challenging to adapt to changing data requirements;
- *performance bottlenecks* - it can face challenges with a large amount of data and complex queries;
- *scalability challenges* - scaling traditional relational databases horizontally (across multiple servers) is a complex and costly endeavor, which can limit their capacity to handle large amount of data;

Limitations of the vector database:

- *complexity* – for the solution development it is necessary to have expertise in this area;
- *data structure* - they are not suitable for structured data;
- *implementation challenges* – it may have challenges considering the compatibility with other existent systems.

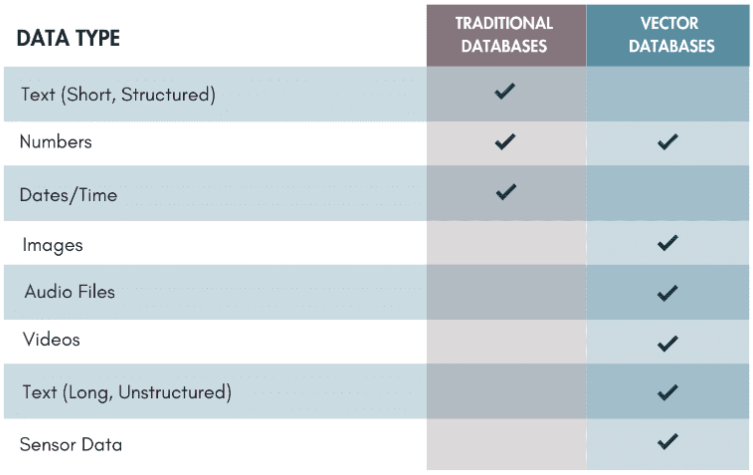


Figure 2. Data Types and Their Ideal Databases

The vector databases store and manage the vector data – which serve as numerical codes that encapsulate the key characteristics of the object, for example: images in a streaming app [6]. By analyzing and extracting crucial features, each image is converted into a vector embedding through an embedding model.

How does a vector database work?

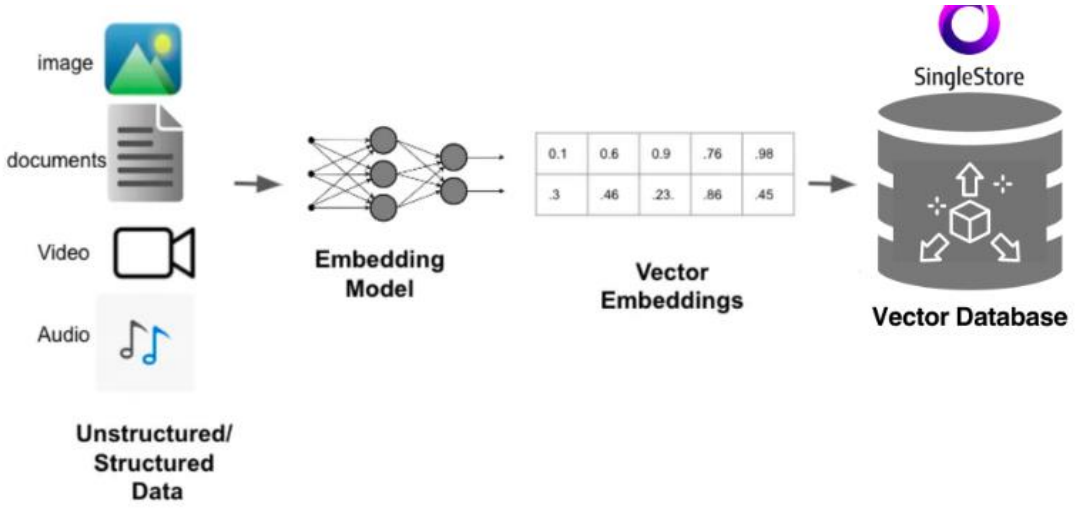


Figure 3. The workflow of a vector database

Initially, all structured or unstructured data is processed through an embedding model. This model is often a complex neural network, translating data into high-dimensional numerical vectors and effectively encoding the data's characteristics into vector embeddings – which are stored into a vector database [7].

At the moment we are writing a query, the vector database executes operations (such as similarity searches) to find and retrieve the vectors most similar to the query, efficiently handling complex queries and providing relevant results for the user. This entire process allows a fast and accurate management of large and varied data types in applications that require high-speed lookup and fetch functions.

Where is it used in business?

The usage of the AI Database is the possibility to optimize compute and DB's resources. As Amit Vij, President and Co-founder of Kinetica „"The world is now instrumented in a way that is always on, always tracking, always monitoring, always listening, and always watching." [8]

It is really important to be informed about the business situation and to get real-time insights. As a result, in different areas there are integrated sensors that create a large amount of data streams. For the assimilation of the streamed data current systems are expensive and have a high compute cost. Here it is needed to have a strategic approach. The problem should be solved from the root. The companies need to focus on real-time decisions and determination of the context mechanism.

It is valuable to see the relationships between different data sets when parsing sensors and machine data in high-stakes scenarios.

Conclusion

People should choose the database depending on their goals. AI Databases is the best solution for analyzing the unstructured data. It offers the possibility to get real-time insights, which allows us to react fast to different challenges. Best solution is a vectorized database, as Vij said "A vectorised database lets organizations marry up their streaming inventory data with their

fleet data, for instance, and pair that with consumers in different regions to provide real-time replenishment. “

For modern businesses, patching gaps in existing data architectures is not merely advantageous, but crucial for survival in a competitive landscape.

Bibliography:

[1] MIT-Making-Sense-of-Sensor-Data. [pdf] [accessed 09.01.2024].
[2] AI Databases: What They Are and Why Your Business Should Care. [online] [accessed 10.01.2024] Available: https://www.pcmag.com/news/ai-databases-what-they-are-and-why-your-business-should-care
[3] Using Machine Learning to Explore Neural Network Architecture.[online] [accessed 12.01.2024] Available:https://blog.research.google/2017/05/using-machine-learning-to-explore.html
[4] AI Database.[online] [accessed 12.01.2024] Available: https://zilliz.com/glossary/ai-database
[5] What is an AI Database.[online] [accessed 13.01.2024] Available: https://redis.com/nosql/ai-databases/
[6] Understanding Vector Databases în Generative AI Evolution.[online] [accessed 14.01.2024] Available: https://medium.com/@hello_21549/understanding-vector-databases-in-generative-ai-evolution-7014190a682a
[7] Revolutionizing Computation With Hyperdimensional Computing. [online] [accessed 14.01.2024] Available: https://techandtasty.com/revolutionizing-computation-with-hyperdimensional-computing/
[8] Vector Database [online][accessed 14.01.2024] Available: https://www.gigaspaces.com/data-terms/vector-database

BIG DATA АНАЛИТИКА В АВИАИНДУСТРИИ

Кристина НЕБУРАК

Департамент Программной Инженерии и Автоматики, Группа TI-217, Факультет Вычислительной Техники и Микроэлектроники, Технический Университет Молдовы, Кишинёв, Республика Молдова

Автор: Кристина Небурак, cristina.neburac@isa.utm.md

Îndrumător/coordonator științific: **Dorian SARANCIUC**, UTM

Аннотация: *Статья рассматривает роль аналитики Big Data в авиации, обсуждая методы сбора, хранения и анализа данных. Рассматриваются методы анализа больших данных для выявления паттернов и трендов, а также примеры их успешного применения.*

Ключевые слова: *Big Data, авиаиндустрия, сбор данных, аналитика, информационная инфраструктура.*

Введение

Big Data представляет собой массивные наборы данных, анализируемые для выявления паттернов, трендов и связей, в частности в контексте человеческих действий и взаимодействий. Объемы таких данных настолько обширны и комплексны, что обычные методики их обработки не способны справиться с задачей. В современных условиях Big Data занимает ключевую позицию во множестве отраслей.

Авиационная сфера, одна из самых быстроразвивающихся и инновационных отраслей, обслуживает миллионы пассажиров каждый день. Эта отрасль сталкивается с многочисленными проблемами, среди которых улучшение безопасности полетов, повышение топливной эффективности, сокращение количества задержек и отмен рейсов, а также повышение качества обслуживания клиентов.

Big Data – определение и основные характеристики

Big Data охватывает экстремально большие массивы данных, предназначенные для аналитической обработки с целью выявления устойчивых закономерностей, динамических тенденций и ключевых взаимосвязей, особенно тех, что связаны с человеческим поведением и интерактивными процессами. Особенность таких данных заключается в их непомерном размере и сложности, делающих невозможной их эффективную обработку средствами традиционных подходов.

Для полного понимания Big Data важно учитывать пять ключевых характеристик, известных как "5V" – это Volume, Velocity, Variety, Veracity и Value [1]. Объем данных, аккумулируемых организациями, достигает величин в несколько экзабайт, что ставит задачу не только их хранения, но и аналитической обработки. Скорость поступления новых данных требует их оперативной обработки, зачастую почти в реальном времени, что подчеркивает необходимость использования передовых технологий. Разнообразие форматов данных, от структурированных числовых записей до неструктурированных текстов, видео, аудио и финансовых транзакций, подчеркивает необходимость гибких и мощных инструментов анализа. Дополнительно, актуальность и надежность данных, обозначаемые как истинность, играют критическую роль в верификации и доверии к аналитическим выводам. Наконец, ценность извлеченной из данных информации является ключевым фактором, определяющим способность данных влиять на принятие обоснованных решений.

Исторический контекст применения Big Data в авиации

В истории авиации можно выделить ключевые этапы эволюции обработки и использования данных. В 1960-е и 1970-е годы началась эра автоматизации с внедрением первых компьютерных систем для бронирования билетов, что положило начало эффективному сбору и анализу больших объемов информации. Также были предприняты первые шаги в компьютеризации управления воздушным движением, направленные на повышение безопасности и оптимизацию полетных операций.

Продолжение эволюции в 1980-е и 1990-е годы отмечено значительным расширением компьютеризации благодаря увеличению вычислительных мощностей и развитию программного обеспечения. Это позволило авиакомпаниям и аэропортам обрабатывать все большие массивы данных, касающихся пассажиров, полетов и багажа. В этот период начинается внедрение интегрированных систем управления ресурсами предприятия (ERP), что способствовало оптимизации бизнес-процессов в авиационной отрасли.

С наступлением 2000-х, в эру интернета и мобильных технологий, авиакомпании активизировали сбор и анализ данных о покупках билетов, предпочтениях пассажиров и обратной связи. Было начато использование технологии радиочастотной идентификации (RFID) для более эффективного отслеживания багажа и сокращения случаев его потери.

Последний этап развития, начиная с 2010-х годов и продолжающийся до настоящего времени, характеризуется активным внедрением предиктивного анализа и искусственного интеллекта. Это позволяет не только улучшать обслуживание воздушных судов и оптимизировать маршруты, но и существенно повышать уровень пассажирского сервиса. Интеграция и анализ данных из разнообразных источников, включая датчики на борту самолетов, метеорологические станции и социальные сети, позволяют принимать решения на основе комплексного анализа в реальном времени. Эти этапы демонстрируют последовательное углубление взаимосвязи между авиационной индустрией и технологиями обработки данных, начиная от простых автоматизированных систем и завершая сложными аналитическими инструментами на основе Big Data и ИИ для повышения эффективности и безопасности полетов.

Источники больших данных в авиации

В авиационной отрасли существует множество источников больших данных, которые обеспечивают ценную информацию для улучшения сервиса, оптимизации операций и стратегического планирования. К таким источникам относится личная информация пассажиров, включая контактные данные, жалобы, информацию о покупательском и интернет-поведении, а также индивидуальные предпочтения. Данные о самой авиакомпании также представляют большой интерес и включают сведения о аэропортах, самолетах, наземных операциях, логистике, вызовах, с которыми сталкивается отрасль, техническом обслуживании и маркетинговых кампаниях.

Мультимедийные данные, такие как изображения, видео и аудиозаписи, а также информация из поисковых систем и социальных сетей, являются еще одним важным ресурсом. Документированные данные о сотрудниках, рейсах компании, доходах, статистике, отчетах и информационных бюллетенях также играют ключевую роль. В дополнение к этому, данные о конкурентах, включая цены на авиабилеты, профили клиентов, направления, количество рейсов, используемые технологии и качество обслуживания, необходимы для анализа рынка и выработки конкурентных стратегий.

Наконец, источники данных также охватывают внешние факторы, влияющие на авиационную индустрию, такие как погодные условия и прогнозы, международные обзоры, цены на нефть, межгосударственные отношения, новейшие технологические разработки в области авиации и отчеты об инцидентах. Все эти данные в совокупности позволяют авиакомпаниям принимать обоснованные решения, направленные на повышение безопасности, эффективности и удовлетворенности клиентов.

Методы сбора данных в авиаиндустрии

В авиации применяются разнообразные методики и процедуры для сбора информации (см. Таблицу 1), которые направлены на контроль за авиационными операциями и повышение качества обслуживания пассажиров. Эти методы обеспечивают автоматический забор данных от систем борта, мнения и предпочтения клиентов, а также оперативные и логистические сведения. Интеграция этих данных позволяет усовершенствовать планирование и выполнение полетов, обеспечивает поддержание стандартов безопасности и операционной эффективности на высоком уровне.

Таблица 1

Обзор технологий и процессов для сбора данных в авиации

Метод сбора данных		**Описание**
Автоматический сборданных	ADS-B (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast)	Системы, предоставляющие данные о местоположении воздушных судов в реальном времени
	ACARS (Aircraft Communications Addressing and Reporting System)	Система связи для отправки и получения сообщений между самолетами и наземными станциями
	ATC Radar Systems	Радиолокационные системы управления воздушным движением, фиксирующие данные о полетах
Ручной сбор данных	Пилотские отчеты	Записи данных, вручную вносимые пилотами, включая информацию о необычных событиях или наблюдениях во время полета
	Обслуживание самолета	Записи о техническом обслуживании и ремонте, включая запчасти и выполненные работы
Сбор данных через сенсоры	Датчики на борту	Устройства, собирающие данные о состоянии воздушного судна, включая температуру, давление, скорость и многое другое
	FDR (Flight Data Recorder) и CVR (Cockpit Voice Recorder)	"Черные ящики", записывающие параметры полета и разговоры в кабине пилотов
Сбор данных от клиентов	Системы бронирования и продажи билетов	Сбор данных о покупках, предпочтениях и поведении пассажиров
	Опросы и отзывы	Сбор информации о клиентском опыте и удовлетворенности через анкеты и отзывы
Сбор внешних данных	Метеорологические данные	Информация о погодных условиях, включая температуру, ветер, осадки
	Данные о рынке и конкурентах	Анализ цен, маршрутов и услуг конкурирующих авиакомпаний
Интеграция и сбор данных через интерфейсы	APIs (Application Programming Interfaces)	Интеграция систем бронирования, обмен данными между компаниями и аэропортами
	IoT (Internet of Things)	Отслеживания багажей, поддержка авиатехники и предиктивное обслуживание

Модель обработки Big Data ИКАО

Модель обработки больших данных в авиации, разработанная Международной организацией гражданской авиации (ИКАО), предусматривает последовательное выполнение нескольких важных этапов. На первом этапе данные собираются из различных источников, таких как ADSB (Автоматическая зависимая наблюдательная система с трансляцией), которая использует спутниковую навигацию для определения координат воздушного судна и их трансляции, обеспечивая возможность отслеживания его местоположения, и MIDT (Маркетинговые информационные данные), представляющие собой данные о продажах билетов и информацию о полетах. Следующий шаг - хранение собранных данных, которое осуществляется в облачном хранилище Azure от Microsoft, обладающем необходимой мощностью для обработки большого объема информации.

Дальнейшая обработка данных производится с помощью сервиса HDInsight и платформы Hive от Azure, где HDInsight предлагает облачные возможности для эффективной обработки больших массивов данных, а Hive — это инструмент для агрегации, запросов и анализа, построенный на базе Hadoop. В процессе обработки данные не только анализируются, но и обогащаются, включая, например, для ADSB расчеты дистанций полетов и других важных показателей. После обработки данные сохраняются как в облачной инфраструктуре Azure для обеспечения масштабируемости, так и в локальных сетях, что может быть обусловлено требованиями к доступности или безопасности.

Завершающим этапом является визуализация обработанных данных с помощью инструментов бизнес-аналитики, таких как Tableau, что позволяет наглядно представить результаты анализа и сделать выводы о схемах полетов, эффективности операций и других аспектах. Эти визуализации в сочетании с ежемесячными сводными отчетами, генерируемыми на основе обработанных данных, предоставляют ценные инсайты и способствуют принятию обоснованных решений в авиационной отрасли, преобразуя первичные данные о полетах в полезные знания для улучшения процессов и сервисов. На Рис. 1 представлена схематично модель обработки больших данных в авиации [2].

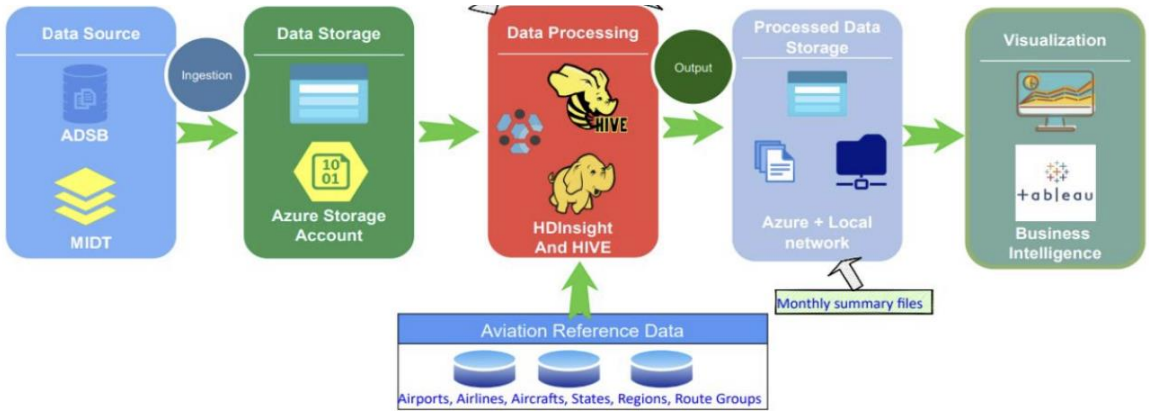


Рисунок 1. Модель обработки Big Data ИКАО

Применение Big Data в авиаиндустрии

Применение аналитики больших данных в управлении авиационными операциями охватывает широкий спектр действий, начиная от расширенного профилактического обслуживания, благодаря которому анализ операционных данных самолетов в реальном времени позволяет предотвратить неисправности, сократить задержки и повысить безопасность полетов [3]. Это подходит и для обеспечения повышенной безопасности, где синтез данных с черных ящиков, датчиков и записей технического обслуживания способствует улучшению стандартов безопасности и позволяет авиакомпаниям принимать профилактические меры для постоянного улучшения безопасности. Оптимизация

полетных маршрутов также является важным аспектом, при этом аналитика больших данных помогает авиакомпаниям в реальном времени адаптировать маршруты, учитывая метеорологические условия и управление воздушным трафиком, что способствует сокращению расхода топлива и уменьшению вреда окружающей среде.

Другой аспект применения больших данных заключается в прогнозировании спроса, где авиакомпании анализируют исторические и текущие данные для улучшения планирования и оптимизации использования ресурсов, что приводит к снижению операционных расходов. Аналитика больших данных также играет ключевую роль в повышении уровня обслуживания клиентов, позволяя авиакомпаниям глубже анализировать покупательские привычки и предпочтения для создания персонализированных предложений. Управление экипажем эффективно оптимизируется за счет анализа данных о рабочих часах и предпочтениях персонала, обеспечивая соблюдение норм отдыха и повышая удовлетворенность сотрудников.

Аналитика данных также вносит вклад в организацию воздушного движения, давая диспетчерам инструменты для эффективного управления сложностью воздушного трафика и уменьшения задержек, что повышает общую эффективность воздушных перевозок. Наконец, бизнес-аналитика на основе больших данных предоставляет авиакомпаниям ценные инсайты для стратегического планирования, выявления рыночных тенденций и адаптации к изменениям, способствуя оптимальному распределению ресурсов и стратегическому решению задач. Все эти меры в совокупности превращают большие данные в мощный инструмент для повышения эффективности, безопасности и удовлетворенности клиентов в авиационной индустрии.

Заключение

Исследование продемонстрировало значительное воздействие и возможности, которые предоставляет аналитика больших данных в сфере авиации. Открылось, что использование анализа данных большого объема может коренным образом изменить как повседневные операции, так и общую стратегию авиакомпаний, начиная от улучшения маршрутизации полетов и увеличения эффективности использования топлива до индивидуализации предложений для пассажиров и повышения стандартов безопасности. Благодаря Big Data, авиационная отрасль сталкивается с перспективой значительного усиления своих позиций за счет повышения операционной эффективности и улучшения конкурентоспособности.

Анализ потенциала использования больших данных в авиации подчеркнул важность их внедрения для улучшения функционирования авиасектора, безопасности полетов и качества обслуживания клиентов. В особенности, для авиационного сектора Республики Молдова эти выводы становятся критически важными на фоне стремления к интеграции в европейское авиационное сообщество и необходимости усиления конкурентных преимуществ национальных авиаперевозчиков.

Библиография:

[1] Mayer-Schönberger, V., Cukier, K. Big Data: A Revolution That Will Transform How We Live, Work, and Think. New York: Harper Business, 2014.
[2] „ICAO - AVIATION BIG DATA PROCESS” [Online]. Available: https://www.icao.int/Meetings/STA11/Documents/Dashboard_Document.pdf
[3] „How Big Data Is Transforming The Aerospace Industry” [Online]. Available: https://www.opentracker.net/article/how-big-data-is-transforming-the-aerospace-industry

ИНТЕГРАЦИЯ ГРАФОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В SQL-БАЗЫ ДАННЫХ

Кристиан ПЫНЗАРУ

Департамент Программной Инженерии и Автоматики, Группа TI-217, Факультет Вычислительной Техники и Микроэлектроники, Технический Университет Молдовы, Кишинёв, Республика Молдова

Автор: Кристиан Пынзару, cristian.pinzaru@isa.utm.md

Îndrumător/coordonator științific: **Dorian SARANCIUC**, UTM

Аннотация: *Статья рассматривает применение графовых путей в SQL-базах данных, начиная с основных концепций и исследуя различные типы графов и операции с ними. Через примеры запросов и их оптимизацию, она демонстрирует важность графов для анализа данных, предлагая рекомендации для дальнейших исследований.*

Ключевые слова: *графовые пути, базы данных SQL, анализ данных, оптимизация запросов, социальные сети, рекомендательные системы.*

Введение

В последние годы мир данных и аналитики переживает настоящий бум интереса к графовым базам данных. Этот рост интереса обусловлен уникальной способностью графовых баз данных моделировать и эффективно обрабатывать сложные, многомерные взаимосвязи между данными, которые трудно представить в традиционных реляционных структурах.

Традиционные реляционные базы данных (RDBMS), использующие SQL, эффективно справляются с линейной и иерархической структурированной информацией и обеспечивают мощные инструменты для выполнения сложных запросов. Однако они сталкиваются с серьёзными трудностями при моделировании данных, где связи формируют сложные сети с множеством перекрестных и взаимных связей — таких как социальные сети, биоинформатика, комплексные корпоративные системы и интеграции.

Графовые базы данных, напротив, представляют данные в виде узлов и связей, что делает их идеальными для представления и анализа нелинейных отношений. Эта модель позволяет аналитикам и разработчикам эффективно визуализировать, запросить и манипулировать отношениями между сложными объектами и сущностями. Благодаря своей структуре, графовые базы данных могут значительно ускорить выполнение запросов, которые в традиционных базах данных требуют многоэтапного соединения таблиц и могут занять значительное время.

Интеграция графовых структур в SQL-базы данных открывает новые возможности для улучшения обработки запросов, повышения производительности системы и управления большими объемами сложносвязанных данных. Это особенно важно для приложений, требующих глубокого анализа взаимосвязей, таких как рекомендательные системы, финансовый мониторинг, оптимизация сетей и другие аспекты работы с большими данными.

Помимо повышения производительности, интеграция графовых технологий в SQL-базы данных также способствует гибкости аналитических запросов, облегчая разработку новых видов запросов, которые трудно или невозможно выполнить с использованием только традиционных SQL-операций. Такая интеграция обещает не только улучшение текущих возможностей обработки данных, но и открывает двери для инноваций в будущем.

Теоретические основы графов

Графы являются одними из основных инструментов математики и информатики для моделирования отношений между различными объектами или сущностями. Они состоят из двух ключевых элементов: вершин (или узлов) и рёбер (или связей). Вершины представляют собой отдельные объекты или сущности, а рёбра — это связи между этими объектами.

Вершины могут представлять собой любые объекты, в зависимости от специфики задачи или области применения. Например, в социальных сетях каждая вершина может представлять пользователя, в транспортных системах — остановку или станцию, в биологических исследованиях — виды или белки, в телекоммуникациях — мобильные телефоны или базовые станции.

Рёбра иллюстрируют наличие взаимосвязей между вершинами. Эти связи могут быть разнообразными: дружескими отношениями, транспортными соединениями, биологическими взаимодействиями, или коммуникационными каналами. Рёбра могут быть направленными или ненаправленными: направленное ребро указывает на одностороннюю связь (например, электронное письмо от одного человека к другому), в то время как ненаправленное ребро обозначает двустороннюю связь (например, телефонный разговор).

Графы могут быть также взвешенными или невзвешенными. В взвешенных графах рёбрам присваивается числовое значение или "вес", который может представлять стоимость, расстояние, время или любую другую метрическую характеристику связи. Например, в транспортной сети вес ребра может отражать длительность поездки или стоимость билета между двумя точками. Невзвешенные графы не имеют таких атрибутов и используются, когда важно только наличие связи без количественной оценки её параметров.

Топология графа описывает структуру его связей и может быть простой или сложной, в зависимости от числа вершин и рёбер, их взаимного расположения и типа связей. Структура графа определяет сложность и методы анализа, а также влияет на выбор алгоритмов для выполнения различных операций, таких как поиск кратчайшего пути, обход графа, поиск циклов и подграфов.

Преимущества графовых структур данных в SQL

Одно из ключевых преимуществ графовых структур - улучшенное представление и обработка связей. Оно заключается в их способности нативно представлять связи между данными. В традиционных реляционных базах данных, связи между таблицами обычно управляются через внешние ключи и таблицы связей, что может стать неэффективным при большом объеме данных и сложных связях. Графовые структуры упрощают это, визуализируя данные как сеть узлов и связей, что позволяет более интуитивно осуществлять запросы по связанным данным [1].

Графовые базы данных особенно хороши при выполнении запросов, которые включают сложные операции поиска по связям, такие как:

- Поиск кратчайших путей: Эффективно используется в логистических и транспортных приложениях, где необходимо найти наиболее оптимальный маршрут между двумя точками.
- Выявление циклов: Важно для анализа сетевых структур, чтобы определить возможные петли, которые могут указывать на редундантность или ошибки в данных.
- Анализ связности: Помогает определить, насколько сильно элементы данных взаимосвязаны, что критично для анализа социальных сетей или систем связи.

Быстрота обработки - благодаря своей структуре, графовые базы данных позволяют выполнять запросы, связанные со сложными взаимосвязями, значительно быстрее, чем это возможно в традиционных SQL-системах. Это достигается за счет

уменьшения количества необходимых операций соединения, что обычно является одной из самых ресурсоемких операций в реляционных базах данных.

Графовые структуры способны масштабироваться с сохранением высокой производительности при увеличении объема данных и сложности связей. Это делает их идеальным выбором для приложений, которые предполагают расширение и увеличение количества пользовательских или машинных взаимодействий.

Графовые базы данных предоставляют большую гибкость в моделировании данных благодаря возможности создавать различные типы узлов и связей без строгой схемы, что характерно для реляционных баз. Это позволяет более точно и гибко отображать реальные отношения и взаимодействия в данных.

Эти преимущества делают графовые структуры данных важным инструментом для организаций, которые стремятся улучшить аналитику, производительность запросов и управление данными, особенно в условиях растущей сложности и объемов информации.

Алгоритмы поиска путей и их применение

Основные алгоритмы [2]:

1. Алгоритм Дейкстры — Это классический алгоритм для нахождения кратчайшего пути от одной вершины к другим в графе с неотрицательными весами ребер. Он широко используется в GPS-навигации и сетевом маршрутизировании, поскольку позволяет быстро определить наиболее эффективный путь между точками.
2. Алгоритм Беллмана-Форда — В отличие от алгоритма Дейкстры, он может работать с графами, содержащими ребра с отрицательным весом, что делает его полезным для задач, где веса могут представлять изменяющиеся стоимости, риски или другие переменные факторы.
3. Алгоритм Флойда-Уоршелла — Используется для нахождения кратчайших путей между всеми парами вершин в графе. Этот алгоритм особенно полезен, когда нужно многократно анализировать пути между различными узлами, например, в контексте аналитики социальных сетей или для оптимизации производственных и логистических сетей.

Применение алгоритмов охватывает широкий спектр областей и задач. Например, анализ транспортных сетей включает в себя использование алгоритмов поиска путей для оптимизации маршрутов доставки. Это позволяет минимизировать время в пути или стоимость перевозок. С помощью данных из графовых баз данных компании могут не только улучшать логистические операции, но и планировать расширение транспортных сетей. В контексте электронной коммерции разработка рекомендательных систем с использованием алгоритмов анализа позволяет создавать персонализированные рекомендации на основе путей потребительского поведения и связей между различными категориями товаров. В корпоративных и организационных информационных системах алгоритмы помогают управлять сложными структурами данных, обеспечивая целостность и доступность информации в различных подразделениях. Также, алгоритмы поиска путей применяются для выявления мошеннических схем в финансовом анализе, помогая выявить необычные или подозрительные транзакции, связывая их с определенными участниками или группами и трассируя потоки денежных средств. Эти алгоритмы значительно улучшают производительность и глубину анализа данных в SQL-базах данных, предоставляя возможности для разработки новых приложений и служб, которые могут использовать сложные аналитические инструменты.

Интеграция графовых баз данных с программными языками

Базы данных на основе графов, включая Neo4j, ArangoDB и OrientDB, обладают расширенными API, что позволяет программистам интегрировать графовые возможности прямо через их избранные языки программирования. Так, в экосистеме Python можно

встретить библиотеки типа Py2neo для Neo4j, облегчающие встраивание графовых запросов в разрабатываемые приложения. Это особенно актуально для сферы исследований, анализа данных и машинного обучения, где Python занимает лидирующие позиции. В контексте Java, где важны строгая типизация и высокая производительность, разработчики имеют возможность создавать обширные и сложные системы с помощью таких библиотек, как TinkerPop, предоставляющих унифицированный доступ к разным графовым базам данных. Относительно JavaScript, существуют библиотеки, например, neo4j-driver для Node.js, что позволяет интегрировать графовые базы данных непосредственно в веб-приложения на стороне сервера или клиента, способствуя созданию динамичных пользовательских интерфейсов, эффективно взаимодействующих с графовыми структурами данных.

Интеграция с распределенными вычислительными платформами

Графовые базы данных могут быть интегрированы с распределенными платформами обработки данных для масштабированной обработки и анализа больших объемов информации. Например, с помощью библиотеки GraphX в Apache Spark разработчики могут осуществлять сложные графовые вычисления в рамках Spark-экосистемы, что позволяет использовать возможности Spark для параллельной обработки данных при анализе графов. Это особенно ценно при работе с большими данными. Также Apache Flink предлагает библиотеку Gelly, которая, подобно GraphX, позволяет выполнять сложные графовые алгоритмы на распределенной системе, включая такие задачи, как поиск кратчайшего пути или вычисление максимального потока.

Интеграция графовых баз данных с этими технологиями несет множество преимуществ. Разработчики получают возможность масштабировать свои приложения, эффективно управлять большими объемами данных и использовать графовые структуры для повышения аналитических возможностей своих систем. Благодаря параллельной обработке и специализированным алгоритмам значительно ускоряется обработка и анализ графов. Кроме того, доступные API и библиотеки для популярных языков программирования делают графовые базы данных доступными для широкого круга разработчиков без необходимости обладания специализированными знаниями в области графовых технологий. Таким образом, интеграция графовых баз данных с различными программными языками и платформами значительно расширяет возможности их использования и улучшает эффективность разработки и эксплуатации сложных систем.

Адаптация SQL-структур

Внедрение графовых алгоритмов начинается с понимания того, как граф может быть представлен в реляционной модели. Обычно это делается путем создания таблиц, где каждая строка представляет вершину или ребро. Вершины могут быть представлены в таблице с уникальными идентификаторами и связанными атрибутами, тогда как рёбра могут быть представлены в другой таблице с указанием идентификаторов начальной и конечной вершины и, возможно, веса ребра.

- Таблица вершин: ID вершины, атрибуты вершины.
- Таблица рёбер: ID начальной вершины, ID конечной вершины, вес ребра.

Эти таблицы позволяют использовать SQL-запросы для поиска путей, выявления паттернов и анализа связей между объектами данных.

Для улучшения обработки графовых структур и запросов, многие современные реляционные СУБД предлагают специализированные расширения:

- SQL/PGQ: Это расширение PostgreSQL предлагает структуры данных и функции, оптимизированные для графовых операций, таких как поиск кратчайшего пути и обход графа. Оно позволяет разработчикам писать SQL-запросы, которые нативно обрабатывают графовые структуры в базе данных.

- Oracle Spatial and Graph: Этот продукт предлагает инструменты для работы с графовыми данными и аналитикой в рамках Oracle Database, включая поддержку анализа сетей, социальных сетей и связанных данных.

Для специфических требований и оптимизации производительности часто необходимо создавать пользовательские функции:

- Функции поиска путей: Разработка функций, которые реализуют алгоритмы поиска путей, такие как Дейкстры или A* (A-star), позволяет оптимизировать выполнение этих алгоритмов с учетом конкретной структуры данных.
- Функции анализа связности: Эти функции могут оценивать, как элементы в графе связаны друг с другом, что важно для анализа социальных сетей или систем, где важна структурная устойчивость.

Реализация графовых алгоритмов в SQL

Внедрение графовых алгоритмов в реляционные базы данных представляет собой сложный процесс, который включает планирование архитектуры, реализацию и поддержку системы [3]. Чтобы обеспечить эффективное функционирование графовых алгоритмов в SQL-системах, важно учитывать несколько ключевых аспектов. Во-первых, архитектурная интеграция требует разработки структуры базы данных, способной эффективно хранить и обрабатывать графовые данные. Это включает в себя создание таблиц для вершин и рёбер, а также применение индексов для ускорения процессов поиска и доступа к данным.

Во-вторых, важно оптимизировать запросы, особенно те, которые включают выполнение сложных операций с множественными соединениями. Эффективное использование индексов, хранимых процедур и настройка параметров выполнения могут значительно улучшить производительность. В-третьих, использование специализированных расширений и инструментов, например SQL/PGQ для PostgreSQL, может значительно упростить реализацию и использование графовых алгоритмов в SQL-среде, предоставляя дополнительные функции и операторы для обработки графов.

Практические кейсы использования графов в SQL

Графовые технологии находят применение в самых разных областях благодаря их уникальной способности анализировать и визуализировать сложные сетевые структуры.

В социальных сетях, например, графовые алгоритмы используются для анализа связей между пользователями, определения ключевых инфлюенсеров, а также для разработки функций рекомендации контента и друзей.

В биоинформатике графы применяются для анализа сложных биологических сетей, включая взаимодействия между белками и генами, что играет важную роль в понимании болезней и разработке новых лекарств.

В сфере логистики и транспорта использование графов способствует оптимизации маршрутов, расчёту времени доставки и управлению транспортными потоками, значительно повышая эффективность и сокращая затраты.

Заключение

Интеграция графовых технологий в SQL-базы данных является значительным шагом вперед в области управления и анализа данных. Разработка и внедрение этих технологий открывают новые возможности для улучшения аналитических функций и производительности систем. Использование графов позволяет преодолеть ограничения традиционных реляционных баз данных, что особенно важно в областях, требующих эффективного управления сложными и глубоко связанными данными. Графовые базы данных оказывают особенно значительное влияние в таких сферах, как социальные сети, биоинформатика, финансовые службы и логистика, где они позволяют быстрее и точнее

анализировать данные и вносят новые методики решения задач, такие как оптимизация маршрутов, анализ мошеннических схем и создание персонализированных рекомендаций.

Однако, несмотря на обширные возможности, интеграция графовых технологий в SQL предполагает преодоление ряда технологических и операционных вызовов, включая масштабируемость, производительность и управление данными, что требует постоянного внимания и инноваций для обеспечения эффективности и экономичности решений. Перспективы развития графовых технологий в SQL-базах данных выглядят многообещающими, учитывая улучшения в алгоритмах и технологиях, таких как искусственный интеллект и машинное обучение, которые открывают новые возможности для автоматизации и углубления аналитики. Дополнительные ресурсы и инструменты, предоставляемые ростом и развитием облачных платформ и сервисов, предоставляют дополнительные возможности для масштабирования и оптимизации графовых приложений.

Библиография:

[1] „Guest View: Relational vs. graph databases: Which to use and when?” [Online]. Available: https://sdtimes.com/databases/guest-view-relational-vs-graph-databases-use/
[2] Нидхем, М,, Ходлер, Э., *Графовые алгоритмы.* Moscow: ДМК Пресс, 2020.
[3] „How to implement a graph database in SQL Server by Esat Erkec” [Online]. Available: https://www.sqlshack.com/implement-graph-database-sql-server-2017/

INTELIGENȚA ARTIFICIALĂ ÎN MANAGEMENTUL BAZELOR DE DATE

Ana-Maria ERHAN

Departamentul Ingineria Software și Automatică, TI-201FR, Facultatea Calculatoare Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

Autorul corespondent: Ana-Maria Erhan, ana-maria.erhan@isa.utm.md

Îndrumătorul/coordonatorul științific **Dorian SARANCIUC**, lector universitar

Rezumat. *Articolul analizează impactul și aplicabilitatea Inteligenței Artificiale (IA) în managementul bazelor de date digitale. IA aduce inovații semnificative în optimizarea performanței, securitatea datelor și administrarea eficientă. Prin algoritmii de învățare automată, IA optimizează interogările SQL, soluționează problemele de securitate și automatizează task-urile repetitive ale administratorilor bazelor de date. Studii de caz precum proiectul Google's DeepMind în sănătate și Oracle Autonomous Database evidențiază succesul integrării IA în gestionarea și analiza datelor.*

Cuvinte cheie: *securitate, performanță, automatizare, machine learning, bază de date autonomă.*

Introducere

În era digitală în care trăim, Inteligența Artificială (IA) s-a impus ca un domeniu cheie al inovației, având un impact semnificativ în diverse sectoare. La baza acestei revoluții tehnologice se află conceptul complex al inteligenței artificiale, definită ca fiind abilitatea mașinilor de a imita procesele de gândire umană. Însă, conexiunea dintre IA și managementul bazelor de date reprezintă un aspect crucial, aducând valoare adăugată și transformând fundamental modul în care gestionăm și interacționăm cu informațiile digitale.

În termeni simpli, inteligența artificială înseamnă dotarea sistemelor informatice cu capacitatea de a învăța din experiență, de a analiza datele și de a lua decizii autonome. Această paradigmă a evoluat semnificativ de-a lungul anilor, îmbrățișând tehnologii precum machine learning, deep learning, și algoritmi avansați de procesare a limbajului natural.

Cum se traduce această abordare sofisticată în contextul specific al bazelor de date? Legătura dintre Inteligența Artificială și managementul bazelor de date se conturează ca un mediu sinergic în care inteligența mașinilor optimizează eficiența, securitatea și funcționalitatea acestor stocuri de informații vitale. Spre deosebire de abordările tradiționale, în care bazele de date erau gestionate manual, introducerea IA aduce cu sine o revoluție prin automatizarea unor sarcini complexe și optimizarea performanței.

Aplicații ale Inteligenței Artificiale în Managementul Bazelor de Date

Optimizarea Performanței. O modalitate prin care IA poate ajuta la optimizarea interogărilor SQL este prin optimizarea automată a interogărilor. Folosind algoritmi de învățare automată, IA poate analiza modele de interogare și poate identifica oportunitățile de optimizare automat. Acest lucru poate economisi timp și efort pentru administratorii și dezvoltatorii de baze de date, care altfel ar trebui să analizeze și să optimizeze manual fiecare interogare.

De exemplu, **Oracle Autonomous Database** folosește IA pentru a optimiza automat interogările SQL. Baza de date folosește algoritmi de învățare automată pentru a analiza modelele de interogări și pentru a optimiza automat interogările pentru performanță. Acest lucru poate îmbunătăți performanța bazei de date fără a necesita un efort manual semnificativ din partea administratorilor bazei de date.

AI poate ajuta la optimizarea interogărilor SQL prin identificarea indecșilor lipsă. Indecșii pot îmbunătăți semnificativ performanța interogărilor, permițând bazei de date să găsească și să recupereze rapid date. Cu toate acestea, alegerea indecșilor potriviți pentru a crea poate fi dificilă, mai ales că baza de date crește și se modifică în timp. AI poate ajuta la identificarea indecșilor lipsă analizând tiparele de interogări și sugerând noi indecși bazați pe performanța interogărilor.

De exemplu, **IBM Db2 AI for z/OS** poate analiza modele de interogare și poate identifica automat indecșii lipsă. Instrumentul poate sugera noi indecși pentru a crea și poate estima potențiala îmbunătățire a performanței din crearea fiecărui index. Acest lucru poate ajuta administratorii bazei de date să optimizeze interogările SQL și să îmbunătățească performanța generală a bazei de date [1].

Securitatea Datelor. Într-un mediu cibernetic caracterizat de complexitate și amenințări în continuă evoluție, Inteligența Artificială (IA) devine un partener esențial în eforturile de asigurare a securității datelor. Analiza comportamentului utilizatorilor și a modelelor de acces prin algoritmii de machine learning oferă o abordare proactivă și dinamică în detectarea potențialelor amenințări.

Algoritmii de IA pot identifica și interpreta modelele de acces, evaluând rapid dacă anumite acțiuni sunt în concordanță cu comportamentul normal al utilizatorilor sau reprezintă anomalii semnificative. De exemplu, dacă un utilizator obișnuit începe să aibă acces la seturi mari de date la ore neobișnuite sau începe să efectueze modificări la nivelul bazei de date într-un mod neobișnuit, sistemele de IA pot alerta imediat administratorii sau pot iniția măsuri automate de blocare a accesului pentru a preveni eventualele amenințări.

Prin integrarea tehnologiilor de criptare avansate, IA contribuie la protejarea datelor stocate în bazele de date împotriva oricăror tentativelor de acces neautorizat. Sistemele de IA pot gestiona și evalua dinamica complexă a criptării, asigurând un echilibru între securitate și accesibilitate, în funcție de politici și necesități specifice ale organizației.

Administrarea Datelor. Gestionarea eficientă a bazelor de date reprezintă o provocare semnificativă în mediul din ce în ce mai complex al tehnologiei moderne. Integrarea Inteligenței Artificiale (IA) aduce multiple avantaje, redefinind modul în care administrarea bazelor de date (DBA) abordează sarcini cronofage și repetiții. Automatizarea funcțiilor precum monitorizarea performanței, reglarea, backup-ul și recuperarea, eliberează resurse prețioase, permițând DBA-urilor să se concentreze pe inițiative strategice esențiale, cum ar fi guvernanța și securitatea datelor.

Prin adoptarea soluțiilor bazate pe IA, gestionarea proactivă a problemelor devine o realitate. Instrumentele de inteligență artificială monitorizează în mod constant jurnalele bazei de date, identificând activități neobișnuite și prevăzând potențialele întreruperi înainte de a afecta performanța. De exemplu, capacitatea IA de a prezice momentele critice, cum ar fi epuizarea spațiului pe disc, asigură o intervenție anticipată și elimină riscul întreruperilor neașteptate.

Performanța și scalabilitatea bazelor de date sunt optimizate prin intermediul IA, care rafinează planurile de execuție a interogărilor, gestionează eficient resursele și detectează și elimină blocajele. Această abordare contribuie la asigurarea unei experiențe de utilizare fluentă și a unei infrastructuri de date adaptate la cerințele în continuă schimbare ale organizației.

Îmbunătățirea securității este un alt beneficiu major al integrării AI în administrarea bazelor de date. Prin identificarea și atenuarea vulnerabilităților, precum și prin detectarea și blocarea activităților rău intenționate, DBA-urile pot întări cu succes apărarea împotriva amenințărilor cibernetice în evoluție constantă.

Calitatea datelor, o componentă esențială a administrării bazelor de date, poate fi îmbunătățită prin aplicarea tehnologiilor AI. Aceasta include identificarea și corectarea erorilor, eliminarea datelor duplicate și îmbogățirea seturilor de date cu informații suplimentare. Astfel, organizațiile pot beneficia de date mai precise și relevante în procesele lor decizionale.

Este important de subliniat că, în ciuda facilităților aduse de IA, rolul vital al DB-urilor persistă. Cu sprijinul AI, aceștia devin mai eficienți în sarcinile lor cotidiene, eliberând timp

pentru a se dedica inițiativelor strategice și pentru a se adapta la schimbările continue din peisajul tehnologic. Pe măsură ce evoluția tehnologică continuă, putem anticipa inovații și schimbări perturbatoare în utilizarea AI pentru îmbunătățirea administrării bazelor de date [2].

Studii de Caz și Exemple Practice

Google's DeepMind, prin proiectul său în domeniul sănătății denumit Streams – o aplicație mobilă, demonstrează impactul pozitiv al inteligenței artificiale în gestionarea și analiza datelor medicale. Aplicația dată, al cărei concept vizual este ilustrat în figura 1, este folosită cu scopul de a ajuta profesioniștii din domeniul sănătății să monitorizeze și să gestioneze datele pacienților în timp real.

Baza de date a aplicației este concepută pentru a stoca și gestiona datele medicale ale pacienților, incluzând informații despre starea lor de sănătate, tratamente, teste și alte informații relevante. Inteligența artificială este integrată în aplicație pentru a ajuta la analizarea și interpretarea datelor, identificând modele sau anomalii care ar putea fi semnificative pentru diagnostic și tratament. Aceasta poate oferi, de asemenea, sugestii sau recomandări bazate pe date pentru profesioniștii din domeniul medical.

Prin utilizarea algoritmilor avansați de machine learning, DeepMind analizează seturi masive de date medicale pentru a identifica modele și pentru a oferi insight-uri utile în diagnosticare și tratament. În colaborare cu medicii, DeepMind a dezvoltat algoritmi care pot detecta mai rapid afecțiuni precum retinopatia diabetică, contribuind la îmbunătățirea eficacității diagnosticului și a tratamentului [3].

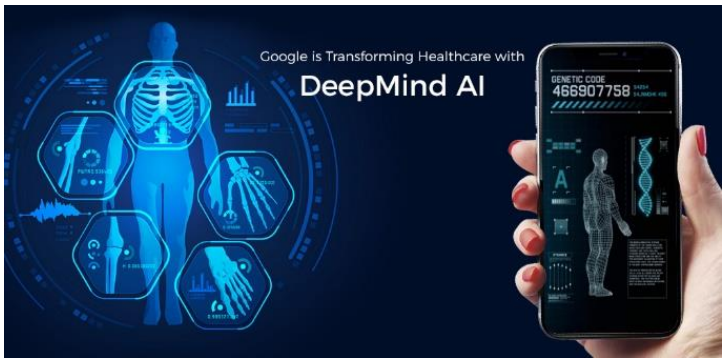


Figura 1. Conceptul vizual al aplicației mobile Streams

Oracle a introdus Autonomous Database - o bază de date autonomă ce reprezintă o bază de date gazduită în cloud care utilizează tehnici de învățare automată pentru a automatiza sarcinile de reglare, securitate, backup-uri și actualizări, obișnuite în gestionarea bazei de date de către administratorii tradiționali. În contrast cu bazele de date convenționale, o bază de date autonomă poate gestiona aceste sarcini și altele fără intervenția umană.

Diverse tehnologii inteligente esențiale susțin bazele de date autonome, facilitând automatizarea sarcinilor cruciale, precum întreținerea regulată, scalarea, securitatea și ajustarea performanței. De exemplu, algoritmii de învățare automată și inteligența artificială ale unei baze de date autonome includ optimizarea interogărilor, gestionarea automată a memoriei și administrarea stocării pentru a asigura o bază de date complet auto-reglată.

Prin analizarea datelor și detectarea modelelor sau valorilor anormale, algoritmii de învățare automată sprijină îmbunătățirea securității bazelor de date, intervenind înainte ca eventualele amenințări să poată afecta sistemul. De asemenea, învățarea automată poate automatiza și îmbunătăți procesele de corectare, reglare, backup și actualizare continuă a sistemului, minimizând riscul de erori umane sau de acțiuni malefice care ar putea afecta operațiunile sau securitatea bazei de date [4, 5].

Tehnologii și Instrumente AI în Managementul Bazelor de Date

Machine Learning și Predictive Analytics. Utilizarea Machine Learning (ML) în managementul bazelor de date permite realizarea de predicții și analize avansate asupra datelor. Algoritmii de învățare automată pot identifica modele complexe în datele existente, oferind astfel previziuni cu privire la tendințe viitoare. De exemplu, un sistem bazat pe ML poate analiza istoricul datelor de vânzări pentru a anticipa cererea viitoare și pentru a optimiza stocurile în consecință. Astfel, ML îmbunătățește luarea deciziilor și eficiența operațională în gestionarea bazelor de date.

Natural Language Processing (NLP). Natural Language Processing (NLP) facilitează interacțiunea cu bazele de date prin intermediul limbajului natural. Acest instrument permite utilizatorilor să formuleze comenzi sau interogări în limbajul lor obișnuit, accelerând procesul de extragere a informațiilor. De exemplu, un sistem bazat pe NLP poate răspunde la comenzi vocale sau la întrebări scrise, facilitând accesul la datele din baza de date fără a necesita cunoștințe avansate în limbajul de interogare SQL.

Automatizarea Task-urilor Repetitive. Roboții de automatizare pot fi implementați în managementul bazelor de date pentru a gestiona task-uri repetitive și consumatoare de timp. De exemplu, un robot de automatizare poate să efectueze indexarea automată a datelor noi introduse în baza de date sau să administreze rutinele de întreținere, precum backup-ul și restaurarea.

Concluzii

În concluzie, integrarea Inteligenței Artificiale (IA) în managementul bazelor de date marchează o paradigmă revoluționară în gestionarea informațiilor digitale. De la optimizarea performanței la asigurarea securității datelor și facilitarea administrării, IA redefinește fundamental modul în care ne raportăm la bazele de date.

Optimizarea performanței, realizată prin algoritmi de machine learning care automatizează și optimizează interogările SQL, aduce eficiență în gestionarea bazelor de date, economisind timp și resurse. Securitatea datelor este întărită de analiza comportamentului utilizatorilor și de aplicarea tehnologiilor avansate de criptare, asigurând protecție împotriva amenințărilor cibernetice în evoluție.

Administrarea datelor devine mai agilă și proactivă, cu ajutorul inteligenței artificiale care automatizează task-uri repetitive și facilitează gestionarea complexității într-un mediu tehnologic în continuă schimbare. Studii de caz precum proiectul Google's DeepMind în sănătate și soluția Oracle Autonomous Database demonstrează impactul real al IA în domeniul practic.

În final, tehnologiile AI precum Machine Learning, Natural Language Processing și automatizarea task-urilor repetitive aduc beneficii semnificative în transformarea managementului bazelor de date. Această evoluție continuă promite să redefinească complet modul în care interacționăm cu datele digitale, deschizând drumul către inovații și eficiență sporită în gestionarea informațiilor.

Bibliografie

[1] *„How AI can help you optimize SQL queries*” [Online]. Available: https://www.logicloop.com/posts/how-ai-can-help-you-optimize-sql-queries
[2] *„How AI can enhance Database Administration”* [Online]. Available: https://www.linkedin.com/pulse/how-ai-can-enhance-database-administration-veda-santosh-badam/
[3] *„Scaling Streams with Google”* [Online]. Available: https://deepmind.google/discover/blog/scaling-streams-with-google/
[4] *„Autonomous Database”* [Online]. Available: https://www.oracle.com/ro/autonomous-database/
[5] *„What Is an Autonomous Database?”* [Online]. Available: https://www.oracle.com/in/autonomous-database/what-is-autonomous-database/

INTEGRAREA APACHE KAFKA CU BAZE DE DATE: STRATEGII, BENEFICII ȘI PROVOCĂRI

Dan MORCOV

Technical University of Moldova, Faculty of Computers, Informatics and Microelectronics, group TI-201 FR, Chișinau, Republic of Moldova

Autorul corespondent: Dan Morcov, dan.morcov@isa.utm.md

Îndrumătorul/coordonatorul ştiinţific **Dorian SARANCIUC**, lector universitar

Rezumat: *Articolul prezent analizează conceptul de integrare a Apache Kafka cu diferite sisteme de baze de date. Este prezentată o analiză detaliată a strategiilor de implementare, evidențiind cum Apache Kafka poate fi utilizat pentru a îmbunătăți performanța, scalabilitatea și fiabilitatea bazei de date. Sunt discutate beneficiile aduse de Apache Kafka în cadrul arhitecturilor moderne de date, inclusiv capacitatea sa de a facilita procesarea evenimentelor în timp real și de a asigura o comunicare eficientă între diferite baze de date și aplicații. De asemenea, sunt abordate provocările întâlnite în timpul integrării, cum ar fi gestionarea latenței și a consistenței datelor.*

Cuvinte cheie: *integrare, scalabilitate, performanță, latență, arhitectură*

Conceptul de Integrare a Apache Kafka

Apache Kafka este o platformă de streaming distribuit ce permite gestionarea eficientă a fluxurilor mari de date în timp real. Este proiectată să fie durabilă, rapidă și scalabilă, facilitând transmiterea datelor între sisteme și aplicații diferite. Kafka funcționează pe baza unui model de publicare-abonare și permite stocarea datelor într-un registru temporal distribuit, garantând astfel procesarea și analiza în timp real. Prin integrarea cu sistemele de baze de date, Kafka îmbunătățește capacitățile de decizie și reacție ale organizațiilor, adaptându-se la diverse cerințe și volume de date, fără a compromite performanța sau integritatea datelor [1].

Apache Kafka este utilizat într-o varietate de scenarii și domenii datorită abilității sale de a procesa și a transmite volume mari de date în timp real. Iată câteva exemple de utilizare:

1. Sisteme de Procesare a Evenimentelor: Kafka este folosit pentru a construi arhitecturi reactive care pot gestiona evenimente în timp real, cum ar fi tranzacțiile financiare sau monitorizarea activității utilizatorilor pe o platformă online.
2. Analiza Datelor în Timp Real: Companiile care necesită analize rapide, cum ar fi detectarea fraudelor sau monitorizarea media socială, folosesc Kafka pentru a colecta și procesa date pentru obținerea de insight-uri instantanee.
3. Microservicii și Arhitecturi Orientate pe Evenimente: Kafka facilitează comunicarea între microservicii, permitând un flux de date decuplat și eficient între diferite componente ale unei aplicații.

Aplicații Specifice ale Apache Kafka în Sistemele Moderne

Apache Kafka este recunoscut ca un sistem de mesagerie distribuită de înaltă performanță, esențial pentru arhitecturile de date scalabile și fiabile. Prin design-ul său, Kafka facilitează un flux de date decuplat între producători și consumatori, ceea ce permite sistemele să publice și să consume mesaje într-un mod asincron. Acest lucru este vital pentru organizațiile care operează cu rețele extinse de senzori IoT, cum ar fi în industria manufacturieră, smart cities sau în managementul infrastructurii critice, unde colectarea datelor în timp real și reacția promptă la evenimente sunt imperativ necesare.

Acesta poate gestiona fluxuri de date în timp real provenite de la senzori și camere, procesând informații vitale pentru decizii de navigație și siguranță. Kafka asigură astfel nu doar o distribuție eficientă a datelor, ci și o arhitectură rezistentă la puncte unice de defecțiune, aspect crucial pentru aplicații unde siguranța este primordială [2].

Kafka și Big Data

În contextul Big Data, Kafka se impune ca un instrument indispensabil în lanțul de procesare a datelor. Este capabil să gestioneze volume imense de informații, preluând datele generate de diverse surse - de la click-streams pe platforme web la semnale generate de echipamentele conectate în rețea. Kafka funcționează ca un sistem de ingestie de date în timp real, oferind un buffer între sursele de date și sistemele de analiză, cum ar fi Apache Hadoop și Apache Spark. Acest lucru permite companiilor să asambleze și să proceseze date într-un mediu distribuit, optimizând timpul de răspuns pentru insight-uri analitice și acțiuni bazate pe date.

De exemplu, în analiza comportamentului consumatorilor, Kafka poate fi folosit pentru a capta interacțiunile clienților în diferite puncte de contact, furnizând o viziune holistică asupra călătoriei clienților. În plus, Kafka este un element cheie în sistemele de procesare a evenimentelor complexe (CEP), unde datele trebuie să fie filtrate, agregate și corelate în timp real pentru a detecta modele, a declanșa alerte sau pentru a iniția procese automate. În industria financiară, de exemplu, Kafka este utilizat pentru a procesa tranzacții și pentru a detecta fraudele într-un timp foarte scurt, contribuind astfel la protecția atât a instituțiilor, cât și a clienților lor.Procesul de prelucrare al Big Data în Kafka se poate observa în Fig. 1.

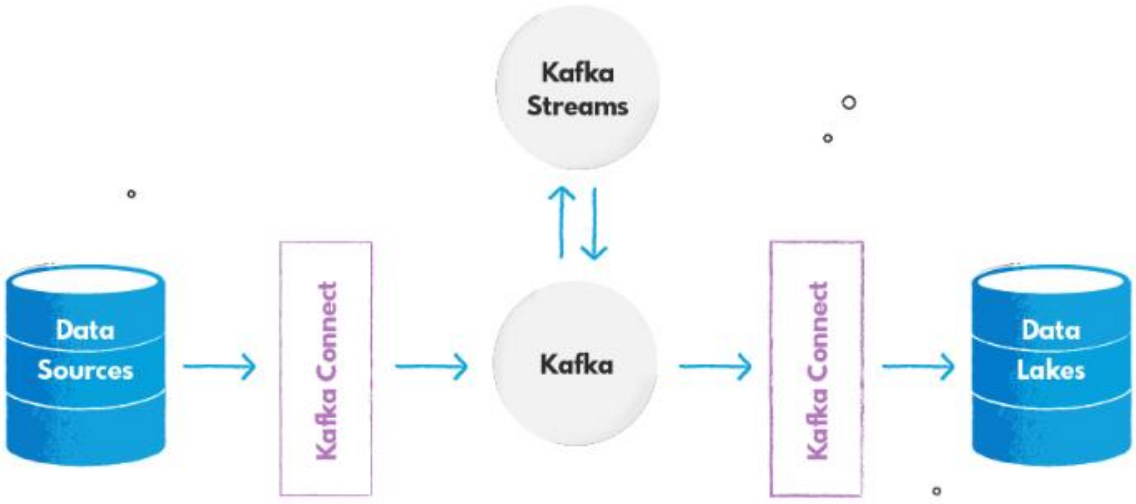


Figura 1. Arhitectura procesării Big Data în Kafka

Aprofundarea Capacităților ale Apache Kafka

Apache Kafka reprezintă coloana vertebrală a arhitecturilor orientate pe evenimente, unde datele nu sunt doar stocate, ci reprezintă un flux continuu de informații care reflectă starea dinamică a sistemelor. Aceasta presupune o paradigmă în care schimbările de stare sunt emise ca evenimente individuale, care pot fi apoi consumate de multiple aplicații, fie pentru actualizarea bazelor de date, fie pentru trigger-ul unor acțiuni în timp real. Această abordare permite o viziune granulară asupra datelor și o reacție promptă la schimbările de context, esențială în domenii precum monitorizarea infrastructurii IT, sistemelor financiare sau în implementarea soluțiilor IoT [3].

Kafka și Durabilitatea Datelor

Kafka a fost conceput să servească ca un registru distribuit de evenimente, oferind o soluție robustă pentru problemele de durabilitate și integritate a datelor în sistemele la scară

mare. Într-un context în care organizațiile se bazează din ce în ce mai mult pe date pentru a-și conduce operațiunile de zi cu zi și pentru a lua decizii strategice, capacitatea de a reține și de a accesa date istorice devine esențială.

Pentru a atinge acest obiectiv, Kafka implementează conceptul de "log compaction", care permite păstrarea unui subset compact al evenimentelor astfel încât să se mențină o imagine completă a stării curente, eliminând duplicările, dar păstrând istoricul schimbărilor. Această abordare asigură că datele pot fi redate și starea sistemului poate fi reconstruită chiar și după defecțiuni sau reconstrucții ale nodurilor Kafka.

Pe lângă stocarea datelor, Kafka oferă și garanții de tranzacționalitate. Tranzacțiile în Kafka permit actualizări atomice și izolate în multiple topice și partiții, ceea ce este vital pentru aplicațiile care se bazează pe date consistente și corecte pentru a funcționa corect. De exemplu, într-un sistem de procesare a plăților, tranzacțiile trebuie să fie atât durabile, cât și consistent executate pentru a preveni fraudele sau inexactitățile. Procesul de stocare a datelor în Kafka va fi prezentat în Fig. 2 [4].

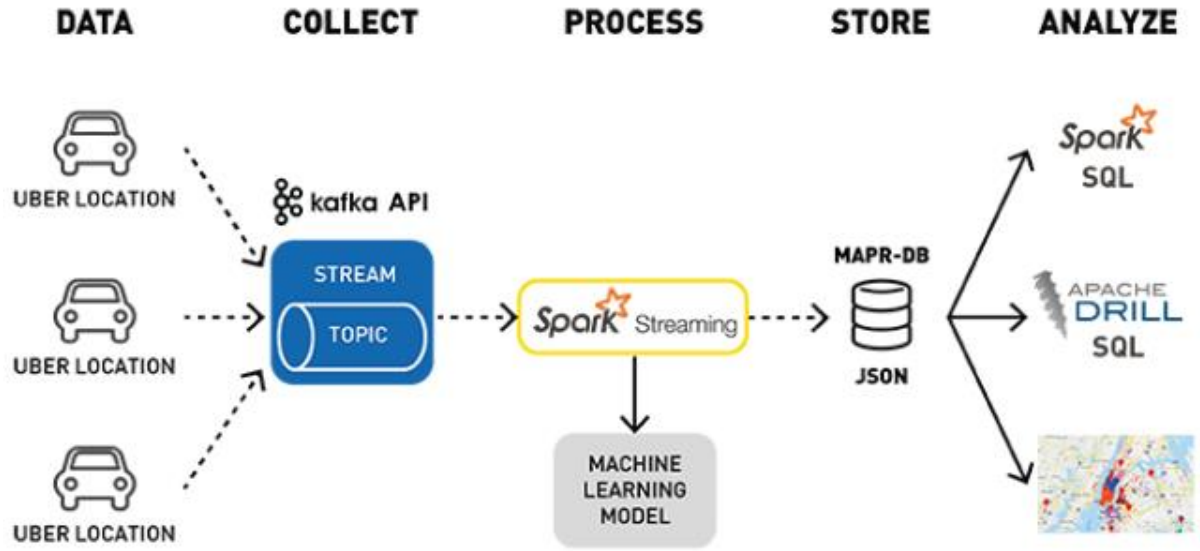


Figura 2. Procesul de stocare/procesare al datelor în Apache Kafka

Concluzii

În concluzie, Kafka îmbogățește ecosistemul de administrare a datelor prin facilitarea unei arhitecturi de date eveniment-driven, care oferă durabilitate, scalabilitate și performanță. Prin acest model, Kafka permite administratorilor baze de date să răspundă provocărilor moderne ale prelucrării datelor și să sprijine organizațiile în obținerea de insight-uri strategice, asigurând astfel o contribuție valoroasă la succesul afacerilor în era digitală.

Prin implementarea Apache Kafka, administratorii de baze de date pot beneficia de un sistem avansat de gestionare a fluxurilor de date, care îmbunătățește semnificativ capacitatea de a monitoriza și a reacționa la evenimente în timp real. Kafka permite administratorilor să configureze topice pentru a colecta date din diferite surse, facilitând astfel agregarea și centralizarea informațiilor. Această colectare centralizată simplifică sarcini precum auditul tranzacțiilor, backup-ul datelor și monitorizarea integrității datelor.

Mai mult, Kafka oferă administratorilor de baze de date uneltele necesare pentru a construi sisteme de detecție a anomaliilor și de trigger automat al proceselor de recuperare, contribuind la reducerea downtime-ului și la asigurarea disponibilității înalte. De exemplu, Kafka poate fi utilizat pentru a detecta și a reacționa la încărcări neobișnuite de date sau la erori în tranzacțiile bazei de date, permițând o intervenție rapidă și eficientă pentru a preveni pierderea datelor sau coruperea acestora.

Bibliografie

[1] Neha Narkhede, Gwen Shapira, Todd Palino, "Kafka: The Definitive Guide", 2017.
[2] Apache Kafka Documentation [Resursă electronică]: Regim de acces: https://kafka.apache.org/documentation/
[3] Provocările în Integrarea Kafka cu Baze de Date Tradiționale [Resursă electronică]: Regim de acces: https://www.ibm.com/docs/en/mas-cd/maximo-manage/8.3.0?topic=applications-integration-by-using-apache-kafka
[4] Strategii de Integrare Apache Kafka [Resursă electronică]: Regim de acces: http://www.cloudurable.com/blog/kafka-architecture/index.html

SPRING DATA JPA

Iulian-Bogda DARZU

Technical University of Moldova, Faculty of Computers, Informatics and Microelectronics, group TI-218, Chișinau, Republic of Moldova

Autorul corespondent: Iulian-Bogdan Darzu, iulian-bogdan.darzu@isa.utm.md

Îndrumătorul/coordonatorul științific **Dorian SARANCIUC**, lector universitar

Rezumat: *Acest articol explorează conceptul de integrare a Spring Data JPA în diverse sisteme de baze de date. Se va realiza o analiză detaliată a strategiilor de implementare, evidențiind îmbunătățirile aduse de Spring Data JPA în performanță, scalabilitate și fiabilitatea bazelor de date. Vor fi discutate beneficiile oferite de Spring Data JPA în contextul arhitecturilor moderne de date, inclusiv capacitatea sa de a simplifica operațiile CRUD și de a facilita interacțiunea cu bazele de date relaționale. Aspecte precum procesarea eficientă a datelor în timp real și comunicarea fluidă între diverse baze de date și aplicații vor fi evidențiate. De asemenea, se vor explora provocările potențiale în timpul integrării, precum gestionarea tranzacțiilor și optimizarea performanței. Studii de caz specifice vor fi prezentate pentru a exemplifica modul în care integrarea Spring Data JPA poate aduce soluții practice în diferite domenii de aplicare. Accentul se va pune pe adaptabilitatea în arhitecturile hibride și pe paradigmele eficiente de manipulare a datelor oferite de Spring Data JPA.*

Cuvinte cheie: *integrare, scalabilitate, performanță, tranzacții, arhitectură.*

Introducere

Spring Data JPA reprezintă o parte a ecosistemului Spring Framework și oferă un cadru simplificat pentru interacțiunea cu bazele de date în aplicațiile Java. Mai precis, Spring Data JPA se axează pe Java Persistence API (JPA), care este o specificație Java pentru gestionarea datelor persistente într-un mod obiect-relațional.

Eficiență în Dezvoltare:

Spring Data JPA contribuie la eficiența dezvoltării prin furnizarea unor interfețe predefinite, cum ar fi JpaRepository, care oferă metode automate pentru operațiile de bază CRUD (Create, Read, Update, Delete). Acest lucru elimină nevoia de a scrie manual cod repetitiv și complex asociat manipulării datelor în bazele de date, permițând dezvoltatorilor să se concentreze mai mult asupra logicilor de afaceri esențiale ale aplicației.

Transparență Obiect-Relațională:

Spring Data JPA abstractizează detaliile de interacțiune cu baza de date, permițând dezvoltatorilor să opereze cu obiecte Java în loc de a gestiona direct interogări SQL și structura bazei de date. Aceasta traduce într-o mai mare claritate în cod și într-o concentrare sporită asupra modelării obiectelor, fără a fi nevoie de cunoștințe avansate în limbajul SQL sau detaliile interne ale bazei de date.

În rezumat, Spring Data JPA nu numai că optimizează procesul de dezvoltare, ci și îmbunătățește abordarea dezvoltatorilor asupra gestionării datelor persistente în cadrul aplicațiilor Java, oferind un nivel mai înalt de abstractizare și transparență.

Funcționalități Cheie: Spring Data JPA

- Repository Interfaces: Oferă interfețe predefinite (de exemplu, JpaRepository) care furnizează operații CRUD automate, eliminând necesitatea scrierii manuale a acestora.
- Query Methods: Permite definirea de metode în interfețele de repository pentru interogări personalizate, bazate pe convenții de numire a metodelor.

- Gestionarea Relațiilor: Simplifică gestionarea relațiilor între entități prin intermediul unor anotări precum @OneToOne și @OneToMany.

Configurarea Proiectului

- Dependențe Maven: Adăugarea dependențelor Maven pentru Spring Data JPA și driver-ului de bază de date în fișierul de proiect.
- Configurarea Surselor de Date: Specificarea detaliilor conexiunii la baza de date în fișierele de configurare (application.properties sau application.yml).

Avantaje Pragmatice

- Ușurința de Utilizare: Abordarea intuitivă și interfețele predefinite fac Spring Data JPA accesibil chiar și pentru dezvoltatorii începători.
- Eficiență în Operare: Reducerea efortului necesar pentru manipularea datelor conduce la cod mai curat și mai ușor de întreținut.

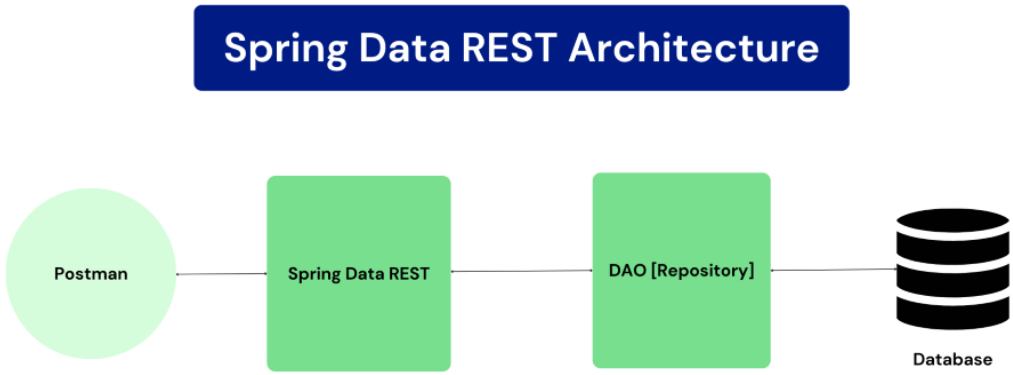


Figura 1. Cum are loc accesarea datelor

Beneficiile Spring Data JPA

- Ușurința de Utilizare: Spring Data JPA oferă o abordare intuitivă și interfețe predefinite, ceea ce face platforma accesibilă și prietenoasă pentru dezvoltatorii de toate nivelele de experiență. Interfețele predefinite, cum ar fi JpaRepository, simplifică semnificativ modul în care dezvoltatorii interacționează cu baza de date, oferind metode convenabile pentru operațiile de bază. Aceasta facilitează învățarea și implementarea Spring Data JPA chiar și pentru cei care sunt la început în domeniu.
- Eficiență în Operare: Prin eliminarea codului repetitiv și simplificarea operațiilor CRUD, Spring Data JPA contribuie la reducerea efortului necesar pentru manipularea datelor. Dezvoltatorii pot se concentra asupra logicii de afaceri, fără a fi nevoie să gestioneze detaliile tehnice ale interacțiunii cu baza de date. Acest aspect nu numai că optimizează timpul de dezvoltare, dar și menține codul mai curat și mai ușor de întreținut în timp.

În concluzie, Spring Data JPA nu doar aduce beneficii tehnice, ci și pragmatice, facilitând experiența dezvoltatorilor și contribuind la dezvoltarea și întreținerea eficientă a aplicațiilor Java.

Configurarea Proiectului

Configurarea unui proiect cu Spring Data JPA implică pași esențiali pentru gestionarea dependențelor și definirea surselor de date. Iată o explicație mai detaliată a acestor pași:

Dependențe Maven

În fișierul pom.xml al proiectului, adăugați dependențele Maven necesare pentru Spring Data JPA și driver-ul de bază de date pe care intenționați să îl utilizați. Aceasta poate arăta în felul următor:

```xml
<dependencies>
    <!-- Alte dependențe -->

    <!-- Spring Data JPA -->
    <dependency>
        <groupId>org.springframework.boot</groupId>
        <artifactId>spring-boot-starter-data-jpa</artifactId>
    </dependency>

    <!-- Driver pentru baza de date (de exemplu, pentru MySQL) -->
    <dependency>
        <groupId>mysql</groupId>
        <artifactId>mysql-connector-java</artifactId>
    </dependency>
</dependencies>
```

Figura 2. Setarea in Pom a dependentelor

Configurarea Surselor de Date:

În fișierele de configurare, cum ar fi application.properties sau application.yml, specificați detaliile conexiunii la baza de date. De exemplu, pentru o conexiune la o bază de date MySQL, fișierul application.properties poate arăta astfel:

```
# Configurare Spring Data JPA
spring.datasource.url=jdbc:mysql://localhost:3306/nume_baza_date
spring.datasource.username=utilizator
spring.datasource.password=parola
spring.datasource.driver-class-name=com.mysql.cj.jdbc.Driver

# Alte configurări
spring.jpa.hibernate.ddl-auto=update
spring.jpa.show-sql=true
```

Figura 3. Configurarea surselor de Date

Aceste configurări pot varia în funcție de tipul de bază de date pe care îl utilizați. Asigurați-vă că configurați parametrii relevanți, cum ar fi URL-ul bazei de date, numele utilizatorului și parola în concordanță cu mediul dvs. de dezvoltare.

Acești doi pași esențiali asigură că proiectul dvs. este pregătit să utilizeze Spring Data JPA pentru gestionarea datelor în aplicația Java.

Concluzii

În concluzie, Spring Data JPA reprezintă un instrument indispensabil pentru dezvoltatorii Java, oferind nu doar eficiență, ci și o revoluție în modul de gestionare a datelor în aplicații. Prin eliminarea complexității operațiilor CRUD și prin furnizarea de interfețe intuitive, acest cadru nu

numai că accelerează dezvoltarea, dar transformă fundamental procesul de interacțiune cu bazele de date. De la proiecte mici la enterprise, Spring Data JPA rămâne o alegere fundamentală, echilibrând cu maestrie ușurința de utilizare cu puterea de adaptabilitate. În consecință, devine evident că acest instrument nu este doar benefic, ci esențial pentru construirea și întreținerea aplicațiilor Java moderne, redefinind cu succes paradigma dezvoltării eficiente și sustenabile.

Bibliografie

[1] Spring. Spring Data JPA. Accesat la 01.02.2024.
[2] Oracle. Java. Accesat la 01.02.2024.
[3] Baeldung. Stratul de Persistență cu Spring Data JPA. Accesat la 01.02.2024.
[4] JournalDev. Spring Boot. Accesat la 01.02.2024.

BAZE DE DATE SQL: COCKROACHDB

Marian CONDORACHI

Departamentul Ingineria Software și Automatică, TI-201FR, Facultatea Calculatoare Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

Autorul corespondent: Marian CONDORACHI, marian.condorachi@isa.utm.md

Îndrumătorul/coordonatorul științific **Dorian SARANCIUC**, lect. univ.

Rezumat. *Această lucrare explorează caracteristicile și avantajele CockroachDB, o bază de date distribuită SQL care încorporează principii inovatoare pentru a oferi scalabilitate, consistență și fiabilitate. Spre deosebire de bazele de date tradiționale SQL, CockroachDB se distinge prin arhitectura sa distribuită, concepută pentru a asigura disponibilitatea ridicată și toleranța la eșecuri în medii distribuite geografic. Această abordare permite CockroachDB să ofere atât consistență de date riguroasă, cât și scalabilitate orizontală, rezolvând astfel unele dintre cele mai mari provocări ale bazelor de date relaționale tradiționale. Într-o eră în care aplicațiile necesită acces continuu la date, indiferent de locație sau de condiții de rețea, CockroachDB oferă o soluție robustă prin replicarea automată și distribuția inteligentă a datelor. Astfel, asigură durabilitatea și accesibilitatea datelor chiar și în fața întreruperilor de rețea sau a defecțiunilor hardware. De asemenea, CockroachDB este compatibil cu SQL standard, facilitând astfel adoptarea și integrarea în sisteme existente, în timp ce oferă avantajele unei infrastructuri distribuite. Această combinație între funcționalitățile SQL cunoscute și capacitățile avansate de gestionare a datelor face din CockroachDB o soluție puternică pentru companiile care se confruntă cu cerințe de date la scară largă și în continuă evoluție.*

Cuvinte cheie: *CockroachDB, bază de date distribuită, SQL, consistență, scalabilitate, disponibilitate.*

Introducere

În era digitală actuală, gestionarea eficientă a datelor la scară largă a devenit o necesitate crucială pentru multe organizații. În acest context, CockroachDB a emigrat ca o soluție inovatoare în peisajul tehnologic, oferind o abordare revoluționară a stocării și manipulării datelor. Această bază de date distribuită SQL este proiectată pentru a răspunde cerințelor din ce în ce mai complexe ale aplicațiilor moderne, combinând flexibilitatea, scalabilitatea și fiabilitatea într-un mod care redefinește managementul datelor tradițional.

Caracteristica principală a CockroachDB este arhitectura sa distribuită, care permite nu doar o scalabilitate orizontală masivă, dar asigură și o disponibilitate înaltă și o toleranță la eșecuri, caracteristici esențiale pentru sistemele de date critice [1]. Prin replicarea automată și distribuția inteligentă a datelor, CockroachDB oferă o platformă robustă și rezistentă, capabilă să mențină operabilitatea și consistența datelor chiar și în fața unor întreruperi majore ale rețelei sau a defecțiunilor hardware.

Mai mult, CockroachDB se integrează armonios cu ecosistemul SQL existent, oferind compatibilitate cu interogările SQL standard și facilitând astfel adoptarea și migrarea de la sistemele de baze de date tradiționale. Această capacitate de a combina un limbaj familiar cu noi tehnologii de gestionare a datelor este un mare avantaj pentru dezvoltatori și administratori de baze de date.

Pe măsură ce ne confruntăm cu provocări de date tot mai complexe, CockroachDB se prezintă ca un instrument esențial pentru organizații, furnizând o soluție durabilă, eficientă și adaptabilă pentru gestionarea datelor. Această lucrare va explora în detaliu caracteristicile,

beneficiile și potențialul aplicațiilor CockroachDB, demonstrând cum această tehnologie poate transforma infrastructura de date a unei organizații.

Caracteristici Cheie

Printre caracteristicile cheie ale CockroachDB sunt:

- Suportă tranzacții ACID [2] (Atomicitate, Consistență, Izolare, Durabilitate).
- Asigură replicare automată și distribuție a datelor pentru a oferi disponibilitate și rezistență la eșecuri.
- Scalabilitate orizontală, permițând adăugarea ușoară de noduri suplimentare pentru a gestiona creșterea volumului de date sau a cererilor.

Arhitectura și Designul CockroachDB

CockroachDB este construit pe o arhitectură distribuită, care permite rularea simultană a mai multor instanțe (sau "noduri") ale bazei de date în diferite locații fizice sau cloud-uri (Fig.1).

Fiecare nod în CockroachDB este auto-suficient, ceea ce înseamnă că poate funcționa independent și colabora cu alte noduri pentru a forma un sistem coeziv și consistent. Datele sunt automat fragmentate în unități mai mici, numite "range-uri", care sunt distribuite uniform și replicat pe mai multe noduri [3]. Această abordare asigură echilibrul sarcinii și optimizarea performanței pe întregul cluster. CockroachDB facilitează adăugarea sau îndepărtarea nodurilor fără întreruperi, permițând scalarea orizontală eficientă a resurselor în funcție de necesități.

Scalabilitatea este gestionată dinamic, cu redistribuirea automată a datelor în cluster pentru a menține performanța optimă. Prin replicarea datelor pe mai multe noduri [4], CockroachDB asigură o înaltă disponibilitate și rezistență la eșecuri. În cazul în care un nod se defectează, celelalte noduri preiau sarcinile acestuia, minimizând astfel orice impact asupra disponibilității și performanței.

Implementează mecanisme de recuperare rapidă și eficientă în caz de eșecuri, reducând semnificativ timpul de inactivitate.

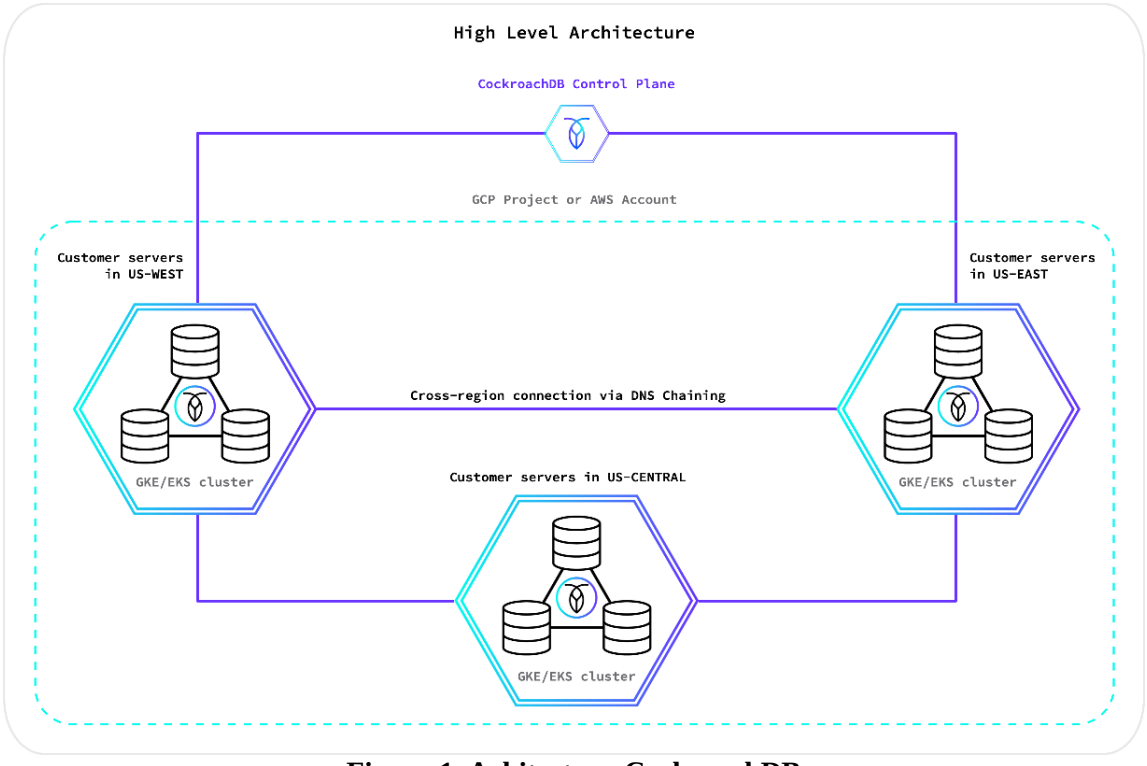


Figura 1. Arhitectura CockroachDB

Avantajele CockroachDB

Avantajele CockroachDB sunt enumerate mai jos.

- Durabilitate în Fața Eșecurilor. CockroachDB asigură continuitatea operațiunilor chiar și în cazul în care unele noduri sau întregi zone sunt indisponibile.
- Recuperare Rapidă. Datorită replicării datelor pe mai multe noduri, sistemul se poate reface rapid după eșecuri, reducând semnificativ timpul de nefuncționare.
- Nativ Cloud. Conceput pentru a rula eficient în medii cloud, CockroachDB [3] exploatează avantajele flexibilității și scalabilității cloud-ului.
- Suport Multi-Regiune. Permite distribuția datelor și operațiunilor pe mai multe regiuni geografice, optimizând performanța și asigurând conformitatea cu reglementările locale de date.
- Mecanisme Avansate de Securitate. Include criptarea datelor în repaus și în tranzit, controlul accesului bazat pe roluri și audit complet al activităților.
- Izolare a Datelor. Permite configurarea detaliată pentru a izola datele și a proteja împotriva accesului neautorizat, esențial în mediile multi-tenant.



Figura 2. Caracteristici CockroachDB

Concluzii

CockroachDB, în calitatea sa de bază de date distribuită SQL, reprezintă o evoluție semnificativă în lumea gestionării datelor, adresând eficient provocările dinamice și complexe ale mediilor de afaceri contemporane. Prin arhitectura sa robustă și capacitatea de a asigura scalabilitate orizontală, toleranță la eșecuri și consistență a datelor, CockroachDB oferă o soluție modernă și eficientă pentru organizațiile care caută să optimizeze managementul datelor în era digitală.

Unul dintre cele mai impresionante avantaje ale CockroachDB este capacitatea sa de a menține un nivel înalt de disponibilitate și durabilitate, aspecte esențiale într-o lume unde accesul la date în timp real și fiabilitatea acestora sunt imperative. Arhitectura sa distribuită asigură o reziliență remarcabilă în fața defecțiunilor hardware și a întreruperilor de rețea, garantând astfel continuitatea afacerii chiar și în condiții neprevăzute.

Compatibilitatea CockroachDB cu SQL standard facilitează integrarea și migrarea de la sistemele de baze de date tradiționale, permițând organizațiilor să beneficieze de avantajele unei infrastructuri distribuite fără a sacrifica familiaritatea și expertiza acumulată în lucrul cu SQL. Această combinație între tehnologie avansată și un limbaj de interogare consacrat reprezintă un echilibru valoros între inovație și accesibilitate.

Totodată, CockroachDB răspunde nevoii crescânde de scalabilitate în cadrul organizațiilor. Într-o lume unde volumul de date crește exponențial, capacitatea de a scala orizontal, adăugând mai multe noduri fără a compromite performanța sau consistența datelor,

este crucială. CockroachDB gestionează această necesitate cu o eficiență impresionantă, oferind organizațiilor flexibilitatea de a se extinde în concordanță cu necesitățile lor.

În concluzie, CockroachDB reprezintă un pas important în evoluția bazelor de date, punând bazele pentru o gestionare a datelor mai rezilientă, scalabilă și accesibilă. Pe măsură ce lumea se orientează către soluții de date distribuite și în cloud, CockroachDB [6] se poziționează ca o opțiune strategică pentru organizații care doresc să rămână competitive și eficiente în gestionarea resurselor de date. Aceasta nu înseamnă înlocuirea completă a bazelor de date SQL tradiționale, ci mai degrabă o adaptare și evoluție a acestora în concordanță cu cerințele și provocările erei digitale.

Referinţe bibliografice

[1] COCKROACHDBLABS - Architecture Overview. [Resursă electronică] [accesat 10.01.2024]. Disponibil: https://www.cockroachlabs.com/docs/stable/architecture/overview
[2] WIKIPEDIA. CockroachDB. [Resursă electronică] [accesat 10.01.2024]. Disponibil: https://en.wikipedia.org/wiki/CockroachDB
[3] COCKROACHDBLABS. Why CockroachDB? [Resursă electronică] [accesat 10.01.2024]. Disponibil: https://www.cockroachlabs.com/docs/stable/why-cockroachdb
[4] INFOWORLD. The most important new features in CockroachDB. [Resursă electronică] [accesat 10.01.2024]. Disponibil: https://www.infoworld.com/article/3602905/the-most-important-new-features-in-cockroachdb.html
[5] DBTA.COM. CockroachDB's Latest Enhancements Focus on Resilience. [Resursă electronică] [accesat 10.01.2024]. Disponibil: https://www.dbta.com/BigDataQuarterly/Articles/CockroachDBs-Latest-Enhancements-Focus-on-Resilience-162222.aspx
[6] DBTA.COM. CockroachDB: The Definitive Guide. [Resursă electronică] [accesat 10.01.2024]. Disponibil: https://www.dbta.com/DBTA-Downloads/WhitePapers/CockroachDB-The-Definitive-Guide-11821.aspx

ELASTICSEARCH

Sandu MORARI

Technical University of Moldova, Faculty of Computers, Informatics and Microelectronics,
group TI-201 FR, Chișinau, Republic of Moldova

Autorul corespondent: Sandu Morari, sandu.morari@isa.utm.md

Îndrumătorul/coordonatorul științific **Dorian SARANCIUC**, lector universitar

Abstract. *Elasticsearch reprezintă un punct de referință în lumea Big Data, oferind soluții avansate pentru căutare și analiză de date în timp real. Acest articol își propune să exploreze arhitectura, performanța și aplicabilitatea Elasticsearch, furnizând o perspectivă detaliată asupra modului în care această tehnologie gestionează volume mari de date. Rezumând concluziile principale, articolul evidențiază capacitatea Elasticsearch de a răspunde nevoilor complexe ale epocii digitale.*

Cuvinte cheie: *Elasticsearch, Big Data, Arhitectură Distribuită, Indexare, Căutare, Optimizare*

Introducere

Într-o lume dominată de date, capacitatea de a le stoca, accesa și analiza rapid și eficient este esențială pentru succesul oricărei organizații. Elasticsearch, un motor de căutare și analiză distribuit, joacă un rol fundamental în acest peisaj, oferind soluții avansate pentru gestionarea volumelor mari de date în timp real. Prin arhitectura sa optimizată pentru performanță și scalabilitate, Elasticsearch nu doar că răspunde nevoilor imediate ale utilizatorilor, dar se adaptează și la cerințele în continuă evoluție ale epocii digitale. Acest articol își propune să exploreze în profunzime caracteristicile cheie ale Elasticsearch, de la arhitectura sa distribuită la capabilitățile avansate de indexare și căutare, evidențiind cum această tehnologie transformă modul în care datele sunt procesate și analizate. Prin studii de caz detaliate și analize tehnice, vom ilustra aplicabilitatea și impactul său în diverse domenii, subliniind astfel rolul său indispensabil în lumea Big Data.

Arhitectura Elasticsearch

Arhitectura Elasticsearch este concepută pentru a oferi eficiență, scalabilitate și reziliență. Sistemul se bazează pe o structură distribuită, permițând stocarea și interogarea rapidă a datelor. În centrul său, arhitectura include următoarele elemente cheie:

Noduri și Clustere: Un cluster este o colecție de unul sau mai multe noduri (servere) care împreună dețin întregul set de date și oferă funcționalități de indexare și căutare. Fiecare nod este o instanță independentă a Elasticsearch și poate participa la unul sau mai multe clustere.

Indexare și Shard-uri: Datele sunt organizate în indexuri. Fiecare index poate fi împărțit în shard-uri, care sunt distribuite între diferite noduri. Shard-urile permit distribuirea datelor și a sarcinilor de lucru, îmbunătățind performanța și capacitatea de recuperare în cazul defecțiunilor.

Replici: Fiecare shard poate avea una sau mai multe copii (replici). Replicile sunt folosite pentru a asigura disponibilitatea și redundanța datelor, permițând citiri paralele și oferind o siguranță în plus în cazul pierderii unui nod.

Lucrul cu JSON și RESTful API

Elasticsearch folosește JSON pentru reprezentarea datelor, ceea ce îl face extrem de flexibil și ușor de integrat în diverse aplicații. Interfața RESTful API permite utilizatorilor să interogheze, să indexeze și să gestioneze datele prin comenzi HTTP simple. Acesta este un

avantaj semnificativ, deoarece majoritatea limbajelor de programare și platformelor pot interacționa ușor cu API-uri RESTful.

Scalabilitatea și Toleranța la Erori

Unul dintre aspectele cheie ale Elasticsearch este capacitatea sa de a scala orizontal. Acest lucru înseamnă că pentru a gestiona volume mai mari de date sau pentru a îmbunătăți performanța, pur și simplu se adaugă mai multe noduri la cluster. Clusterul redistribuie automat datele și sarcinile de lucru pe noile noduri, asigurând o scalare lină și eficientă.

De asemenea, Elasticsearch este proiectat pentru a fi rezilient la erori. În cazul în care un nod eșuează, replicile preiau sarcinile shard-ului defect, asigurând astfel continuitatea serviciului și prevenind pierderea datelor [1].

Indexare și Căutare în Elasticsearch

Indexarea este procesul prin care Elasticsearch organizează și stochează datele pentru căutări rapide și eficiente. Acest proces se desfășoară în mai multe etape esențiale:

- Colectarea Datelor: Inițial, datele sunt colectate din diverse surse, cum ar fi baze de date, fișiere log, aplicații, etc.
- Preprocesarea și Normalizarea: Datele sunt preprocesate și normalizate într-un format consistent, de obicei JSON. Acest pas asigură că datele sunt gata pentru a fi indexate eficient.
- Crearea Documentelor: În Elasticsearch, fiecare unitate de date este tratată ca un "document". Aceste documente sunt indexate în cadrul unui "index", care este o colecție de documente similare.
- Analizarea și Tokenizarea: În timpul indexării, conținutul documentelor este analizat și împărțit în token-uri (de exemplu, cuvinte sau fraze), care sunt apoi indexate. Elasticsearch folosește analizatori și tokenizatori pentru a descompune textul în elemente căutabile.

Mecanismele de Căutare

Elasticsearch permite efectuarea de căutări complexe cu rapiditate și precizie. Procesul de căutare implică mai multe componente:

- Interogări: Utilizatorii pot crea interogări folosind un limbaj de interogare flexibil și puternic. Interogările pot fi simple (caută un singur cuvânt) sau complexe (folosind operatori logici, filtre, etc.).
- Analizatori, Tokenizatori și Filtre: Aceste instrumente sunt folosite pentru a interpreta și procesa textul din interogări. Ele descompun textul în token-uri, elimină cuvinte neimportante și aplică filtre pentru a rafina rezultatele.
- Relevanța și Clasificarea: Elasticsearch folosește algoritmi complexi pentru a determina relevanța fiecărui document în raport cu interogarea efectuată. Aceasta include evaluarea frecvenței termenilor, proximitatea lor și alți factori.
- Răspunsuri: Rezultatele sunt returnate într-un format ușor de citit și de interpretat, oferind utilizatorilor informațiile necesare rapid și eficient.

Exemple de Interogări și Răspunsuri Tipice

Elasticsearch permite o gamă largă de interogări, de la simple la avansate. De exemplu, o interogare simplă ar putea căuta un termen specific într-un set de documente, în timp ce o interogare avansată ar putea implica filtre de date, sortare după relevanță sau alte criterii complexe [2].

Analiza Performanței Elasticsearch

Elasticsearch este renumit pentru performanța sa deosebită în indexarea și căutarea datelor. Două aspecte cheie ale performanței sunt viteza de indexare (cât de repede datele pot fi procesate și stocate) și viteza de căutare (cât de rapid pot fi găsite și returnate informațiile solicitate).

- Viteza de Indexare: Elasticsearch poate procesa și indexa cantități masive de date în timp real. Performanța indexării este îmbunătățită prin utilizarea shard-urilor și replicilor, distribuind sarcinile pe mai multe noduri.
- Viteza de Căutare: Datorită structurii sale inverse index și a algoritmilor de căutare eficienți, Elasticsearch poate returna rezultate relevante dintr-un set mare de date într-un timp scurt.
- Tehnici de Optimizare a Performanței

Optimizarea performanței în Elasticsearch poate fi realizată prin mai multe metode:

- Tuning al Configurațiilor de Shard-uri și Replici: Numărul de shard-uri și replici poate fi ajustat pentru a echilibra sarcina de lucru și pentru a asigura redundanța datelor.
- Optimizarea Indexării: Folosirea analizatorilor și tokenizatorilor eficienți poate reduce timpul necesar pentru indexarea datelor.
- Cache-uri și Tuning-ul Memoriei: Elasticsearch utilizează intens memoria cache pentru a îmbunătăți performanța. Ajustarea configurațiilor de memorie și cache poate conduce la îmbunătățiri semnificative.
- Optimizarea Interogărilor: Scrierea de interogări eficiente și folosirea filtrelor corespunzătoare poate reduce timpul de căutare și îmbunătăți relevanța rezultatelor.
- Studiile de caz ilustrează modul în care Elasticsearch gestionează volume mari de date în diferite scenarii. De exemplu, în monitorizarea log-urilor, Elasticsearch poate indexa și căuta rapid prin milioane de intrări de log, oferind insights aproape în timp real. În e-commerce, Elasticsearch permite magazinelor online să ofere rezultate de căutare rapide și relevante, chiar și cu un inventar vast de produse [3].

Concluzie

Încheind această explorare a Elasticsearch, este evident că acesta reprezintă o unealtă indispensabilă în era digitală, oferind soluții robuste și eficiente pentru gestionarea Big Data. Arhitectura sa distribuită, capacitatea de indexare rapidă și mecanismele de căutare avansate demonstrează flexibilitatea și puterea Elasticsearch. Optimizările specifice asigură performanța optimă chiar și în scenarii de volum mare de date. Prin urmare, Elasticsearch nu este doar un motor de căutare, ci un pilon fundamental în lumea analizei de date, având un impact semnificativ asupra modului în care informațiile sunt procesate și accesate.

Bibliografie

[1] Elasticsearch Architecture. It is a distributed search engine based… | by JIN | Geek Culture | Medium: https://medium.com/geekculture/elasticsearch-architecture-1f40b93da719
[2] ElasticSearch: ce este si cum il puteti utiliza? - Blog HostX.ro https://blog.hostx.ro/startup-small-business/elasticsearch-ce-este-si-cum-il-puteti-utiliza/
[3] (PDF) Tehnologia motoarelor de căutare. https://www.researchgate.net/publication/365439850_Tehnologia_motoarelor_de_cautare

TOP 3 SOFT-URI PENTRU SECURITATEA BAZELOR DE DATE

Valeria MUNTEANU-USCATU

Technical University of Moldova, Faculty of Computers, Informatics and Microelectronics, group TI-201FR, Chișinau, Republic of Moldova

Autorul corespondent: Munteanu-Uscatu Valeria, valeria.munteanu@isa.utm.md

Îndrumătorul/coordonatorul științific **Dorian SARANCIUC**, lector universitar

Abstract: *Această analiză aduce în prim-plan importanța securității bazelor de date în era digitală. În contextul securității cibernetice, protejarea informațiilor sensibile stocate în bazele de date devine imperativă pentru organizații și indivizi. Abordarea noastră se concentrează asupra principalelor aspecte de securitate, inclusiv autentificarea robustă, criptarea eficientă și auditarea activităților pentru prevenirea accesului neautorizat.*

Cuvinte cheie: *securitatea bazelor de date, autentificare, criptare, auditare, responsabilitate socială.*

1. Introducere

În era digitală, în care cantitățile masive de date sunt vehiculate și stocate, securitatea bazelor de date devine un element critic pentru protejarea informațiilor sensibile și a activelor organizaționale. Din ce în ce mai multe organizații recurg la utilizarea bazelor de date pentru a gestiona eficient și stoca datele, indiferent dacă vorbim despre informații financiare, informații cu caracter personal sau alte date strategice. Odată cu creșterea dependenței de aceste tehnologii, crește și nevoia de a implementa soluții robuste de securitate pentru a contracara amenințările cibernetice din ce în ce mai sofisticate.

Securitatea bazelor de date nu este doar o preocupare tehnică, ci și o componentă esențială a managementului riscurilor în cadrul organizațiilor. Înfruntarea cu atacuri precum furtul de date, manipularea informațiilor sau distrugerea datelor devine tot mai complexă, iar reziliența la astfel de amenințări necesită adesea o combinație de tehnologii avansate, politici de securitate eficiente și educație continuă pentru personal.

În acest context, software-urile specializate în securitatea bazelor de date devin un element cheie în arsenalul de apărare cibernetică al organizațiilor. Alegerea și implementarea unor astfel de soluții reprezintă un proces strategic, având implicații directe asupra integrității, confidențialității și disponibilității datelor. În cadrul acestei analize, ne propunem să explorăm topul celor trei software-uri de referință în securitatea bazelor de date, evidențiind caracteristicile lor distinctive și contribuția adusă la întărirea perimetrelor de securitate ale organizațiilor în fața amenințărilor persistente ale lumii digitale.

2. Oracle Advanced Security

Oracle Advanced Security reprezintă o soluție avansată și specializată pentru securitatea bazelor de date Oracle, furnizând un set cuprinzător de funcționalități menite să protejeze datele sensibile și să asigure un nivel ridicat de securitate. Iată câteva aspecte relevante despre Oracle Advanced Security:

- Criptare Avansată: Unul dintre punctele forte ale Oracle Advanced Security este capacitatea sa de a oferi opțiuni extinse de criptare. Această funcționalitate asigură că datele stocate și transmise între aplicații și baza de date sunt protejate împotriva accesului neautorizat.
- Autentificare Avansată: Oracle Advanced Security include metode de autentificare avansate, contribuind astfel la protejarea identității utilizatorilor și la prevenirea

accesului neautorizat. Autentificarea robustă este esențială pentru a asigura că doar persoanele autorizate pot accesa datele sensibile.

- Securitate Transparentă: Soluția Oracle Advanced Security se integrează transparent cu mediul Oracle Database, oferind securitate fără a afecta semnificativ performanța aplicațiilor. Acest aspect este deosebit de important pentru a evita impactul negativ asupra experienței utilizatorilor și a eficienței operaționale.
- Management Avansat al Cheilor de Criptare: Oracle Advanced Security gestionează eficient cheile de criptare, permițând organizațiilor să mențină controlul asupra acestora. Administrarea centralizată a cheilor contribuie la asigurarea unei securități consistente și eficiente în cadrul întregii infrastructuri.
- Integrare cu Oracle Database: Fiind parte a ecosistemului Oracle, această soluție se integrează perfect cu Oracle Database, beneficiind de funcționalități avansate și de actualizări constante pentru a face față noilor amenințări de securitate.
- Compatibilitate cu Standardele de Securitate: Oracle Advanced Security respectă standardele de securitate, inclusiv cele referitoare la conformitatea cu reglementările privind protecția datelor (GDPR, HIPAA etc.), asigurând astfel că organizațiile pot respecta cerințele legale.

Prin aceste caracteristici, Oracle Advanced Security se impune ca o soluție de referință pentru organizațiile care doresc să își consolideze securitatea bazelor de date Oracle și să protejeze datele lor critice împotriva amenințărilor cibernetice.

3. Microsoft SQL Server Transparent Data Encryption (TDE)

Microsoft SQL Server Transparent Data Encryption (TDE) este o tehnologie integrată în platforma Microsoft SQL Server, care oferă criptare la nivel de disc pentru bazele de date. Această funcționalitate esențială contribuie semnificativ la securitatea datelor stocate în bazele de date Microsoft SQL Server. Iată câteva aspecte cheie legate de Microsoft SQL Server TDE:

- Criptare la Nivel de Disc: TDE criptează întregul set de date al unei baze de date, inclusiv fișierele de date, fișierele de jurnal și fișierele de copie de rezervă. Această criptare la nivel de disc asigură protecția datelor atât în timpul stocării, cât și în timpul transferului și copierii acestora.
- Transparență Operațională: Una dintre caracteristicile cheie ale TDE este transparența operațională. După ce este activată, TDE funcționează fără a necesita modificări semnificative ale aplicațiilor sau interacțiunii utilizatorilor. Cu alte cuvinte, procesul de criptare și decriptare are loc în mod transparent pentru aplicații și utilizatori.
- Chei de Criptare Hierarhice: TDE utilizează o ierarhie de chei pentru gestionarea procesului de criptare. Cheia de criptare a bazei de date este protejată printr-o cheie de criptare a cheilor (DEK), care poate fi ulterior protejată printr-un certificat sau o cheie asimetrică stocată în mod securizat.
- Securitate În Timpul Replicării și Copierii de Rezervă: Datorită criptării la nivel de disc, datele sunt protejate nu doar în stocare, ci și în timpul proceselor de replicare și copiere de rezervă. Astfel, TDE oferă o protecție cuprinzătoare a datelor în toate fazele ciclului de viață al informațiilor.
- Conformitate cu Reglementările: Implementarea TDE facilitează organizațiilor atingerea și menținerea conformității cu diverse reglementări și standarde de securitate, cum ar fi GDPR sau HIPAA, care impun cerințe stricte privind protecția datelor.
- Ușurința în Administrare: Microsoft SQL Server TDE este proiectat pentru a fi ușor de administrat, oferind instrumente pentru activarea, dezactivarea și gestionarea cheilor de criptare, asigurând astfel o experiență fluentă pentru administratorii de baze de date.

Prin aceste caracteristici, Microsoft SQL Server TDE devine un instrument esențial pentru organizațiile care doresc să întărească securitatea datelor lor stocate în bazele de date SQL Server, oferind o soluție robustă și eficientă în gestionarea riscurilor cibernetice.

4. IBM Guardium

Pentru IBM Guardium este o suită cuprinzătoare de soluții de securitate a datelor, proiectată pentru a oferi protecție și control avansat asupra informațiilor sensibile, în special în contextul bazelor de date. Iată mai multe detalii despre IBM Guardium:

- Auditare și Monitorizare: Una dintre funcțiile fundamentale ale IBM Guardium este să ofere facilități puternice de auditare și monitorizare a activităților în bazele de date. Prin analiza continuă a activităților, platforma identifică și raportează evenimente suspecte sau neautorizate.
- Descoperirea Datelor Sensibile: IBM Guardium este dotat cu capacități puternice de descoperire a datelor sensibile. Utilizează algoritmi avansați pentru a identifica și clasifica datele sensibile, facilitând astfel aplicarea politicilor de securitate adaptate la specificul informațiilor stocate.
- Prevenirea Pierderii de Date (DLP): Prin funcționalitățile de prevenire a pierderii de date, IBM Guardium oferă mecanisme pentru a detecta și bloca tentativele de acces sau transfer al datelor sensibile către entități neautorizate, ajutând astfel la protejarea informațiilor critice.
- Securitatea Bazată pe Politici: Platforma permite organizațiilor să implementeze politici de securitate personalizate pentru a se conforma standardelor și reglementărilor specifice industriei. Astfel, se asigură că activitățile și accesul la date sunt în concordanță cu cerințele de securitate.
- Integrare cu Baze de Date Diverse: IBM Guardium este proiectat pentru a se integra cu o gamă variată de sisteme de gestiune a bazelor de date (DBMS), inclusiv Oracle, Microsoft SQL Server, MySQL și altele. Această abordare oferă flexibilitate și acoperă o gamă largă de medii de stocare a datelor.
- Monitorizare a Accesului Utilizatorilor: Guardium oferă funcționalități avansate pentru monitorizarea accesului utilizatorilor la bazele de date. Astfel, administratorii pot detecta și investiga activitățile suspecte sau neobișnuite care ar putea indica o amenințare la adresa securității datelor.
- Gestionare a Evenimentelor de Securitate (SIEM): IBM Guardium poate integra informațiile de securitate și evenimentele într-o soluție globală de gestionare a evenimentelor de securitate (SIEM), consolidând astfel informațiile relevante într-un singur loc pentru o analiză mai eficientă și raportare.
- Monitorizare și Protecție în Timp Real: Prin monitorizarea continuă și protecția în timp real, IBM Guardium reduce riscul de pierdere de date, furnizând alerte și intervenții imediate în cazul unor activități suspecte.

IBM Guardium se adresează nevoilor organizațiilor care doresc să își întărească și să își protejeze infrastructura de baze de date în fața amenințărilor cibernetice, furnizând instrumente avansate pentru gestionarea și protejarea datelor sensibile.

Concluzii

În concluzie, securitatea bazelor de date reprezintă un aspect fundamental în era informațională, având în vedere cantitatea imensă de date sensibile stocate digital. Pentru a gestiona și proteja eficient aceste informații, utilizarea unor software-uri specializate devine o necesitate strategică. Oracle Advanced Security, Microsoft SQL Server Transparent Data Encryption (TDE) și IBM Guardium se situează în vârful clasamentului, oferind soluții avansate și cuprinzătoare pentru securitatea bazelor de date.

Oracle Advanced Security impresionează prin funcționalitățile sale avansate de criptare și autentificare, adaptându-se mediului Oracle Database pentru a oferi protecție la multiple niveluri. Microsoft SQL Server TDE furnizează o criptare transparentă la nivel de disc, asigurând securitatea datelor în toate aspectele ciclului lor de viață, de la stocare la replicare. În același

timp, IBM Guardium oferă o suită completă de soluții, de la auditare și monitorizare la prevenirea pierderii de date, cu accent pe gestionarea securității bazată pe politici.

În lumina amenințărilor cibernetice tot mai complexe, alegerea unor astfel de soluții reprezintă un pas crucial pentru organizații, asigurând integritatea, confidențialitatea și disponibilitatea datelor lor. Educația continuă, implementarea unor politici de securitate solide și adaptabilitatea la evoluțiile tehnologice reprezintă componente esențiale pentru o securitate robustă a bazelor de date într-o lume digitală în continuă schimbare. Astfel, aceste soluții nu sunt doar instrumente tehnologice, ci și piloni esențiali pentru construirea unui mediu digital sigur și încrezător.

Bibliografie

[1] *A Detailed Guide on SQL Query Optimization*. (fără an). Preluat de pe Analytics Community | Analytics Discussions | Big Data Discussion: https://www.analyticsvidhya.com/blog/2021/10/a-detailed-guide-on-sql-query-optimization/#:~:text=The%20query%20optimization%20process%20involves,plan%20based%20on%20cost%20estimations.

[2] IACOB, N. (fără an). *OPTIMIZAREA INTEROGĂRILOR*. Preluat de pe https://www.utgjiu.ro/revista/ec/pdf/2010-04.I/17_NICOLETA_IACOB.pdf

[3] *Normalizarea bazei de date*. (fără an). Preluat de pe :: Departamentul de Electrotehnica :: Facultatea de Inginerie Electrica :: Universitatea Politehnica din Bucuresti ::: http://www.elth.pub.ro/~preda/teaching/BDE/BDE_5.pdf

[4] *Query optimization*. (fără an). Preluat de pe Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Query_optimization

[5] *The Different Types of Indexes in Databases: A Comprehensive Overview*. (fără an). Preluat de pe Medium – Where good ideas find you.: https://londondataconsulting.medium.com/the-different-types-of-indexes-in-databases-a-comprehensive-overview-559a0c4f5fb5

AVANTAJELE ȘI DEZAVANTAJELE ÎN UTILIZAREA MYSQL ȘI POSTGRESQL

Vladimir PRODAN

Universitatea Tehnică a Moldovei, Departamentul Ingineria Software și Automatică, Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică, grupa TI-201 FR, Chișinău, Republica Moldova

Autorul corespondent: Vladimir Prodan, vladimir.prodan@isa.utm.md

Îndrumătorul/coordonatorul științific **Dorian SARANCIUC**, lector universitar

Rezumat. MySQL este popular și simplu de utilizat, suportând 16 motoare de stocare diferite și folosind un singur proces care menține un fir per conexiune. PostgreSQL, pe de altă parte, este proiectat ca o bază de date obiect-relațională, oferind tipuri de date mai complexe și permițând obiectelor să moștenească proprietăți, dar este mai complicat de utilizat și necesită multă memorie pe sistemele cu multe conexiuni de clienți. În ceea ce privește securitatea, ambele baze de date au opțiuni echivalente. Alegerea între MySQL și PostgreSQL depinde în mare măsură de cerințele specifice ale aplicației dvs. de infrastructură de date de back-end.

Cuvinte cheie: scalabilitate, securitate, performanță, compatibilitate, tranzacții, indexare.

Introducere

MySQL și PostgreSQL (Fig. 1) sunt două dintre cele mai populare sisteme de gestionare a bazelor de date relaționale open-source. Fiecare are propriile sale avantaje și dezavantaje, care pot influența alegerea în funcție de cerințele specifice ale proiectului. În această lucrare, vom explora în detaliu aceste aspecte.



Figura 1. Logotipurile “PostgreSQL” și “MySQL”

MySQL

MySQL, dezvoltat de Oracle Corporation, este unul dintre cele mai utilizate sisteme de gestionare a bazelor de date, datorită simplității sale și a performanței ridicate [1].

Avantaje

1. Performanță ridicată: MySQL este renumit pentru viteza și eficiența sa, ceea ce îl face ideal pentru aplicațiile care necesită o performanță ridicată [1] (Fig. 2).

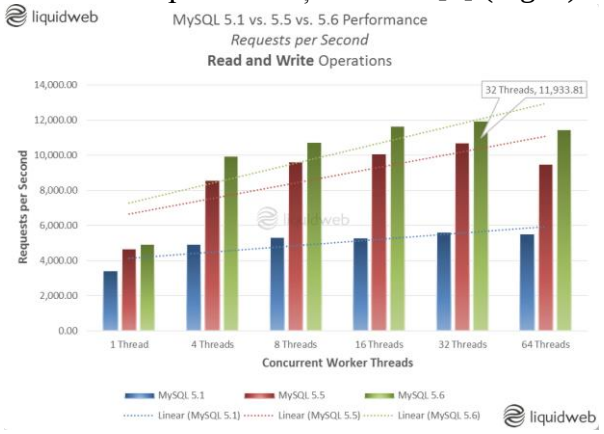


Figura 2. Performanța diferitor versiuni MySQL a operațiilor “citire” și “scriere”

2. Ușor de utilizat: MySQL are o curbă de învățare relativ mică, ceea ce îl face accesibil pentru dezvoltatorii la început de drum [1].

3. Open Source: MySQL este gratuit și open-source, ceea ce îl face atractiv pentru startup-uri și dezvoltatori [2].

4. Securitate: MySQL are un strat solid de securitate a datelor pentru a proteja datele sensibile de intruși [3] (Fig. 3).

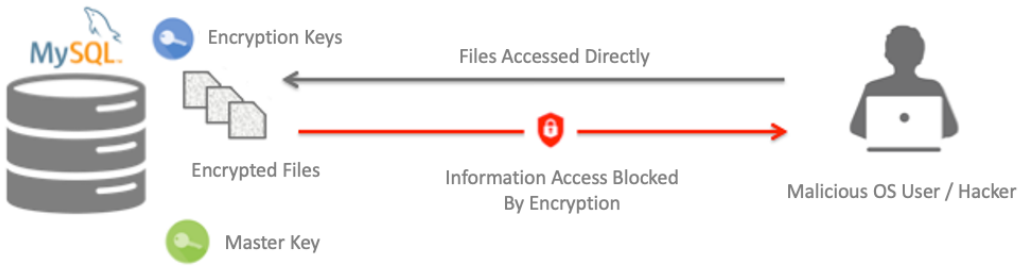


Figura 3. Reprezentarea grafică a sistemei de securizare prin criptare

5. Replicare: MySQL suportă replicarea datelor, ceea ce îmbunătățește disponibilitatea și redundanța datelor (Fig. 4).

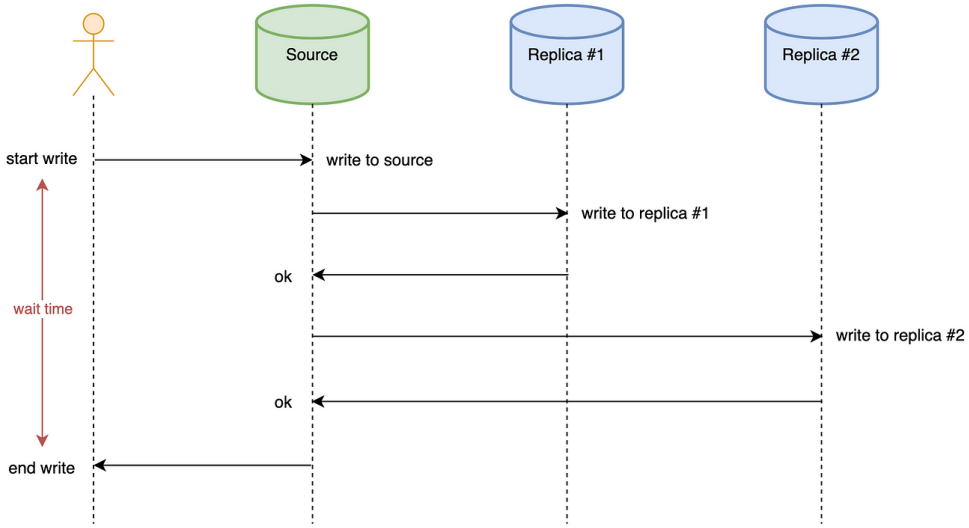


Figura 4. Replicarea in MySQL și comunicarea între utilizator, sursă și replică(ri)

6. Compatibilitate largă: MySQL este compatibil cu o gamă largă de sisteme de operare, inclusiv Linux, Windows și MacOS.

Dezavantaje

1. Funcționalitate limitată: MySQL are mai puține funcții în comparație cu alte sisteme de gestionare a bazelor de date, cum ar fi PostgreSQL [1].

2. Scalabilitate: Deși MySQL este excelent pentru aplicațiile mici și mijlocii, poate întâmpina dificultăți atunci când este utilizat pentru aplicațiile de mare anvergură [1].

3. Stabilitate: MySQL poate avea probleme de stabilitate și poate corupe datele în anumite cazuri [2].

4. Lipsa suportului pentru funcții avansate: MySQL nu suportă unele funcții avansate, cum ar fi Common Table Expressions (CTE) și Window Functions.

PostgreSQL

PostgreSQL este un sistem de gestionare a bazelor de date obiect-relațional puternic și flexibil, dezvoltat de PostgreSQL Global Development Group [4].

Avantaje

1. Flexibilitate: PostgreSQL suportă o gamă largă de tipuri de date și funcții, ceea ce îl face extrem de flexibil [4].

2. Conformitate cu ACID: PostgreSQL respectă proprietățile ACID (Atomicity, Consistency, Isolation, Durability), ceea ce îl face ideal pentru tranzacțiile complexe [4] (Fig. 5).

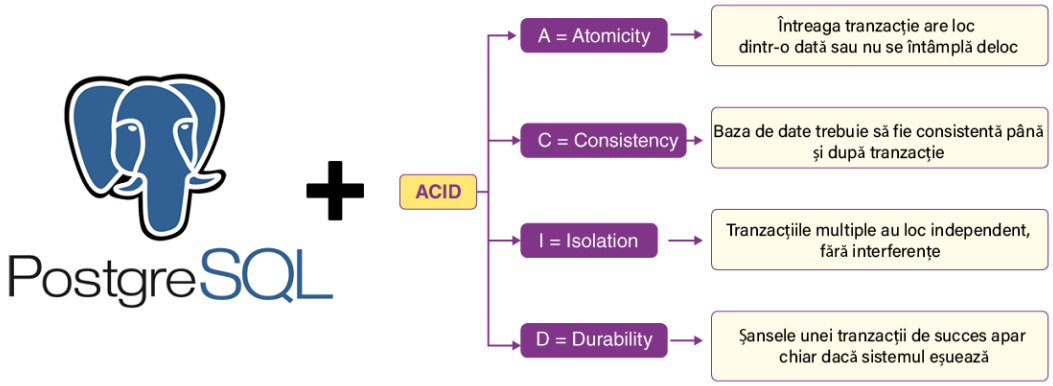


Figura 5. PostgreSQL și proprietățile ACID

3. Open Source: PostgreSQL este gratuit și open-source, ceea ce îl face atractiv pentru dezvoltatori [5].

4. Comunitate activă și diversificată: Datorită popularității sale în creștere, PostgreSQL a fost îmbunătățit de o comunitate activă și diversificată, implantată în întreaga lume [4] (Fig. 6).

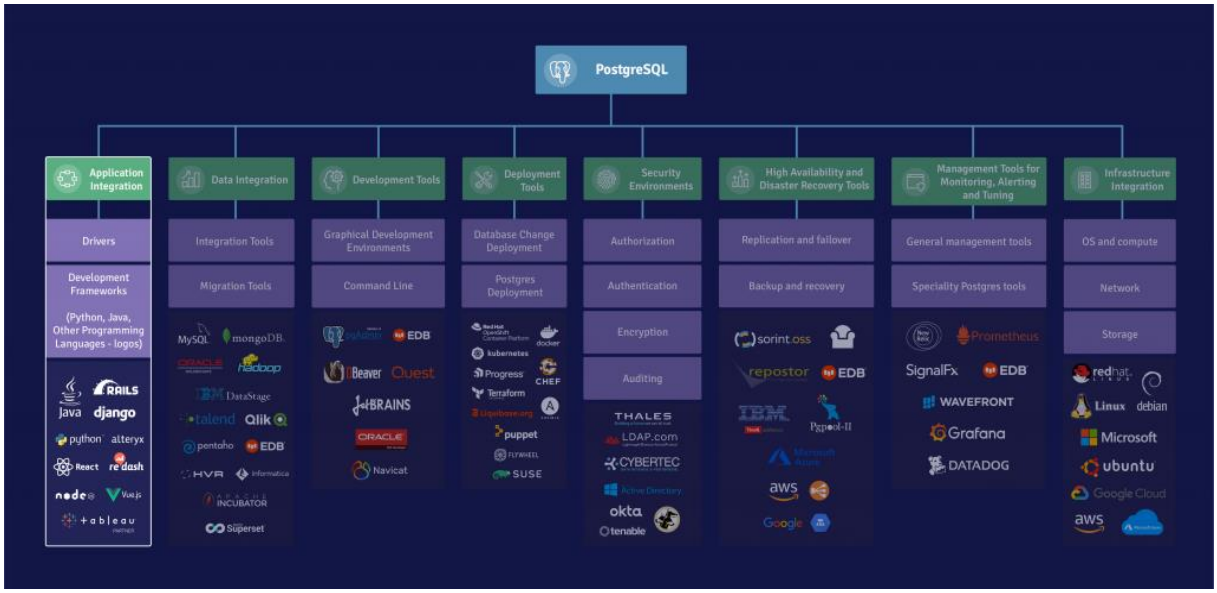


Figura 6. PostgreSQL și compatibilitatea sa cu diferite domenii și limbaje de programare

5. Extensibilitate: PostgreSQL permite adăugarea de noi funcții, tipuri, tipuri de index și alte caracteristici.

6. Suport pentru limbaje de programare: PostgreSQL suportă cele mai populare limbaje de programare, inclusiv Python, Java, Ruby și multe altele (Fig. 6).

Dezavantaje

1. Complexitate: Datorită gamei largi de funcții pe care le oferă, PostgreSQL poate fi mai dificil de învățat și de utilizat decât MySQL.

2. Performanță: Deși PostgreSQL este extrem de puternic, poate fi mai lent decât MySQL pentru anumite tipuri de sarcini.

3. Resurse: PostgreSQL poate necesita mai multe resurse de sistem în comparație cu MySQL, ceea ce poate fi o problemă pentru sistemele cu resurse limitate (Fig. 7).

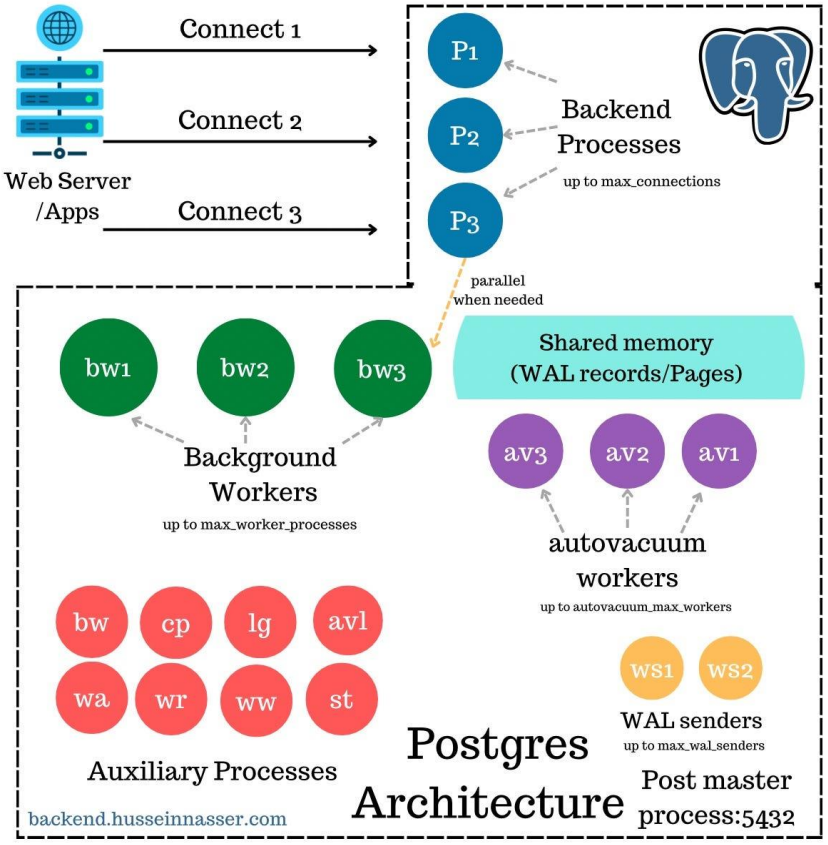


Figura 7. Arhitectura proceselor PostgreSQL

Concluzie

Alegerea între MySQL și PostgreSQL depinde în mare măsură de cerințele specifice ale proiectului. În timp ce MySQL poate fi mai potrivit pentru aplicațiile care necesită performanță ridicată și simplitate, PostgreSQL poate fi mai potrivit pentru aplicațiile care necesită flexibilitate și funcționalitate extinsă. În cele din urmă, alegerea depinde de nevoile specifice ale proiectului și de nivelul de confort al dezvoltatorului cu fiecare sistem de baze de date (Tab. 1).

Tabelul 1

Tabel comparativ între MySQL și PostgreSQL

	MySQL	**PostgreSQL**
Open Source	DA	DA
Popularitate	DA	NU
Securitate	NU	DA
Viteză	DA	NU
Respectarea proprietăților ACID	NU	DA
Replicare	DA	NU
Integrare	DA	NU
Extensibilitate	NU	DA
Compatibilitate cu limbajele de programare	DA	DA

Referințe

[1] "PostgreSQL vs. MySQL: A 360-degree Comparison [Syntax, Performance, Scalability and Features]" - EDB.
[2] "Postgres vs. MySQL: a Complete Comparison in 2023" - Bytebase.
[3] "PostgreSQL vs. MySQL: Differences and advantages" - Devlane.
[4] "Exploring PostgreSQL: Advantages, Disadvantages, and Comparison" - Techieclues.
[5] "PostgreSQL: Up and Running" - Regina O. Obe.

SQL INJECTION

Vladimir SIRBU

Departamentul Ingineria Software și Automatică, grupa TI-201FR,Facultatea Calculatoare Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

Autorul corespondent: Vladimir SIRBU, e-mail: vladimir.sirbu@isa.utm.md

Îndrumătorul/coordonatorul științific **Dorian SARANCIUC**, asistent universitar

Abstract: *În lucrarea dată este descris ce este SQL injection, care sunt cele mai des întâlnite metode de spargere a accounutilor folosite de hackers pentru a ataca contul utilizatorului. SQL injection este descries ca fiind o vulnerabilitate de securitate care apare atunci când un atacator reușește să manipuleze o interogare SQL într-un mod neintenționat de către dezvoltatorul aplicației. Acest lucru poate duce la acces neautorizat, manipularea datelor sau chiar ștergerea acestora într-o bază de date. Atacurile de SQL injection vizează în mod tipic aplicații web care interacționează cu o bază de date. SQL injection poate fi utilizat în orice situație în care o aplicație web interacționează cu o bază de date și nu implementează suficiente măsuri de securitate pentru a proteja împotriva acestui tip de atac. În final, sunt indicate măsurile de protecție împotriva atacurilor de tip SQL Injection.*

Cuvinte cheie: *Securitate, SQL injection, Error-Based, Blind SQL, WAF*

Introducere

Injecția SQL este un tip de atac prin injecție. Atacurile prin injecție apar atunci când intrările create cu răutate sunt trimise de către un atacator, determinând o aplicație să efectueze o acțiune neintenționată. Datorită ubicuității bazelor de date SQL, injecția SQL este unul dintre cele mai comune tipuri de atac pe internet.

În această lucrare, voi arăta și exemple pas cu pas de atacuri comune. Vom începe cu un atac de bază SQL Injection îndreptat către o aplicație web și care duce la escaladarea privilegiilor la rădăcina sistemului de operare.

Dacă intrarea unui utilizator este trecută nevalidată și neigienizată ca parte a unei interogări SQL, utilizatorul poate manipula interogarea în sine și o poate forța să returneze date diferite de ceea ce trebuia să returneze. În acest articol, vedem cum și de ce atacurile SQLi au un impact atât de mare asupra securității aplicațiilor.

Capitolul 1 SQL Injection

În continuare vom vedea cum funcționează SQL injection și câteva măsuri preventive:

Cum funcționează SQL Injection:

1. **Input de la Utilizator:** Aplicațiile web iau adesea input de la utilizatori, cum ar fi prin formulare web sau parametri URL, și folosesc acele inputuri pentru a construi interogări SQL.
2. **Punctul de Injectare:** Dacă aplicația nu validează sau nu curăță corespunzător inputul de la utilizator, un atacator poate injecta cod SQL malițios în câmpurile de input.
3. **Manipularea Interogărilor:** Codul SQL injectat devine parte a interogării executate de baza de date, ducând la consecințe nedorite.

Exemplu:

Să luăm un formular simplu de autentificare:

sqlCopy code

```
SELECT * FROM users WHERE username = 'input_username' AND password = 'input_password';
```

Dacă un atacator introduce ' **OR '1'='1'**; -- ca nume de utilizator și lasă câmpul parolei necompletat, interogarea devine:

sqlCopy code

SELECT * FROM users WHERE username = '' OR '1'='1'; --' AND password = '';

Aceasta trece efectiv de mecanismul de autentificare, deoarece condiția '1'='1' este întotdeauna adevărată.

Ce se întamplă când interacționăm cu o aplicație vulnerabilă, o să explicăm print-un exemplu.

1: Introducem datele noastre

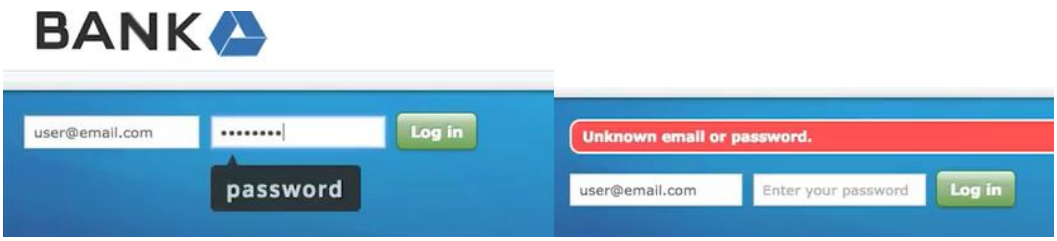


Figura 1. Exemplu de SQL Injection la aplicație vulnerabilă

Mai jos avem codul cum aplicația arată în spatele acestei interfețe. Parola este introdusă direct în șirul SQL, iar terminalul reacționează. Alături vedem eroarea care apare la introducerea caracterelor, ceea ce indică faptul că aplicația este vulnerabilă la SQL injection.

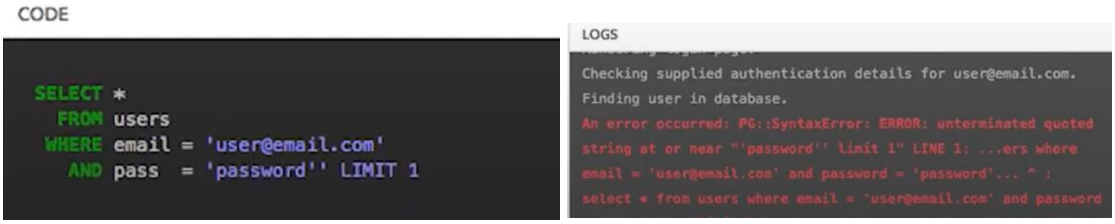


Figura 2. Exemplu de SQL Injection la aplicatie vulnerabile

Mai departe, noi mai încercăm o dată să intrăm și chiar am reușit, dar atrageți atenția la cod – dublă liniuță (--) – care înseamnă că baza de date va ignora restul instrucțiunii SQL. Acest lucru ne permite să ne identificăm fără a introduce parola reală.

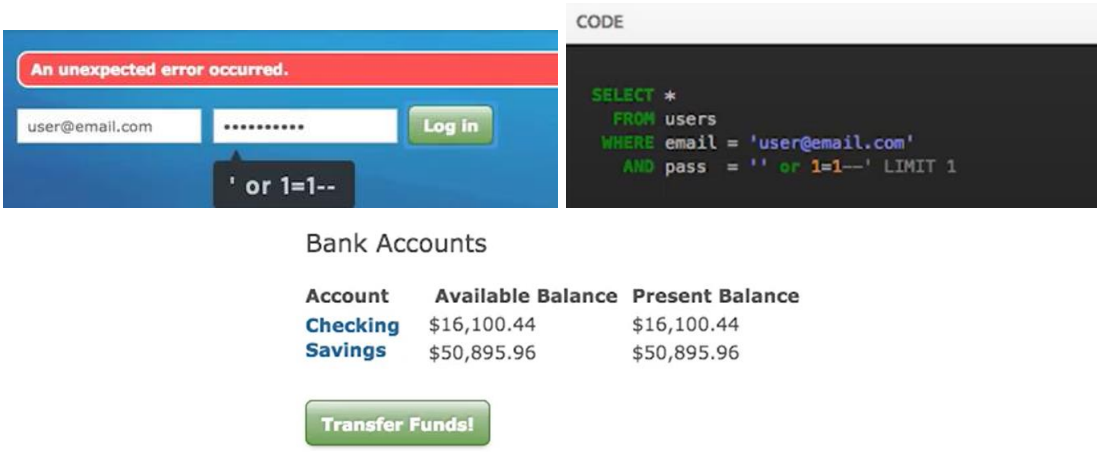


Figura 3. Exemplu de SQL Injection la aplicație vulnerabilă

Care este cel mai rău lucru care s-ar putea întâmpla atunci când suferiți un atac de injecție SQL?

Exemplul nostru de hack v-a arătat cum să ocoliți pagina de autentificare: o defecțiune uriașă de securitate pentru un site bancar. Atacurile mai complexe vor permite unui atacator să execute declarații arbitrare în baza de date. În trecut, hackerii au folosit atacuri prin injecție pentru:

- Extrageți informații sensibile, cum ar fi numerele de securitate socială sau detaliile cardului de credit.
- Enumerați detaliile de autentificare ale utilizatorilor înregistrați pe un site web, astfel încât aceste autentificări să poată fi folosite în atacuri asupra altor site-uri.
- Ștergeți date sau aruncați tabele, corupând baza de date și făcând site-ul inutilizabil.
- Injectați un alt cod rău intenționat pentru a fi executat atunci când utilizatorii vizitează site-ul.

Atacurile de injectare SQL sunt uimitor de frecvente. Companii majore precum Yahoo și Sony și-au compromis aplicațiile. În alte cazuri, grupurile de hackeri au vizat aplicații specifice sau au scris scripturi menite să colecteze detalii de autentificare. Nici măcar firmele de securitate nu sunt imune!

Dacă aveți timp să vă protejați doar de o vulnerabilitate, ar trebui să verificați vulnerabilitățile de injectare SQL în baza de cod!

(Vezi Anexe).

Capitolul 2. Cum funcționează SQL injection și măsuri preventive

Măsuri preventive:

1. **Instrucțiuni parametrizate/Prepared Statements:** Folosiți interogări parametrizate sau instrucțiuni pregătite oferite de limbajul de programare sau biblioteca de bază de date. Aceste metode asigură că inputul de la utilizator este tratat ca date și nu ca cod executabil.
2. **Validare și Curățare a Inputului:** Validați și curățați inputul de la utilizator pentru a vă asigura că respectă formatele așteptate și nu conține cod malițios.
3. **Principiul Celei Mai Mici Privilegii**: Asigurați-vă că conturile de bază de date utilizate de aplicații web au privilegiile minime necesare. Evitați utilizarea conturilor cu drepturi administrative complete.
4. **Firewall-uri de Bază de Date:** Implementați firewall-uri de bază de date sau sisteme de detecție a intruziunilor pentru a monitoriza și bloca activitățile suspecte.
5. **Audituri de Securitate Regulate:** Efectuați audituri de securitate regulate și teste de penetrare pentru a identifica și aborda vulnerabilitățile din aplicație.
6. **Educați Dezvoltatorii:** Instruiți dezvoltatorii să urmeze practici sigure de codificare și să conștientizeze riscurile SQL injection.

Deci injectarea SQL este un risc serios. Cum te poți proteja?

Instrucțiuni parametrizate

Limbajele de programare vorbesc cu bazele de date SQL folosind drivere de baze de date. Un driver permite unei aplicații să construiască și să ruleze instrucțiuni SQL pe o bază de date, extrăgând și manipulând datele după cum este necesar. Instrucțiunile parametrizate se asigură că parametrii (adică intrările) trecuți în instrucțiunile SQL sunt tratați într-un mod sigur.

De exemplu, o modalitate sigură de a rula o interogare SQL în JDBC folosind o instrucțiune parametrizată ar fi:

```java
// Connect to the database.
Connection conn = DriverManager.getConnection(URL, USER, PASS);

// Construct the SQL statement we want to run, specifying the parameter.
String sql = "SELECT * FROM users WHERE email = ?";

// Generate a prepared statement with the placeholder parameter.
PreparedStatement stmt = conn.prepareStatement(sql);

// Bind email value into the statement at parameter index 1.
stmt.setString(1, email);

// Run the query...
ResultSet results = stmt.executeQuery(sql);

while (results.next())
{
    // ...do something with the data returned.
}
```

Figura 4. O interogare SQL în JDBC

Comparați acest lucru cu construcția explicită a șirului SQL, care este foarte, foarte periculoasă:

```java
// The user we want to find.
String email = "user@email.com";

// Connect to the database.
Connection conn = DriverManager.getConnection(URL, USER, PASS);
Statement stmt = conn.createStatement();

// Bad, bad news! Don't construct the query with string concatenation.
String sql = "SELECT * FROM users WHERE email = '" + email + "'";

// I have a bad feeling about this...
ResultSet results = stmt.executeQuery(sql);

while (results.next()) {
  // ...oh look, we got hacked.
}
```

Figura 5. O interogare SQL în JDBC periculoasă

Diferența cheie este că datele sunt transmise metodei executeQuery (...). În primul caz, șirul parametrizat și parametrii sunt transmise în baza de date separat, ceea ce permite șoferului să le interpreteze corect. În al doilea caz, instrucțiunea SQL completă este construită înainte ca driverul să fie invocat, ceea ce înseamnă că suntem vulnerabili la parametrii creați în mod rău intenționat.

Ar trebui să utilizați întotdeauna instrucțiunile parametrizate acolo unde sunt disponibile, acestea sunt protecția dvs. numărul unu împotriva injectării SQL.

Puteți vedea mai multe exemple de instrucțiuni parametrizate în diferite limbi în exemplele de cod de mai jos.

Maparea relațională a obiectelor

Multe echipe de dezvoltare preferă să folosească cadrele ORM (Object Relational Mapping) pentru a face traducerea seturilor de rezultate SQL în obiecte de cod mai simplă. Instrumentele ORM înseamnă adesea că dezvoltatorii vor trebui rar să scrie instrucțiuni SQL în codul lor – iar aceste instrumente folosesc, din fericire, instrucțiuni parametrizate sub capotă.

Cel mai cunoscut ORM este probabil cadrul Ruby on Rails Active Record. Preluarea datelor din baza de date folosind Active Record arată astfel:

```ruby
def current_user(email)
  # The 'User' object is an Active Record object, that has find methods
  # auto-magically generated by Rails.
  User.find_by_email(email)
end
```

Figura 6. Preluarea datelor din baza de date

Un astfel de cod este protejat de atacurile SQL Injection!!!

Cu toate acestea, utilizarea unui ORM nu vă face imun automat la injecția SQL. Multe cadre ORM vă permit să construiți instrucțiuni SQL, sau fragmente de instrucțiuni SQL, atunci când trebuie efectuate operațiuni mai complexe pe baza de date. De exemplu, următorul cod Ruby este vulnerabil la atacurile prin injecție:

```ruby
def current_user(email)
  # This code would be vulnerable to a maliciously crafted email parameter.
  User.where("email = '" + email + "'")
end
```

Figura 7. Preluarea datelor din baza de date vulnerabil la atacurile prin injecție

Ca regulă generală: dacă vă treziți să scrieți instrucțiuni SQL prin concatenarea șirurilor, gândiți-vă foarte atent la ceea ce faceți.

Cum Funcționează SQL Injection:

1. **Tipuri de SQL Injection:**
   - **Classic SQL Injection:** Implică inserarea de instrucțiuni SQL în inputurile aplicației, cum ar fi formularele web sau URL-urile.
   - **Blind SQL Injection:** Atunci când rezultatul interogării nu este vizibil în răspunsul aplicației, dar atacatorul poate deduce informații prin testarea condițiilor „true” sau „false”.
   - **Time-Based Blind SQL Injection:** Similar cu blind SQL injection, dar atacatorul induce întârzieri în răspunsul aplicației pentru a deduce informații.
   - **Error-Based SQL Injection:** Se bazează pe exploatarea erorilor generate de baza de date pentru a obține informații despre structura sau conținutul acesteia.
2. **Exemplu Mai Detaliat:**
   - Considerăm un formular de căutare unde utilizatorii pot introduce un nume de utilizator pentru a obține informații dintr-o bază de date.
   - Inputul utilizatorului nu este validat sau curățat adecvat.
   - Dacă un atacator introduce admin' **OR '1'='1';** --, interogarea rezultantă ar putea deveni: **SELECT * FROM users WHERE username = 'admin' OR '1'='1'; --'**.
   - În acest caz, condiția **'1'='1'** este întotdeauna adevărată, iar atacatorul ar putea obține acces la toate înregistrările din tabelul utilizatorilor.

Măsuri Preventive:

1. **Parametrizarea Interogărilor/Instrucțiuni Pregătite:**
   - Folosiți interogări parametrizate sau instrucțiuni pregătite pentru a separa datele de instrucțiunile SQL.
2. **Validare Riguroasă a Inputului:**
   - Implementați validarea și curățarea adecvată a inputului de la utilizator pentru a preveni inserarea de caractere speciale sau comenzi SQL.
3. **Utilizarea a Drepturilor Minime:**
   - Acordați conturilor de bază de date privilegii minime necesare pentru a executa operațiile dorite, reducând astfel impactul unui atac.
4. **Monitorizare și Jurnalizare:**
   - Implementați sisteme de monitorizare și jurnalizare pentru a detecta activități neobișnuite și pentru a urmări eventuale tentative de atac.
5. **Actualizări și Patch-uri:**
   - Asigurați-vă că sistemul de gestiune a bazelor de date și aplicația sunt actualizate cu cele mai recente patch-uri și actualizări de securitate.
6. **Teste de Securitate Periodice:**
   - Realizați teste de securitate și audituri periodice pentru a identifica și remedia eventualele vulnerabilități.
7. **Educație și Conștientizare:**
   - Educați dezvoltatorii, administratorii de bază de date și utilizatorii cu privire la riscurile SQL injection și la practicile de securitate.

Implementarea acestor măsuri preventive poate contribui la reducerea riscului de a fi afectat de atacuri de SQL injection și la asigurarea securității aplicației și a bazelor de date asociate.

Intrări de evacuare

Dacă nu puteți utiliza instrucțiuni parametrizate sau o bibliotecă care scrie SQL pentru dvs., următoarea abordare cea mai bună este să vă asigurați că evadarea corectă a caracterelor șiruri speciale din parametrii de intrare.

Atacurile prin injecție se bazează adesea pe faptul că atacatorul poate crea o intrare care va închide prematur șirul de argument în care apar în instrucțiunea SQL. (De aceea, veți vedea adesea caracterele „ sau „ în încercările de atacuri cu injecție SQL.)

Limbajele de programare au moduri standard de a descrie șiruri de caractere care conțin ghilimele în ele – SQL nu este diferit în acest sens. În mod obișnuit, dublarea caracterului ghilimele – înlocuirea „cu „ – înseamnă „tratați acest ghilimele ca parte a șirului, nu sfârșitul șirului”.

Evadarea caracterelor simbol este o modalitate simplă de a vă proteja împotriva celor mai multe atacuri de injecție SQL și multe limbi au funcții standard pentru a realiza acest lucru. Există însă câteva dezavantaje ale acestei abordări:

- Trebuie să fii foarte atent să scapi de caractere peste tot în baza de cod unde este construită o instrucțiune SQL.
- Nu toate atacurile prin injectare se bazează pe abuzul de caractere de ghilimele. De exemplu, când este așteptat un ID numeric într-o instrucțiune SQL, ghilimelele nu sunt necesare. Următorul cod este încă vulnerabil la atacurile prin injecție, indiferent cât de mult vă jucați cu ghilimele:

```
def current_user(id)
  User.where("id = " + id)
end
```

Figura 8. Cod cu caractere de ghilimele

Intrări de igienizare

Dezinfectarea intrărilor este o practică bună pentru toate aplicațiile. În exemplul nostru de hack, utilizatorul a furnizat o parolă ca „ sau 1=1--, ceea ce pare destul de suspect ca alegere a parolei.

Dezvoltatorii ar trebui să depună întotdeauna eforturi pentru a respinge intrările care par suspecte din mână, având grijă să nu pedepsească accidental utilizatorii legitimi. De exemplu, aplicația dvs. poate curăța parametrii furnizați în solicitările GET și POST în următoarele moduri:

- Verificați dacă câmpurile furnizate, cum ar fi adresele de e-mail, corespund unei expresii regulate.
- Asigurați-vă că câmpurile numerice sau alfanumerice nu conțin caractere simbol.
- Respingeți (sau eliminați) spațiile albe și caracterele de linie nouă acolo unde acestea nu sunt adecvate.

Validarea la nivelul clientului (adică în JavaScript) este utilă pentru a oferi utilizatorului feedback imediat atunci când completează un formular, dar nu reprezintă o apărare împotriva unui hacker serios. Cele mai multe încercări de hack sunt efectuate folosind scripturi, mai degrabă decât browserul în sine.

Principiul celui mai mic privilegiu

Aplicațiile ar trebui să se asigure că fiecare proces sau componentă software poate accesa și afecta doar resursele de care are nevoie. Aplicați „niveluri de autorizare” după caz, în același mod în care doar anumiți angajați ai băncii au acces la seif. Aplicarea privilegiilor restricționate poate ajuta la atenuarea multor riscuri din jurul atacurilor de injecție.

Rareori este necesar ca aplicațiile să schimbe structura bazei de date în timpul rulării – de obicei, tabelele sunt create, abandonate și modificate în timpul ferestrelor de lansare, cu permisiuni temporar ridicate. Prin urmare, este o bună practică să reduceți permisiunile aplicației în timpul execuției, astfel încât să poată edita cel mult date, dar să nu modifice structurile tabelelor. Într-o bază de date SQL, aceasta înseamnă să vă asigurați că conturile dvs. de producție pot executa numai instrucțiuni DML, nu instrucțiuni DDL.

Cu bazele de date complexe, poate merita să faceți aceste permisiuni și mai precise. Multe procese pot fi autorizate să efectueze editări de date numai prin proceduri stocate sau să se execute cu permisiuni numai pentru citire.

Proiectarea rațională a managementului accesului în acest fel poate oferi o a doua linie de apărare vitală. Indiferent de modul în care atacatorul obține acces la sistemul dvs., acesta poate atenua tipul de daune pe care le pot face.

Hashing parole

Exemplul nostru de hack s-a bazat pe faptul că parola a fost stocată ca text simplu în baza de date. De fapt, stocarea parolelor necriptate este un defect major de securitate în sine. Aplicațiile ar trebui să stocheze parolele utilizatorului ca hashuri puternice, unidirecționale, de preferință sărate. Acest lucru atenuează riscul ca utilizatorii rău intenționați să fure acreditări sau să uzurpare identitatea altor utilizatori.

Autentificare terță parte

Ca o notă finală, deseori merită să luați în considerare externalizarea fluxului de lucru de autentificare al aplicației dvs. Facebook, Twitter și Google oferă toate API-uri OAuth mature, care pot fi folosite pentru a permite utilizatorilor să se conecteze la site-ul dvs. folosind conturile existente pe acele sisteme. Acest lucru vă scutește, ca dezvoltator de aplicații, de a vă rula propria autentificare și vă asigură utilizatorilor că parolele lor sunt stocate doar într-o singură locație.

Capitolul 3: Unde putem folosi?

SQL injection poate fi utilizat în orice situație în care o aplicație web interacționează cu o bază de date și nu implementează suficiente măsuri de securitate pentru a proteja împotriva acestui tip de atac. Aici sunt câteva exemple de locuri în care SQL injection poate fi aplicat:

1. **Formulare de Autentificare:**
   - Atacatorii pot încerca să compromită sistemul de autentificare prin injectarea de comenzi SQL în câmpurile de utilizator și parolă.
2. **Formulare de Căutare:**
   - Dacă o aplicație permite utilizatorilor să efectueze căutări în baza de date, inputul de căutare poate fi folosit pentru a injecta comenzi SQL.
3. **Formulare de Înregistrare:**
   - În cazul în care o aplicație permite utilizatorilor să-și înregistreze informațiile, un atacator poate încerca să injecteze comenzi SQL în câmpurile de înregistrare.
4. **Parametri URL:**
   - Aplicațiile care transmit parametri prin URL ar trebui să fie atent validate pentru a preveni SQL injection.
5. **Comenzi de Filtrare sau Sortare:**
   - Aplicațiile care permit utilizatorilor să filtreze sau să sorteze rezultatele afișate pot fi vulnerabile la SQL injection dacă inputul nu este gestionat corespunzător.
6. **Sisteme de Raportare și Afisare a Datelor:**
   - Aplicațiile care generează rapoarte sau afișează date din baza de date pot fi expuse la SQL injection dacă nu se aplică măsuri adecvate de securitate.
7. **Feedback și Comentarii:**
   - Sistemele care permit utilizatorilor să trimită feedback sau să adauge comentarii pot fi vulnerabile dacă nu se filtrează sau validează corespunzător datele introduse.
8. **Sisteme de Gestiune a Conținutului (CMS):**
   - Platformele CMS care interacționează cu o bază de date pot fi ținte pentru SQL injection, în special dacă permit input din partea utilizatorilor pentru gestionarea conținutului.
9. **Platforme de Comerț Electronic:**
   - Sistemele de comerț electronic care utilizează baze de date pentru a stoca informații despre produse, clienți și tranzacții pot fi vulnerabile la SQL injection.

Concluzii

În concluzie, SQL injection reprezintă o amenințare semnificativă la adresa securității sistemelor de gestionare a bazelor de date și a aplicațiilor web. Atacurile de SQL injection pot avea consecințe grave. Abordarea acestor riscuri necesită eforturi considerabile la nivelul dezvoltării software și al managementului bazelor de date.

În ceea ce privește dezvoltarea aplicațiilor, este crucial să se adopte practici securitare precum parametrizarea interogărilor SQL, validarea riguroasă a inputurilor și implementarea de mecanisme adecvate de autentificare și autorizare. Educația continuă a dezvoltatorilor în ceea ce privește amenințările de securitate și implementarea unor coduri sigure sunt esențiale pentru prevenirea și detectarea timpurie a vulnerabilităților.

Pe de altă parte, administrarea eficientă a bazelor de date presupune implementarea unor politici stricte de securitate, monitorizarea constantă a activităților suspecte și actualizări regulate ale sistemelor de gestionare a bazelor de date pentru a remediat posibilele vulnerabilități. O atenție deosebită trebuie acordată gestionării accesului la bazele de date, asigurându-se că doar utilizatorii autorizați au acces la informații sensibile.

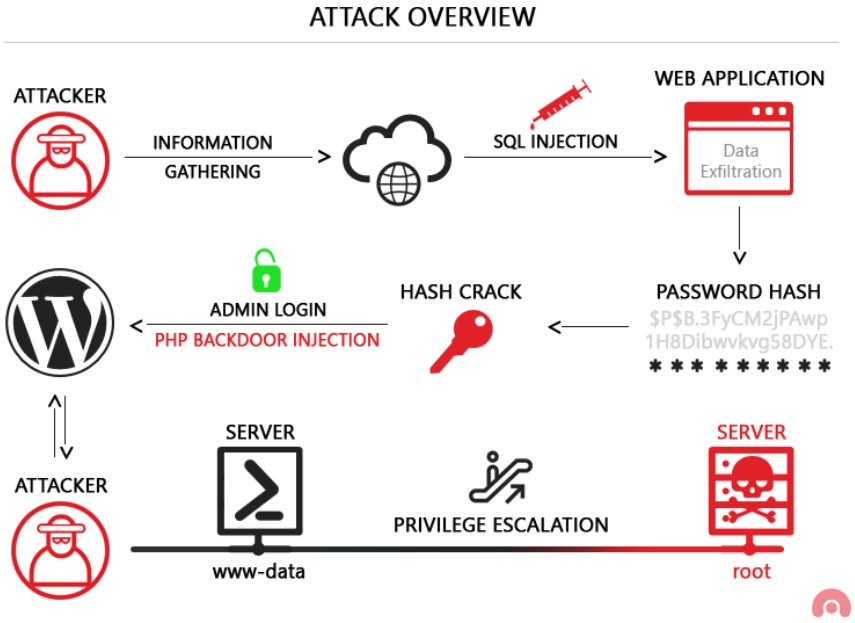
Bibliografie

[1] „Hacksplaining”, [Online]. Available: https://www.hacksplaining.com/prevention/sql-injection

[2] „Exploiting SQL Injection: a Hands-on Example”, [Online]. Available: https://www.acunetix.com/blog/articles/exploiting-sql-injection-example/?utm_source=hacksplaining&utm_medium=post&utm_campaign=articlelink

[3] „SQL injection cheat sheet”, [Online]. Available: https://www.invicti.com/blog/web-security/sql-injection-cheat-sheet/?utm_source=hacksplaining&utm_medium=post&utm_campaign=articlelink
[4] „A webcomic of romance,sarcasm, math, and language”, [Online]. Available: https://xkcd.com/327/

Anexe



Vulnerability Classification and Severity Table

Classification	ID / Severity
PCI v3.1	6.5.1
PCI v3.2	6.5.1
OWASP 2013	A1
CWE	89
CAPEC	66
WASC	19
HIPAA	164.306(a), 164.308(a)

CVSS 3.0 Score	
Base	10 (Critical)
Temporal	10 (Critical)
Environmental	10 (Critical)
CVSS Vector String	
CVSS:3.0/AV:N/AC:L/PR:N/UI:N/S:C/C:H/I:H/A:H	

OPTIMIZAREA INTEROGĂRILOR

Victor REABOI

Departamentul Ingineria Software și Automatică, grupa TI-201FR, Facultatea Calculatoare Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

Autorul corespondent: Reaboi Victor, victor.reaboi@isa.utm.md

Îndrumătorul/coordonatorul științific **Dorian SARANCIUC**, lector universitar

Abstract. *Bazele de date joacă un rol vital în gestionarea informațiilor în era digitală, iar optimizarea interogărilor reprezintă un aspect esențial pentru asigurarea recuperării și procesării eficiente a datelor. Acest articol explorează importanța și strategiile de optimizare a interogărilor în bazele de date, cu accent pe planurile de execuție, algoritmii și strategiile practice. Se discută despre normalizarea bazelor de date și impactul acesteia în optimizarea interogărilor. De asemenea, sunt prezentate tipurile de indexuri și rolul lor în accelerarea căutărilor. Articolul oferă, de asemenea, recomandări practice pentru a îmbunătăți eficiența interogărilor, inclusiv evitarea unor comenzi ineficiente și preferarea unor metode mai rapide. Se concluzionează cu sublinierea importanței optimizării continue în gestionarea bazelor de date în era digitală.*

Cuvinte cheie: *Optimizare interogări; Planuri de execuție; Algoritmi de optimizare; Normalizare baze de date; Indexuri în optimizare; Strategii de performanță; Structuri normalizate; Recomandări practică interogări.*

Planurile de Execuție a Interogărilor

Un aspect fundamental în optimizarea interogărilor este înțelegerea planurilor de execuție. Un plan de execuție este o reprezentare a modului în care sistemul de bază de date va executa o interogare. Acesta evidențiază pașii, operațiile și algoritmii pe care sistemul îi va utiliza pentru a accesa, uni, filtra, sorta, agregă și returna datele. Swapnil Parmar, Arhitect Enterprise la Kim Technologies, subliniază importanța acestor planuri în identificarea și modificarea indexilor pentru performanță optimă.

Algoritmi de Optimizare a Interogărilor

Algoritmii de optimizare a interogărilor sunt metodele pe care sistemul de bază de date le utilizează pentru a genera și a selecta cel mai bun plan de execuție pentru o anumită interogare. Kamlesh Ujgare, Oracle Apps DBA, evidențiază utilizarea predominantă a Optimizării Bazate pe Cost în bazele de date Oracle. Acest algoritm, dependent de statistici colectate, estimează costul și beneficiul fiecărui plan posibil de execuție. Algoritmi bazate pe reguli și heuristici oferă alternative, bazându-se pe reguli predefinite sau modele matematice pentru a simplifica și rescrie interogările [2].

Strategii de Optimizare a Interogărilor

Îmbunătățirea performanței interogărilor implică utilizarea unor strategii eficiente. Indexarea, partiționarea, statisticile și sugestiile sunt tehnici comune care afectează algoritmii de optimizare a interogărilor. Indexarea, așa cum menționează Ujgare, implică crearea și menținerea de indexi pentru a accelera accesul la date. Partiționarea împarte o tabelă mare în porțiuni mai mici, facilitând accesul la datele relevante și paralelizarea execuției interogărilor [4].

Monitorizarea Performanței Interogărilor

Monitorizarea performanței interogărilor reprezintă un proces esențial pentru măsurarea și analizarea în timp real a performanței interogărilor. Acest proces implică colectarea și analizarea unor metrici, cum ar fi timpul de execuție, consumul de resurse, evenimentele de

așteptare și erorile interogărilor. Utilizarea unor instrumente de monitorizare a performanței, precum SQL Server Profiler, Oracle Enterprise Manager sau MySQL Workbench, permite capturarea și afișarea datelor de performanță ale interogărilor. De asemenea, scripturile de monitorizare a performanței interogărilor, cum ar fi Dynamic Management Views în SQL Server, Automatic Workload Repository în Oracle sau Performance Schema în MySQL, oferă posibilitatea de a interoga și raporta datele de performanță ale interogărilor.

Normalizarea Bazelor de Date și Importanța sa în Optimizarea Interogărilor

Normalizarea reprezintă un proces esențial în proiectarea bazei de date, având ca obiectiv eliminarea redundanțelor și organizarea eficientă a datelor. Această practică este esențială pentru optimizarea interogărilor și asigurarea unei structuri coerente și flexibile a bazei de date [3].

Structura și Nivelele de Normalizare

Normalizarea implică împărțirea datelor în tabele pentru a evita redundanțele și a asigura dependența funcțională între coloane. Modelele normale, cum ar fi Forma Normală de Prima, a Doua și a Treia, precum și Forma Normală Boyce-Codd, oferă ghiduri pentru proiectarea eficientă a bazelor de date.

Eliminarea Redundanțelor

Prin eliminarea duplicării datelor, normalizarea contribuie la reducerea spațiului de stocare necesar și la menținerea coerenței datelor. De exemplu, într-un sistem normalizat, informațiile despre clienți sau produse pot fi stocate într-o singură tabelă, evitându-se replicarea necontrolată a datelor.

Optimizarea Interogărilor

Bazele de date normalizate facilitează optimizarea interogărilor prin structuri de date mai simple și relații bine definite între tabele. Această organizare eficientă permite accesul rapid la date și reduce complexitatea interogărilor, contribuind la o performanță crescută a acestora.

Flexibilitate în Gestionarea Datelor

Normalizarea conferă flexibilitate în gestionarea datelor și permite modificările structurale fără a afecta integritatea informațiilor existente. Într-o bază de date normalizată, adăugarea sau ștergerea de informații este mai ușoară și mai puțin predispusă la erori.

Importanța și Tipurile de Indexuri în Optimizarea Interogărilor

În lumea gestionării bazelor de date, optimizarea performanței interogărilor este esențială pentru asigurarea unui acces eficient la date. Unul dintre instrumentele cheie în acest proces este utilizarea indexurilor. Acest articol explorează importanța indexurilor, tipurile acestora și oferă exemple practice de optimizare a interogărilor în funcție de situații specifice [5].

Indexurile reprezintă structuri de date care permit o căutare rapidă și eficientă într-o bază de date. Ele funcționează asemenea unor cărți de referință care indică locația exactă a informațiilor dorite. Importanța indexurilor poate fi înțeleasă prin următoarele aspecte:

1. Accelerarea Căutărilor. Indexarea permite bazelor de date să localizeze rapid informațiile dorite, reducând timpul de căutare. În loc să parcurgă întreaga tabelă, sistemul poate utiliza indexul pentru a ajunge direct la locul unde se află datele căutate.
2. Optimizarea Unirilor. Atunci când se realizează unirea între mai multe tabele, indexurile pot îmbunătăți semnificativ performanța. Ele permit sistemului să găsească corespondențele între cheile din diferite tabele mai eficient.
3. Eficiența Sortării și a Grupării. Indexurile pot accelera operațiile de sortare și grupare, deoarece datele sunt deja organizate într-un anumit mod. Acest aspect este esențial în interogările care necesită prelucrarea și prezentarea datelor într-un anumit mod.

Există diverse tipuri de indexuri, fiecare adaptat pentru anumite scenarii și tipuri de interogări. Iată câteva dintre cele mai comune tipuri:

1. Index Simplu (Single-Column Index). Este cel mai comun tip de index și se aplică unei singure coloane. Util pentru interogări care se bazează pe acea coloană.
2. Index Compus (Composite Index). Implică două sau mai multe coloane. Util pentru optimizarea interogărilor care implică condiții pe mai multe coloane.
3. Index Unic (Unique Index). Asigură că valorile din coloana indexată sunt unice. Util pentru chei primare sau restricții de unicitate.
4. Index Descendent (Descending Index). Permite sortarea descrescătoare a valorilor în index. Util pentru interogări care necesită sortare descrescătoare.
5. Index Spatial (Spatial Index). Utilizat în baze de date spațiale pentru optimizarea interogărilor spațiale.

Exemple și recomandări

Selecția

Selectarea rândurilor necesare în loc să fie selectate toate rândurile ar trebui să fie urmată. SELECT * este foarte ineficient deoarece scanează întreaga bază de date [1].

```
SET STATISTICS TIME ON
SELECT * FROM SalesLT.Product
```

```
(295 rows affected)

 SQL Server Execution Times:
   CPU time = 0 ms,  elapsed time = 125 ms.

Completion time: 2021-10-03T17:45:01.8602635+05:30
```

```
SET STATISTICS TIME ON
SELECT ProductNumber, Name, Color,Weight FROM SalesLT.Product
```

```
 (295 rows affected)

  SQL Server Execution Times:
    CPU time = 0 ms,  elapsed time = 41 ms.

 Completion time: 2021-10-03T17:45:58.3009888+05:30
```

Evitați folosirea comenzii SELECT DISTINCT

Comanda SELECT DISTINCT în SQL este folosită pentru a obține rezultate unice și pentru a elimina rândurile duplicate în relație. Pentru a realiza această sarcină, ea grupează în mod fundamental rândurile relevante și apoi le elimină. Operația GROUP BY este o operație costisitoare. Așadar, pentru a obține rânduri distincte și pentru a elimina rândurile duplicate, este posibil să utilizați mai multe atribute în operația SELECT [1].

```
SET STATISTICS TIME ON
SELECT DISTINCT Name, Color, StandardCost, Weight FROM SalesLT.Product
```

```
SQL Server Execution Times:
  CPU time = 0 ms,  elapsed time = 111 ms.

Completion time: 2021-10-03T23:13:53.9723237+05:30
```

```
SET STATISTICS TIME ON
SELECT  Name, Color, StandardCost, Weight, SellEndDate, SellEndDate FROM SalesLT.Product
```

```
SQL Server Execution Times:
  CPU time = 0 ms,  elapsed time = 69 ms.

Completion time: 2021-10-03T23:13:19.7751003+05:30
```

Inner joins vs WHERE clause

Ar trebui să folosim INNER JOIN pentru a uni două sau mai multe tabele în loc să folosim clauza WHERE. Clauza WHERE creează o îmbinare CROSS / produs CARTEZIAN al tabelelor. Produsul CARTEZIAN al două tabele necesită mult timp [1].

```
SET STATISTICS IO ON
SELECT p.Name, Color, ListPrice
FROM SalesLT.Product p, SalesLT.ProductCategory pc
WHERE P.ProductCategoryID = pc.ProductCategoryID
```

```
(295 rows affected)
Table 'Workfile'. Scan count 0, logical reads 0, physical reads 0, page server reads 0, read-ahead reads 0,
Table 'Worktable'. Scan count 0, logical reads 0, physical reads 0, page server reads 0, read-ahead reads 0
Table 'Product'. Scan count 1, logical reads 103, physical reads 0, page server reads 0, read-ahead reads 0
Table 'ProductCategory'. Scan count 1, logical reads 2, physical reads 0, page server reads 0, read-ahead re

 SQL Server Execution Times:
   CPU time = 0 ms,  elapsed time = 90 ms.

Completion time: 2021-10-03T23:33:29.2651153+05:30
```

```
SET STATISTICS TIME ON
SELECT p.Name, Color, ListPrice FROM SalesLT.Product p
INNER JOIN  SalesLT.ProductCategory pc
ON P.ProductCategoryID = pc.ProductCategoryID
```

```
SQL Server parse and compile time:
   CPU time = 0 ms, elapsed time = 0 ms.

 SQL Server Execution Times:
   CPU time = 0 ms,  elapsed time = 0 ms.
SQL Server parse and compile time:
   CPU time = 0 ms, elapsed time = 21 ms.

 SQL Server Execution Times:
   CPU time = 0 ms,  elapsed time = 0 ms.

(295 rows affected)
Table 'Workfile'. Scan count 0, logical reads 0, physical reads 0, page server reads 0, read-ahead reads 0,
Table 'Worktable'. Scan count 0, logical reads 0, physical reads 0, page server reads 0, read-ahead reads 0,
Table 'Product'. Scan count 1, logical reads 103, physical reads 0, page server reads 0, read-ahead reads 0,
Table 'ProductCategory'. Scan count 1, logical reads 2, physical reads 0, page server reads 0, read-ahead r
```

Comanda limit

Comanda LIMIT este folosită pentru a controla numărul de rânduri care trebuie afișate din setul de rezultate. Setul de rezultate ar trebui să afișeze doar acele rânduri care sunt necesare. Prin urmare, trebuie să se utilizeze LIMIT cu setul de date de producție și să se ofere o calculare la cerere a rândurilor în scopuri de producție [1].

```
SET STATISTICS IO ON
SELECT Name, Color, ListPrice
FROM SalesLT.Product
LIMIT 10
```

	Name	Color	ListPrice
1	HL Road Frame - Black, 58	Black	1431.50
2	HL Road Frame - Red, 58	Red	1431.50
3	Sport-100 Helmet, Red	Red	34.99
4	Sport-100 Helmet, Black	Black	34.99
5	Mountain Bike Socks, M	White	9.50
6	Mountain Bike Socks, L	White	9.50
7	Sport-100 Helmet, Blue	Blue	34.99
8	AWC Logo Cap	Multi	8.99
9	Long-Sleeve Logo Jersey, S	Multi	49.99
10	Long-Sleeve Logo Jersey, M	Multi	49.99

IN versus EXISTS

Operatorul IN este mai costisitor decât EXISTS în ceea ce privește scanările, în special atunci când rezultatul subinterogării este un set mare de date. Prin urmare, ar trebui să încercăm să folosim EXISTS în loc să folosim IN pentru a obține rezultate cu o subinterogare [1].

```
SET STATISTICS TIME ON
SELECT ProductNumber,Name,Color FROM SalesLT.Product
WHERE ProductID IN
(SELECT ProductID FROM SalesLT.ProductDescription)
```

```
SQL Server parse and compile time:
   CPU time = 0 ms, elapsed time = 2 ms.

 SQL Server Execution Times:
   CPU time = 0 ms,  elapsed time = 0 ms.

(295 rows affected)
Table 'ProductDescription'. Scan count 1, logical reads 590
Table 'Product'. Scan count 1, logical reads 103, physical

 SQL Server Execution Times:
   CPU time = 16 ms,  elapsed time = 111 ms.
```

```
SET STATISTICS TIME ON
SELECT ProductNumber,Name,Color FROM SalesLT.Product
WHERE  EXISTS
(SELECT ProductID FROM SalesLT.ProductDescription)
```

```
SQL Server parse and compile time:
   CPU time = 0 ms, elapsed time = 4 ms.

 SQL Server Execution Times:
   CPU time = 0 ms,  elapsed time = 0 ms.

(295 rows affected)

 SQL Server Execution Times:
   CPU time = 0 ms,  elapsed time = 53 ms.

Completion time: 2021-10-04T17:41:52.7784161+05:30
```

Concluzie

În concluzie, optimizarea interogărilor în bazele de date reprezintă un aspect crucial pentru eficiența și performanța sistemelor informatice în era digitală. Articolul a acoperit o gamă variată de aspecte, de la înțelegerea planurilor de execuție a interogărilor și a algoritmilor de optimizare, până la strategii practice precum indexarea, partiționarea și monitorizarea performanței.

Importanța normalizării în proiectarea bazelor de date a fost evidențiată ca fiind esențială pentru eliminarea redundanțelor, optimizarea interogărilor și asigurarea unei structuri flexibile și coerente. Structurile normalizate au fost prezentate ca având beneficii semnificative în accelerarea accesului la date, reducerea complexității interogărilor și oferirea flexibilității în gestionarea informațiilor.

De asemenea, s-a subliniat importanța indexurilor în optimizarea performanței interogărilor, evidențiind diversele tipuri de indexuri și rolul lor în accelerarea căutărilor, optimizarea unirilor și eficiența sortării și grupării.

Recomandările de optimizare a interogărilor menționate anterior sunt esențiale pentru îmbunătățirea eficienței și performanței în gestionarea bazelor de date. Selecția adecvată a

datelor, cum ar fi evitarea folosirii comenzi SELECT * și limitarea rezultatelor la doar rândurile necesare, contribuie la reducerea timpului de execuție și a resurselor necesare, optimizând astfel procesul de interogare.

De asemenea, evitarea comenzii SELECT DISTINCT în favoarea unei abordări mai eficiente, care implică utilizarea mai multor atribute în operația SELECT, ajută la prevenirea costurilor ridicate asociate operației GROUP BY. Aceasta este o practică esențială pentru a asigura că rezultatele distincte sunt obținute într-un mod eficient și economic.

În ceea ce privește unirea tabelelor, preferarea clauzei INNER JOIN în locul clauzei WHERE pentru a evita îmbinarea CROSS / produsul CARTEZIAN al tabelelor duce la îmbunătățirea semnificativă a performanței interogărilor.

Utilizarea comenzii LIMIT pentru controlul numărului de rânduri afișate în setul de rezultate este o practică utilă pentru a asigura că doar datele necesare sunt recuperate și prezentate utilizatorilor. Aceasta contribuie la o gestionare eficientă a volumelor mari de date și la reducerea timpului de răspuns al interogărilor.

În plus, preferarea operatorului EXISTS în locul operatorului IN în cazul subinterogărilor cu seturi mari de date ajută la minimizarea costurilor de scanare și îmbunătățirea performanței interogărilor.

Prin aplicarea acestor recomandări în practică, se poate realiza o optimizare semnificativă a interogărilor, asigurând o experiență eficientă și rapidă în gestionarea bazelor de date în mediul digital.

Articolul a evidențiat că optimizarea interogărilor nu este doar un proces teoretic, ci necesită o abordare practică și continuă, utilizând instrumente specializate pentru monitorizare și tunare a performanței. În contextul evoluției tehnologice, preocuparea constantă pentru eficiență rămâne un pilon esențial în gestionarea eficientă a datelor în era digitală, oferind cititorilor cunoștințe și instrumente esențiale pentru abordarea complexității optimizării interogărilor în mediul digital.

Bibliografie

[1] IACOB, N. (fără an). *OPTIMIZAREA INTEROGĂRILOR*. Preluat de pe https://www.utgjiu.ro/revista/ec/pdf/2010-04.I/17_NICOLETA_IACOB.pdf

[2] *Query optimization*. (fără an). Preluat de pe Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Query_optimization

[3] *Normalizarea bazei de date*. (fără an). Preluat de pe :: Departamentul de Electrotehnica :: Facultatea de Inginerie Electrica :: Universitatea Politehnica din Bucuresti ::: http://www.elth.pub.ro/~preda/teaching/BDE/BDE_5.pdf

[4] *The Different Types of Indexes in Databases: A Comprehensive Overview*. (fără an). Preluat de pe Medium – Where good ideas find you.: https://londondataconsulting.medium.com/the-different-types-of-indexes-in-databases-a-comprehensive-overview-559a0c4f5fb5

[5] *A Detailed Guide on SQL Query Optimization*. (fără an). Preluat de pe Analytics Community | Analytics Discussions | Big Data Discussion: https://www.analyticsvidhya.com/blog/2021/10/a-detailed-guide-on-sql-queryoptimization/#:~:text=The%20query%20optimization%20process%20involves,plan%20based%20on%20cost%20estimations