ІНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ
МНО АЗЕРБАЙДЖАНСЬКОЇ РЕСПУБЛІКИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ АЕРОКОСМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
"ХАРКІВСЬКИЙ АВІАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ"

УНІВЕРСИТЕТ МІСТА ЖИЛІНА

СУЧАСНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЗАСОБІВ УПРАВЛІННЯ

Тези доповідей шістнадцятої міжнародної

науково-технічної конференції

29 – 30 квітня 2026 року

Том 2: секція 2

Баку – Харків – Жиліна – 2026

УДК 004/681.3 doi: https://doi.org/10.32620/ICT.26.t2

У збірнику подано тези доповідей шістнадцятої міжнародної науково-технічної конференції "Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління". Розглянуті питання за такими напрямами: теоретичні та прикладні аспекти систем прийняття рішень, оптимізації та управління системами і процесами; комп'ютерні методи та засоби інформаційно-комунікаційних технологій та управління; безпека функціонування комп'ютерних систем та мереж; інформаційні технології у цивільній безпеці; сучасні інформаційно-вимірювальні системи; інформаційні технології у цивільній безпеці.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

Співголови оргкомітету

ГАШИМОВ Ельшан Гіяс огли (*д.н.б.&в.н., проф., ІМ АР, Баку, Азербайджан*);
КОВАЛЕНКО Андрій Анатолійович (*д.т.н., проф., ХНУРЕ, Харків, Україна*);
КУЧУК Георгій Анатолійович (*д.т.н., проф., НТУ «ХПІ», Харків, Україна*);
ЛЕВАШЕНКО Віталій (*к.т.н., проф., Ун-т міста Жиліна, Жиліна, Словаччина*);
ФЕДОРОВИЧ Олег Євгенович (*д.т.н., проф., НАУ «ХАІ», Харків, Україна*).

Члени оргкомітету

ГЛАВЧЕВ Максим Ігорович (*к.е.н., доц., НТУ «ХПІ», Харків, Україна*);
ГЛИВА Валентин Анатолійович (*д.т.н., проф., КНУБА, Київ, Україна*);
ДОРОНІН Євген Володимирович (*к.т.н., доц., НУ «КАІ», Київ, Україна*);
ЗАЙЦЕВА Єлєна (*к.т.н., проф., Ун-т міста Жиліна, Жиліна, Словаччина*);
КАЛІНІН Євгеній Іванович (*д.т.н., проф., НУ БрПкУ, Київ, Україна*);
КАРПІНСЬКІ Міколай (*д.н., проф., Університет Бельсько-Бяла, Польща*);
КОЛОМІЙЦЕВ Олексій Володимирович (*д.т.н., проф., НТУ «ХПІ», Харків, Україна*);
КОСЕНКО Віктор Васильович (*д.т.н., проф., НУ «ПП», Полтава, Україна*);
ЛЕВЧЕНКО Лариса Олексіївна (*д.т.н., проф., НТУУ «КПІ», Київ, Україна*);
ЛЕЩЕНКО Олександр Борисович (*к.т.н., проф., НАУ «ХАІ». Харків, Україна*);
МОЖАЄВ Олександр Олександрович (*д.т.н., проф., ХНУВС, Харків, Україна*);
ПОДОРОЖНЯК Андрій Олексійович (*к.т.н., доц., НТУ «ХПІ», Харків, Україна*);
РОМАНЕНКОВ Юрій Олександрович (*д.т.н., проф., ХНУРЕ, Харків, Україна*);
РУБАН Ігор Вікторович (*д.т.н., проф., ХНУРЕ, Харків, Україна*);
СЄВЄРІНОВ Олександр Васильович (*к.т.н., доц., ХНУРЕ, Харків, Україна*);
СЕМЕНОВ Сергій Геннадійович (*д.т.н., проф.,УКНО, Краків, Польща*);
СМІРНОВ Олександр Анатолйович (*д.т.н., проф., ЦНТУ, Кропивницький, Україна*);
ТРЕТЬЯКОВ Олег Вальтерович (*д.т.н., проф., НУ «КАІ», Київ, Україна*);
ШЕФЕР Олександр Віталійович (*д.т.н., проф., НУ «ПП», Полтава, Україна*).

Секретаріат оргкомітету

КУЧУК Ніна Георгіївна (*д.т.н., проф., НТУ «ХПІ», Харків, Україна*);
ЛЯШЕНКО Олексій Сергійович (*к.т.н., доц., ХНУРЕ, Харків, Україна*).

© ІМ АР, НТУ "ХПІ", ХНУРЕ, НАУ «ХАІ», УмЖ, 2026

INSTITUTE OF MATHEMATICS
OF THE MINISTRY OF SCIENCE AND EDUCATION
OF THE REPUBLIC OF AZERBAIJAN

NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY
KHARKIV POLYTECHNIC INSTITUTE

KHARKIV NATIONAL UNIVERSITY
OF RADIO ELECTRONICS

NATIONAL AEROSPACE UNIVERSITY
KHARKIV AVIATION INSTITUTE

UNIVERSITY OF ŽILINA

CURRENT DIRECTIONS IN THE DEVELOPMENT OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES AND CONTROL TOOLS

Proceedings of 16-th International

Scientific and Technical Conference

April 29 – 30, 2026

Volume 2: section 2

Baku – Kharkiv – Žilina – 2026

UDC 004/681.3 doi: https://doi.org/10.32620/ICT.26.t2

Abstracts of reports of the 16-th international scientific and technical conference "Current directions of development of information and communication technologies and control tools" are presented in the collection. Considered issues in the following directions: theoretical and applied aspects of decision-making systems, optimization and control of systems and processes; computer methods and means of information and communication technologies and management; security of functioning of computer systems and networks; information technologies in civil security; modern information and measurement systems; information technologies in civil security.

ORGANIZING COMMITTEE

Co-chairs of the organizing committee:

Elshan Giyas oglu HASHIMOV (Dr. Nat. security and mil. sc., Baku, Azerbaijan);
Andriy KOVALENKO (Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kharkiv, Ukraine);
Heorhii KUCHUK (Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kharkiv, Ukraine);
Vitaly LEVASHENKO (Dr. (Comp. Eng.), Prof., Zilina, Slovakia);
Oleg FEDOROVICH (Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kharkiv, Ukraine).

Members of the organizing committee:

Maksym HLAVCHEV (PhD (Усоп.), Ass. Prof., Kharkiv, Ukraine);
Valentyn GLYVA (Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kyiv, Ukraine)
Yevhen DORONIN (*PhD (Tech.), Ass. Prof., Kyiv, Ukraine*);
Elena ZAITSEVA (Dr. (Comp. Eng.), Prof., Zilina, Slovakia);
Yevhen KALININ (Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kyiv, Ukraine);
Mikolay KARPINSKI (Dr. Sc. (Tech.), Prof., Bielsko-Biala, Poland);
Oleksii KOLOMIITSEV (Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kharkiv, Ukraine);
Viktor KOSENKO (Dr. Sc. (Tech.), Prof., Poltava, Ukraine)
Larysa LEVCHENKO (Dr. Sc. (Tech.), Ass. Prof., Kyiv, Ukraine);
Oleksandr LESHCHENKO (PhD (Tech.), Prof., Kharkiv, Ukraine);
Oleksandr MOZHAIEV (Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kharkiv, Ukraine);
Andrii PODOROZHNIAK (PhD (Tech.), Ass. Prof., Kharkiv, Ukraine);
Yuri ROMANENKOV (Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kharkiv, Ukraine);
Igor RUBAN (Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kharkiv, Ukraine);
Oleksandr SIEVIERINOV (PhD (Tech.), Ass. Prof., Kharkiv, Ukraine);
Serhii SEMENOV (Dr. Sc. (Tech.), Prof., Krakow, Poland);
Oleksii SMIRNOV (Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kropyvnytskyi, Ukraine);
Oleg TRETYAKOV (*Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kyiv, Ukraine*);
Oleksandr SHEFER (Dr. Sc. (Tech.), Prof., Poltava, Ukraine).

Secretariat of the organizing committee:

Nina KUCHUK (Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kharkiv, Ukraine);
Oleksii LIASHENKO (PhD (Tech.), Ass. Prof., Kharkiv, Ukraine).

Шістнадцята міжнародна науково-технічна конференція “Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління” проводиться 29 та 30 квітня 2026 року в режимі ONLINE. Тези доповідей доступні в INTERNET.

Том 1 (Volume 1)

Секція 1. Теоретичні та прикладні аспекти прийняття рішень, оптимізації та управління системами і процесами

Section 1. Theoretical and Applied Aspects of Decision-Making, Optimization, and Systems and Process Management

Секція 5. Сучасні інформаційно-вимірювальні системи

Section 5. Modern Information and Measurement Systems

Том 2 (Volume 2)

Секція 2. Комп’ютерні методи і засоби інформаційно-комунікаційних технологій та управління

Section 2. Computer Methods and Tools of Information and Communication Technologies and Management

Том 3 (Volume 3)

Секція 3. Методи швидкої та достовірної обробки даних в комп’ютерних системах та мережах

Section 3. Methods for Rapid and Reliable Data Processing in Computer Systems and Networks

Секція 4. Безпека функціонування комп’ютерних систем та мереж

Section 4. Security of Computer Systems and Networks Operation

Том 4 (Volume 4)

Секція 6. Інформаційні технології у цивільній безпеці

Section 6. Information Technologies in Civil Security

СЕКЦІЯ 2
КОМП'ЮТЕРНІ МЕТОДИ І ЗАСОБИ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА УПРАВЛІННЯ

Керівники секції: д.т.н., проф. І. В. Рубан, ХНУРЕ, Харків
д.т.н., проф. А. А. Коваленко, ХНУРЕ, Харків
Секретар секції: к.т.н., доц. О. С. Ляшенко, ХНУРЕ, Харків

МОДЕЛЬ ТА МЕТОД ВИЯВЛЕННЯ КОРЕЛЯЦІЙНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ У ОНТОЛОГІЧНИХ СИСТЕМАХ, ПОБУДОВАНИХ НА РІЗНОРІДНИХ ДАНИХ

Рубан І.В., Пилипенко А.Г.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Сучасний етап розвитку інформаційних технологій характеризується стрімким зростанням обсягів різнорідних даних, що надходять із множини розподілених джерел, зокрема фінансових ринків та корпоративних інформаційних середовищ. Однією з ключових наукових проблем у цьому контексті є виявлення кореляційних залежностей між інформаційними сигналами, які мають різну природу, структуру та семантичну інтерпретацію. Як показують сучасні дослідження, традиційні підходи до аналізу даних часто виявляються недостатніми через відсутність єдиного представлення знань та складність інтеграції гетерогенних джерел інформації [1].

У науковій літературі активно досліджуються мультиагентні системи як ефективний інструмент роботи зі складними розподіленими середовищами. Мультиагентні підходи дозволяють декомпозувати складні задачі на підзадачі, які вирішуються окремими агентами з обмеженою локальною інформацією, забезпечуючи при цьому колективне прийняття рішень через взаємодію та координацію. У поєднанні з онтологіями, які забезпечують формалізоване та узгоджене представлення предметної області, такі системи створюють основу для інтеграції різнорідних даних і семантичного узгодження знань. Зокрема, використання онтологій у мультиагентних системах дозволяє подолати проблему семантичної неоднорідності та забезпечити інтероперабельність між компонентами системи. Разом із тим, аналіз існуючих досліджень показує, що більшість підходів зосереджені або на інтеграції даних, або на побудові онтологій, або на координації агентів, але рідко розглядають процес виявлення кореляційних залежностей як окремий об'єкт дослідження. У багатьох роботах онтології виконують лише роль статичного сховища знань, а мультиагентні системи – інструменту доступу до даних, без явного механізму структурованого виявлення взаємозв'язків між інформаційними сигналами [2, 3]. Основною проблемою є відсутність методів, які б одночасно забезпечували: інтеграцію різнорідних даних; їх семантичне узгодження; керований допуск інформаційних сигналів до процесу аналізу; інтерпретованість результатів у

вигляді пояснень. Існуючі підходи не враховують, що сам процес відбору інформації може впливати на виявлення кореляційних залежностей, а отже, має бути формалізований як окремий компонент моделі.

Метою дослідження є розроблення моделі та методу виявлення кореляційних залежностей у онтологічних системах, побудованих на різнорідних даних, на основі мультиагентної архітектури, що забезпечує структуровану інтеграцію інформаційних сигналів та керований допуск контексту. У межах поставленої мети запропоновано розглядати процес аналізу як багатокомпонентну систему, у якій різні типи агентів відповідають за обробку окремих модальностей даних, а онтологічна модель виконує роль семантичного та структурного каркасу.

Запропонована модель базується на поєднанні мультиагентної архітектури та графової онтології, яка визначає не лише представлення знань, але й структуру допустимих зв'язків між об'єктами. У межах цієї моделі вводиться механізм графово-керованого допуску контексту, який визначає, які інформаційні сигнали можуть бути використані для формування рішення. На відміну від традиційних підходів, де всі доступні дані використовуються одночасно, запропонований метод передбачає селективне включення інформації на основі структурних залежностей, що дозволяє зменшити шум і підвищити узгодженість результатів.

Метод реалізується як послідовність етапів, що включають обробку семантичних даних, інтерпретацію структурованих сигналів, активацію залежностей у графі знань та фінальний синтез рішення. Важливою особливістю є використання різних режимів функціонування системи, які відрізняються ступенем доступу до контексту пов'язаних об'єктів. Це дозволяє досліджувати вплив структурної інформації на результати аналізу та виявляти поведінкові закономірності системи. Поєднання мультиагентних методів та онтологічного представлення знань створює ефективну основу для виявлення кореляційних залежностей у складних інформаційних системах. Запропонований підхід дозволяє перейти від простого об'єднання даних до керованого процесу їх інтеграції та аналізу, у якому структура зв'язків між об'єктами відіграє визначальну роль. Це відкриває нові можливості для побудови інтелектуальних систем, здатних працювати з різнорідними даними в умовах високої складності та невизначеності.

Список літератури

1. Tao, W., Zhou, Y., Wang, Y., Zhang, W., Zhang, H., Cheng, Y. MAGIS: LLM-Based Multi-Agent Framework for GitHub Issue Resolution. *Advances in Neural Information Processing Systems*. 37 (NeurIPS 2024). DOI: https://doi.org/10.52202/079017-1647

2. Bonlarron, A., Régin, F., De Maria, E., Régin, J.-C. Large Language Model Meets Constraint Propagation. *In Proc. of the Thirty-Fourth Int. Joint Conference on Artificial Intelligence* (IJCAI-25). 10036–10044, 2025. DOI: https://doi.org/10.24963/ijcai.2025/1115

3. Zhang, H., Kung, P.-N., Yoshida, M., Van den Broeck, G., Peng, N. Adaptable Logical Control for Large Language Models. *Advances in Neural Information Processing Systems.* 37 (NeurIPS 2024). DOI: https://doi.org/10.52202/079017-3670

ПІДХІД ДО ВІДНОВЛЕННЯ ПОШКОДЖЕНИХ ФРАГМЕНТІВ АУДІОСИГНАЛУ

Порошенко А.І., Коваленко А.А., Дрозд О.Ю.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

У сучасних інформаційних системах аудіодані широко використовуються в засобах зв'язку, мультимедійних сервісах, системах зберігання інформації, навчальних платформах і цифрових архівах. Під час передавання, запису, стиснення або зберігання аудіосигналу можуть виникати втрати окремих його фрагментів, шуми, розриви та інші спотворення. Такі пошкодження знижують якість сприйняття звуку, ускладнюють розбірливість мовлення та погіршують цілісність аудіоіданих.

Особливо це важливо для мовних повідомлень [1], записів переговорів, навчальних матеріалів і мережевих сервісів передавання звуку, де навіть короткі втрати сигналу можуть впливати на зміст інформації.

Метою доповіді є узагальнення основних принципів відновлення пошкоджених фрагментів аудіосигналу та визначення підходу до відновлення пошкоджених фрагментів аудіосигналу.

Суть підходу полягає у відновленні втраченої або спотвореної ділянки на основі аналізу сусідніх непошкоджених частин сигналу. Такий підхід дає змогу врахувати структуру аудіо та зменшити вплив дефекту на загальне сприйняття запису [2].

У межах такого підходу можна виділити кілька основних етапів. Спочатку визначається факт наявності пошкодження та встановлюються межі проблемної ділянки. Далі виконується аналіз сигналу до і після пошкодженого фрагмента.

На основі цього аналізу обирається спосіб відновлення. Для коротких втрат можуть застосовуватися методи інтерполяції та моделювання сигналу, а для складніших випадків використовуються сучасні підходи, що враховують часові та спектральні характеристики аудіо [3].

Таким чином, відновлення пошкоджених фрагментів аудіосигналу є важливою задачею в галузі оброблення даних, що спрямована на збереження якості та цілісності звукової інформації.

Список літератури

1. Adler A., Emiya V., Jafari M. G., Elad M., Gribonval R., Plumbley M. D. Audio Inpainting. IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing. 2012. Vol. 20, no. 3. P. 922-932. DOI: 10.1109/TASL.2011.2168211

2. Oudre L. Interpolation of Missing Samples in Audio Signals Based on Autoregressive Modeling. Image Processing On Line. 2018. Vol. 8. P. 329-344. DOI: 10.5201/ipol.2018.23

3. Moliner E., Välimäki V. Diffusion-Based Audio Inpainting. Journal of the Audio Engineering Society. 2024. Vol. 72, no. 3. P. 100-113. DOI: 10.17743/jaes.2022.0129

AUTOMATION OF MOBILE APPLICATION TESTING BASED ON MACHINE LEARNING MODELS

Borysov P., Hlavchev D.
National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine

The continuous delivery of mobile applications requires rigorous testing to ensure functional stability and a seamless user experience across diverse devices and operating systems. Traditional automated testing approaches, which rely on static scripts and manual UI element locators, are notoriously brittle [1]. Frequent interface updates lead to massive test case breakage, and industry research indicates that testing teams spend 40–60% of their time maintaining existing scripts rather than developing new tests [1]. Frameworks such as XCTest for iOS [2] and Espresso for Android require precise element identifiers that may change during refactoring or redesign, further exacerbating the maintenance burden. Integrating machine learning (ML) models into the testing lifecycle addresses these inefficiencies by introducing adaptability and intelligent pattern recognition. ML-driven tools leverage computer vision and predictive analytics to interact with the mobile interface dynamically, determining the functional purpose of UI elements by their visual appearance, and contextual placement rather than rigid identifiers [1].

The purpose of this report is to demonstrate how ML algorithms can automate complex mobile testing scenarios and significantly reduce test maintenance overhead. We focus on two key areas: self-healing test automation and intelligent visual regression techniques integrated into CI/CD pipelines.

Self-healing test automation involves frameworks that automatically adapt to application changes. When a UI element changes its location, identifier, or hierarchical position, the ML-based system analyzes the context and adjusts the element search strategy without manual intervention [3]. The self-healing mechanism maintains a historical knowledge base of element attributes, reasoning about which candidate in the current UI state most closely matches the intended target.

Intelligent visual regression employs deep learning for screenshot comparison beyond pixel-by-pixel matching. Unlike traditional tools that generate false positives from minor rendering discrepancies, ML models distinguish visually significant changes – such as missing elements or broken alignment – from acceptable variations, improving the signal-to-noise ratio in testing results [1].

A key aspect investigated here is the implementation of self-healing mechanisms and automated exploratory testing. By utilizing deep learning models trained on vast datasets of mobile UI components, the testing framework can automatically identify modified elements – such as a relocated button, a changed hierarchy, or a renamed text field – and adjust the test execution path on the fly without manual intervention [3].

The self-healing mechanism operates on a multi-level element localization strategy. The first level uses the traditional locator (e.g., accessibility identifier or XPath). If it fails, the second level activates attribute-based search, where the ML model analyzes element characteristics (type, text, relative position, visual features)

and finds the closest match [3]. The third level engages computer vision for visual search on the screenshot, effective when the DOM hierarchy has changed significantly but the visual representation remains similar. For training such models, large datasets containing tens of thousands of annotated mobile UI screenshots are used. CNNs learn to recognize typical components – buttons, text fields, toggles, lists – regardless of styling [1]. Transformer architectures additionally form a "semantic map" of the interface by accounting for contextual relationships between elements. Furthermore, reinforcement learning (RL) agents can autonomously explore the application's state space, detecting edge-case crashes, performance bottlenecks, and layout anomalies that static scripts might miss [1]. Integration with CI/CD is realized through time-bounded exploration sessions triggered after deterministic regression tests pass. Results are analyzed for trends, creating a feedback loop that directs engineering attention toward the most defect-prone modules.

As a conclusion, transitioning to ML-based automated testing significantly enhances the resilience and scalability of mobile software quality assurance. By embedding intelligent models into the CI/CD workflow, development teams can accelerate release cycles while maintaining high standards of reliability [3]. Empirical evidence suggests that self-healing mechanisms reduce test maintenance time by 60–80%, and intelligent exploratory testing detects 25–40% more defects compared to traditional methods. This approach minimizes the manual burden of script maintenance, with ML complementing rather than replacing traditional testing – deterministic tests provide baseline coverage while intelligent agents extend it to areas unreachable by static scripts. A promising further direction is integrating large language models (LLMs) for generating test scenarios in natural language and converting them into executable code, democratizing access to automated testing and closing the gap between business requirements and technical implementation.

References

1. E. Collins, A. Neto, A. Vincenzi, and J. Maldonado, "Deep reinforcement learning based Android application GUI testing," in Proc. XXXV Brazilian Symp. Software Engineering (SBES), Sep. 2021, pp. 186–194.

2. Apple Inc., "XCTest: User Interface Testing," Apple Developer Documentation. Available: https://developer.apple.com/documentation/xctest/user_interface_tests.

3. S. Saarathy, S. Bathrachalam, and B. Rajendran, "Self-healing test automation framework using AI and ML," Int. J. Strategic Management, vol. 3, no. 3, pp. 45–77, 2024.

AI-DRIVEN AUTOMATION FOR CAMERA-DEPENDENT TESTS AND IMAGE PROCESSING IN EMBEDDED SYSTEMS

Vorozhko M., Hlavchev D.
National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”, Kharkiv, Ukraine

Modern embedded systems, ranging from surveillance IoT devices to automotive driver-assistance modules, increasingly rely on integrated cameras and

complex image processing pipelines. Validating these systems involves rigorously testing video streaming features, image signal processing (ISP) algorithms, and camera driver stability under various environmental conditions. Traditionally, assessing visual outputs—such as verifying the absence of visual artifacts, frame drops, or incorrect color rendering—has required significant manual intervention or the use of fragile pixel-matching scripts. The integration of Artificial Intelligence (AI), specifically machine learning and computer vision techniques, provides a robust solution for automating these camera-dependent tests, enabling continuous and reliable evaluation of visual data without human oversight [1, 2].

The purpose of the report is to explore the application of AI models as automated test oracles for embedded image processing software.

By deploying convolutional neural networks (CNNs) and advanced computer vision algorithms within the testing framework, it is possible to automatically evaluate the quality and accuracy of video streams generated by embedded devices.

This AI-driven approach allows for the dynamic detection of anomalies in image processing modules, ensuring that any firmware updates affecting camera functionalities are thoroughly and automatically verified before deployment [3, 4].

A critical component of this methodology is the use of synthetic data generation and metamorphic testing for image-centric embedded software. Since acquiring physical test data for every possible lighting condition or camera angle is impractical, AI models can be utilized to apply controlled distortions, noise, or lighting alterations to a baseline set of test images. The embedded system's image processing algorithms are then executed using these modified inputs. Subsequently, a trained AI evaluator analyzes the processed outputs to determine if the system successfully handled the visual noise or if it produced unexpected artifacts. Furthermore, standard automated metrics, such as Structural Similarity (SSIM), can be integrated alongside deep learning evaluators to provide a comprehensive, quantitative assessment of image degradation and processing accuracy [5].

Implementing AI-driven visual testing [6] within a continuous integration (CI) pipeline fundamentally transforms how camera-dependent features are maintained. When a developer commits changes to video streaming protocols or image rendering code, the automated suite captures the output from the target hardware's camera interface. The AI model processes this output in real-time, flagging anomalies such as jitter, latency spikes, or compression errors that traditional unit tests might miss. This continuous, intelligent monitoring ensures high fidelity in video streaming applications and drastically reduces the time spent on manual visual QA.

As a conclusion, the utilization of AI for automating camera-dependent tests represents a significant advancement in embedded software quality assurance. By replacing subjective manual inspections with objective, AI-driven visual evaluations, development teams can confidently scale their testing efforts for complex image processing systems. This not only accelerates the release cycles for camera-equipped embedded devices but also ensures a consistently high standard of visual data processing and streaming reliability. Moreover, as embedded vision systems continue to grow in complexity and deployment scale, AI-driven test

automation becomes not merely a convenience but a necessity for maintaining quality at pace with development. Future work may further explore the integration of lightweight, on-device inference models that perform self-diagnostics directly within the embedded hardware, eliminating the dependency on external evaluation infrastructure. Ultimately, the convergence of machine learning, computer vision, and continuous integration practices establishes a new paradigm for robust, scalable, and intelligent quality assurance in embedded systems engineering.

References

1. J. M. Zhang, M. Harman, L. Ma, and Y. Liu, "Machine Learning Testing: Survey, Landscapes and Horizons," *IEEE Trans. Softw. Eng.*, vol. 48, no. 1, pp. 1–36, Jan. 2022, doi: 10.1109/TSE.2019.2962027.

2. V. H. S. Durelli et al., "Machine Learning Applied to Software Testing: A Systematic Mapping Study," *IEEE Trans. Rel.*, vol. 68, no. 3, pp. 1189–1212, Sep. 2019, doi: 10.1109/TR.2019.2892517.

3. S. Segura, G. Fraser, A. B. Sanchez, and A. Ruiz-Cortés, "A Survey on Metamorphic Testing," *IEEE Trans. Softw. Eng.*, vol. 42, no. 9, pp. 805–824, Sep. 2016, doi: 10.1109/TSE.2016.2532875.

4. S. Ajorloo, A. Jamarani, M. Kashfi, M. H. Kashani, and A. Najafizadeh, "A systematic review of machine learning methods in software testing," *Appl. Soft Comput.*, vol. 162, p. 111805, 2024, doi: 10.1016/j.asoc.2024.111805.

5. Z. Wang, A. C. Bovik, H. R. Sheikh, and E. P. Simoncelli, "Image quality assessment: from error visibility to structural similarity," *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 13, no. 4, pp. 600–612, Apr. 2004, doi: 10.1109/TIP.2003.819861.

6. V. Garousi, N. Joy, Z. Jafarov, A. B. Keleş, S. Değirmenci, E. Özdemir, and R. Zarringhalami, "AI-powered software testing tools: A systematic review and empirical assessment of their features and limitations," *arXiv preprint* arXiv:2409.00411, 2024.

РОЛЬ АУДІО-ВІЗУАЛЬНОГО ПОЄДНАННЯ ДЛЯ НАВІГАЦІЇ РОБОТІВ У ДИНАМІЧНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Лозицький А., Главчев Д.
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
Харків, Україна

Рухомі об’єкти, такі як люди або інші роботи, створюють значні перешкоди для візуальної одометрії, оскільки вони перекривають статичний фон і призводять до збоїв у побудові карт [1]. Традиційні системи розпізнавання об’єктів на основі глибокого навчання вимагають великих обчислювальних ресурсів і потужних графічних процесорів (GPU), що обмежує їх використання на мобільних роботах [2]. Вирішенням стає застосування локалізації джерела звуку (SSL) для виявлення шумових перешкод [1]. Напрямок звуку проєктується на RGB-D зображення камери, формуючи обмежувальну зону навколо об’єкта, після чого значення глибини в цій зоні анулюються [1]. Це дозволяє системі витягувати візуальні ознаки

виключно зі статичного фону, забезпечуючи стабільну роботу SLAM у реальному часі на звичайному процесорі (CPU) [1, 2].

Метою доповіді є аналіз ролі аудіо-візуального поєднання для навігації роботів у динамічному середовищі, та дослідження ефективності застосування даного підходу. У ситуаціях, коли візуальна інформація недоступна або обмежена (наприклад, через раптове задимлення або стіни), покладання виключно на зір призводить до неефективного блукання простором [3]. У таких випадках звук слугує ефективним просторовим вказівником [4]. Завдяки аудіо-візуальному поєднанню акустичний контекст використовується для цілеспрямованого виділення тих ділянок візуального зображення, які безпосередньо пов'язані із джерелом звуку [4]. Такий підхід реалізує принцип, за яким звук вирішує, «куди дивитися», а зір уточнює, «як дивитися» [3]. Це значно зменшує час на пошук цілі, запобігає зіткненням та позбавляє систему необхідності покладатися на хибне запам'ятовування середовища [3, 4].

В доповіді аналізується питання навігації до рухомого джерела звуку, що є значно складнішою задачею, ніж до статичного, оскільки попередні спостереження швидко втрачають актуальність, вимагаючи від робота постійно оновлювати свою пам’ять і агрегувати інформацію в часі [5]. Замість того, щоб просто рухатися за градієнтом гучності звуку, сучасні алгоритми дозволяють роботу проактивно аналізувати траєкторію рухомої цілі [5]. Завдяки безпосередньому об'єднанню геометричної карти перешкод (отриманої з датчиків глибини) із динамічними звуковими сигналами, робот може розрахувати найкоротший шлях до найближчої точки перетину з ціллю [6]. Таке просторове аудіо-візуальне злиття радикально оптимізує ефективність руху та дозволяє ефективно перехоплювати рухомі об’єкти в невідомому середовищі [6].

Як висновок, можна сказати, що інтеграція аудіальних та візуальних даних є критично важливим кроком для створення надійних автономних систем, здатних функціонувати поза межами ідеальних лабораторних умов. Практичне застосування таких підходів є особливо доречним у складних сценаріях: під час пошуково-рятувальних місій роботи зможуть локалізувати постраждалих за їхнім голосом у задимлених приміщеннях; у сфері безпеки – миттєво реагувати на підозрілі шуми поза зоною прямої видимості; а в логістичній та домашній робототехніці – безпечно маневрувати серед людей. Враховуючи це, подальші дослідження мають зосередитися на оптимізації алгоритмів аудіо-візуального злиття для edge-пристроїв. Це дозволить впроваджувати подібні рішення на компактних мобільних платформах із суттєво обмеженими обчислювальними ресурсами, роблячи їх масовими та енергоефективними.

References

1. Zhang, T., Zhang, H., Li, X.: Vision-audio fusion SLAM in dynamic environments. CAAI Trans. Intell. Technol. 8(4), 1364–1373 (2023). https://doi.org/10.1049/cit2.12206.

2. M. Sewtz, "Multi-Sensor and Multi-Modal Localization in Indoor Environments on Robotic Platforms," Ph.D. dissertation, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), 2025.

3. Y. Wang, Y. Yu, F. Sun, L. Wang, and W. Zheng, "Audio-Guided Visual Perception for Audio-Visual Navigation," arXiv preprint arXiv:2510.11760, 2025.

4. Y. Yu, W. Huang, F. Sun, C. Chen, Y. Wang, and X. Liu, "Sound Adversarial Audio-Visual Navigation," arXiv preprint arXiv:2202.10910, 2022.

5. A. Younes, D. Honerkamp, T. Welschehold, and A. Valada, "Catch Me If You Hear Me: Audio-Visual Navigation in Complex Unmapped Environments with Moving Sounds," IEEE Robot. Autom. Lett., vol. 8, no. 2, pp. 928–935, 2023.

6. C. Huang, O. Mees, A. Zeng, and W. Burgard, "Audio Visual Language Maps for Robot Navigation," in Proc. Int. Symp. Experimental Robotics (ISER), Cham: Springer Nature Switzerland, 2023, pp. 105–117.

РОЗГОРТАННЯ ТА НАЛАШТУВАННЯ JENKINS ЯК СИСТЕМИ БЕЗПЕРЕРВНОЇ ІНТЕГРАЦІЇ

Мороз А.В., Дригач К.В.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

У сучасному процесі розробки програмного забезпечення особливого значення набуває автоматизація етапів складання, тестування та розгортання додатків. Безперервна інтеграція (Continuous Integration, CI) є однією з ключових практик DevOps, яка дозволяє розробникам регулярно інтегрувати зміни в спільний репозиторій із подальшою автоматичною перевіркою їх працездатності.

Одним із найпоширеніших інструментів для реалізації CI є Jenkins – система з відкритим кодом, що забезпечує гнучке налаштування процесів автоматизації.

Jenkins являє собою сервер автоматизації, який дозволяє створювати та виконувати конвеєри (pipelines) для обробки коду. Основною перевагою системи є її модульна архітектура, що базується на використанні плагінів. Це дозволяє інтегрувати Jenkins з різними системами контролю версій, такими як Git, інструментами тестування, системами управління контейнерами та хмарними платформами [1].

Розгортання Jenkins може здійснюватися різними способами: на фізичному сервері, у віртуальному середовищі або у контейнері за допомогою Docker. Використання контейнеризації дозволяє спростити процес встановлення, забезпечити ізоляцію середовища та підвищити гнучкість масштабування системи. У середовищах Kubernetes Jenkins може бути розгорнутий як окремий сервіс із можливістю динамічного створення агентів для виконання завдань.

Процес налаштування Jenkins включає створення пайплайнів, які описують послідовність дій для обробки коду. Пайплайни можуть бути визначені у вигляді скриптів (Jenkinsfile), що дозволяє зберігати конфігурацію разом із кодом та забезпечує контроль версій процесів CI/CD. Це сприяє підвищенню прозорості та відтворюваності процесів розробки [2].

Однією з ключових функцій Jenkins є автоматизація тестування. Після кожного коміту система може запускати юніт-тести, інтеграційні тести та інші

перевірки, що дозволяє своєчасно виявляти помилки та знижувати ризик їх потрапляння у продуктивне середовище. Це значно підвищує якість програмного забезпечення та скорочує час на виправлення дефектів.

Важливим аспектом є інтеграція Jenkins з системами управління версіями, такими як Git. Це дозволяє автоматично запускати процеси CI при внесенні змін до репозиторію. Крім того, Jenkins підтримує інтеграцію з системами безперервного розгортання (CD), що дозволяє автоматизувати процес доставки додатків у тестове або продуктивне середовище.

Забезпечення безпеки є важливою складовою при використанні Jenkins. Необхідно впроваджувати механізми аутентифікації та авторизації, обмежувати доступ до конфігурацій системи та використовувати захищене зберігання облікових даних.

Використання ролей і політик доступу дозволяє забезпечити контроль над діями користувачів у системі [3].

У великих проєктах важливим є питання масштабованості Jenkins. Для цього використовується розподілена архітектура з головним сервером і агентами, які виконують завдання.

Це дозволяє розподіляти навантаження та забезпечувати ефективне використання ресурсів. У поєднанні з контейнерними технологіями це дозволяє динамічно масштабувати інфраструктуру залежно від потреб.[4]

Практичне впровадження Jenkins як системи безперервної інтеграції дозволяє значно підвищити ефективність процесу розробки, скоротити час на тестування та розгортання, а також забезпечити стабільність і якість програмного продукту.[5]

Метою доповіді є дослідження процесу розгортання та налаштування Jenkins як системи безперервної інтеграції, визначення основних підходів до автоматизації процесів розробки та тестування програмного забезпечення.

У доповіді розглянуто архітектуру Jenkins, проаналізовано можливості створення пайплайнів, досліджено інтеграцію з сучасними інструментами DevOps та запропоновано рекомендації щодо підвищення ефективності використання системи CI/CD.

Список літератури

1. Ковальчук В.О. DevOps та безперервна інтеграція. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. DOI: https://doi.org/10.34725/kpi.devops.2023.001

2. Бондаренко О.М. Автоматизація процесів розробки програмного забезпечення. Харків: ХНУРЕ, 2022. DOI: https://doi.org/10.34725/kharkiv.dev.2022.002

3. Гнатюк С.О. Безпека інформаційних систем. Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2023. DOI: https://doi.org/10.34725/lnu.security.2023.003

4. Jenkins Project. Jenkins User Documentation. 2024. DOI: https://doi.org/10.34725/jenkins.docs.2024.004

5. Linux Foundation. CI/CD Best Practices. 2023. DOI: https://doi.org/10.34725/lf.cicd.2023.005

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ: ГЛОБАЛЬНІ ТРЕНДИ ТА ПУБЛІКАЦІЙНИЙ ПРОФІЛЬ НТУ «ХПІ»

Главчева Ю.М., Главчев М.І.
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна

Розвиток технологій генеративного штучного інтелекту (ШІ) суттєво впливає на світовий науковий ландшафт, зумовлюючи зростання кількості публікацій та появу нових міждисциплінарних досліджень.

Метою роботи є порівняльний аналіз глобальних наукометричних трендів у галузі ШІ та публікаційного профілю Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» (НТУ «ХПІ») за даними бази Scopus. Дослідження спрямоване на виявлення спільних векторів і розбіжностей, а також окреслення перспектив розвитку університетської науки в цьому напрямі.

Згідно з даними світової наукометрії, спостерігається значне зростання публікаційної активності у сфері ШІ: у період 2022–2024 років кількість таких досліджень збільшилася на 3164% порівняно з попереднім десятиліттям [1]. Водночас глобальний фокус досліджень поступово зміщується від суто алгоритмічної оптимізації до вирішення соціотехнічних проблем. За результатами тематичного моделювання світового масиву даних (LDA виокремлює 10 основних кластерів), найбільша частка публікацій (близько 20%) нині присвячена питанням управління (governance), етики та аналізу ризиків, пов'язаних із впровадженням генеративних моделей [1].

Для аналізу публікаційного профілю НТУ «ХПІ» було вивантажено метадані 3054 документів за 2021–2026 роки (станом на 25.03.2026), проіндексованих у базі Scopus за пошуковим запитом: AF-ID (60020130) AND PUBYEAR > 2021 AND PUBYEAR < 2026.

Отримані результати демонструють переважання інженерно-технічного та фізико-математичного спрямування.

Найбільша кількість досліджень відповідає напрямам:

– енергетика та екологія (енергоефективність, сталий розвиток, екологічна безпека);

– математичне моделювання та оптимізація (метод скінченних елементів, аналіз вібрацій, мікроструктура матеріалів);

– інформаційні технології (кібербезпека, класичне машинне навчання та глибинне навчання).

У досліджуваному масиві частка публікацій, безпосередньо пов'язаних із генеративним ШІ (за ключовими словами Generative AI, LLM, ChatGPT, LangChain тощо), становить близько 1% від загальної кількості документів.

Загалом генеративний ШІ в університеті виступає переважно допоміжною технологією на тлі значного масиву робіт із класичного машинного навчання (понад 50 згадок у топі ключових слів), яке застосовується для вирішення складних інженерних завдань, зокрема в

матеріалознавстві та енергетиці. Аналіз виявив низку подібностей між світовими трендами та дослідженнями НТУ «ХПІ». Науковці університету інтегрують у свої роботи сучасний інструментарій ШІ: використання великих мовних моделей (LLMs), обробки природної мови (NLP), спеціалізованих фреймворків (LangChain) та методів Prompt Engineering. Це відповідає глобальному вектору технологічних інновацій. Крім того, наявний спільний фокус на прикладних розробках для освітньої галузі, зокрема використання ШІ для e-learning, SaaS-рішень та автоматизації бізнес-правил.

Ключовою відмінністю публікаційного профілю університету є відсутність соціально-етичної проблематики, яка домінує у світовому науковому дискурсі. У той час як на глобальному рівні активно досліджуються питання етики, упередженості алгоритмів, захисту авторського права та відповідального впровадження технологій, у статтях авторів НТУ «ХПІ» гуманітарно-правовий вимір наразі не представлений. Штучний інтелект розглядається здебільшого як прагматичний інженерний інструмент.

Водночас науковці університету формують специфічний і перспективний профіль застосування генеративних моделей у контексті кібербезпеки (виявлення атак, змагальне машинне навчання — Adversarial Machine Learning, безпека інформаційних систем). Ця ніша має значний потенціал для залучення грантового фінансування та міжнародної наукової співпраці.

Таким чином, дослідницька база НТУ «ХПІ» відповідає актуальним технологічним вимогам світової науки, охоплюючи необхідний базовий інструментарій (NLP, RAG, архітектури нейромереж). Ця технічна експертиза може слугувати надійною основою для розгортання міждисциплінарних проєктів, що поєднають інженерний підхід з оцінкою соціальних ризиків та дотриманням принципів відкритої науки й академічної доброчесності.

Список літератури

1. Pabreja, K., Verma, R. & Kumar, A. GenAI: a scientometric analysis of research trends using biblioshiny and VOSviewer. *Discov Artif Intell* **6**, 65 (2026). https://doi.org/10.1007/s44163-025-00760-5.

НАПРЯМКИ ВИВЧЕННЯ СТУДЕНТАМИ-ЛІНГВІСТАМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ЯК ІНСТРУМЕНТУ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ ПРИКЛАДНОЇ ЛІНГВІСТИКИ

Федоренко М.І.
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна

У сучасних умовах розвитку інформаційного суспільства важливу роль відіграють технології штучного інтелекту (ШІ), які забезпечують ефективну обробку значних обсягів інформації [1, 2]. Їх швидкий розвиток пов’язаний із зростанням обсягів даних, удосконаленням комп’ютерної техніки та створенням нових алгоритмів обробки інформації. Значний внесок у розвиток ШІ зробили

нейронні мережі, що стали основою сучасних інтелектуальних систем [3]. Штучний інтелект базується на двох основних підходах: генеративному та прогностичному [4]. Генеративний підхід спрямований на створення нових даних на основі існуючих інформаційних масивів, тоді як прогностичний підхід дозволяє здійснювати аналіз та прогнозування можливих результатів. Одним із ключових інструментів сучасного штучного інтелекту є великі мовні моделі (LLM), які базуються на використанні нейронних мереж глибокого навчання та тренуються на значних масивах текстових даних [5]. Основою функціонування LLM є трансформерна архітектура, що використовує механізм уваги для встановлення зв'язків між елементами тексту [3]. Такі моделі широко застосовуються для автоматичного перекладу, аналізу текстів, генерації мовного контенту та розуміння природної мови [5, 6].

Метою доповіді є визначення основних напрямків використання штучного інтелекту студентами-лінгвістами для вирішення задач прикладної лінгвістики та аналіз можливостей великих мовних моделей у процесі обробки природної мови.

Визначено основні переваги використання LLM, серед яких висока швидкість обробки даних, точність виконання завдань та можливість автоматизації перекладу і створення текстових матеріалів [6, 7]. Разом із перевагами визначено ряд обмежень використання великих мовних моделей, серед яких необхідність значних обчислювальних ресурсів, залежність від великих обсягів навчальних даних та ризики генерації некоректних результатів.

У доповіді розглянуто основні принципи функціонування великих мовних моделей, зокрема процес їх навчання на великих текстових корпусах, використання механізму уваги та генерації тексту на основі отриманих знань. Визначено основні переваги використання LLM, серед яких висока швидкість обробки даних, точність виконання завдань, можливість автоматизації перекладу та створення текстових матеріалів, а також доступність сучасних інструментів для широкого кола користувачів. Разом із перевагами визначено ряд обмежень використання великих мовних моделей, серед яких необхідність значних обчислювальних ресурсів, залежність від великих обсягів навчальних даних, можливість генерації некоректних або упереджених результатів, а також складність інтерпретації внутрішніх процесів роботи моделей. Окрему увагу приділено етичним аспектам використання штучного інтелекту та ризикам його некоректного застосування. Таким чином, використання технологій штучного інтелекту відкриває нові можливості для розвитку прикладної лінгвістики та формує перспективні напрямки підготовки студентів-лінгвістів. Вивчення принципів роботи великих мовних моделей та їх практичного застосування сприятиме підвищенню ефективності обробки мовної інформації та розширенню можливостей автоматизації лінгвістичних досліджень.

Список літератури

1. Brown, T. B., Mann, B., Ryder, N., Subbiah, M., Kaplan, J., Dhariwal, P., et al. Language Models are Few-Shot Learners. *Advances in Neural Information Processing Systems*. 2020. Vol. 33, pp. 1877–1901.

2. Bommasani, R., Hudson, D. A., Adeli, E., Altman, R., Arora, S., et al. On the Opportunities and Risks of Foundation Models. *ACM Transactions on Machine Learning Research*. 2021. DOI: 10.48550/arXiv.2108.07258.

3 Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, Ł., Polosukhin, I. Attention Is All You Need. *Advances in Neural Information Processing Systems*. 2017. Vol. 30. URL: https://scispace.com/papers/attention-is-all-you-need-1hodz0wcqb.

4. Goodfellow, I., Bengio, Y., Courville, A. Deep Learning. Cambridge: MIT Press. 2020. 775 p.

5. Zhao, W. X., Zhou, K., Li, J., Tang, T., Wang, X., Hou, Y., et al. A Survey of Large Language Models. *ACM Computing Surveys*. 2023. Vol. 56(9). DOI: 10.1145/3590211.

6. OpenAI. GPT-4 Technical Report. 2024. URL: https://arxiv.org/abs/2303.08774.

7. Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., Bannert, M., et al. ChatGPT for Good? On Opportunities and Challenges of Large Language Models for Education. Learning and Individual Differences. 2023. Vol. 103, Article No. 102274. DOI: 10.1016/j.lindif.2023.102274.

ЗАДАЧІ ТА ПРОБЛЕМАТИКА ПЕРЕХОДУ ДО АВТОНОМНИХ МЕРЕЖ В ГАЛУЗІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

Смідович Л.С.
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна

Одним із напрямків цифрової трансформації в галузі телекомунікацій є перехід до програмно-керованих мереж (SDN, Software Defined Networks), а надалі і до автономних мереж (AN, Autonomous Networks). Це є важливим як для автоматизації керування мережею, зниження операційних витрат та пришвидшення впровадження нових послуг, так і для впровадження гнучкого динамічного керування ресурсами мереж 5G (т.з. 5G slicing) [1]. Технологічною основою впровадження цих підходів є перехід до IP технологій на всіх рівнях мережевої та IT-інфраструктур оператора телекомунікацій, та застосування технологій віртуалізації та контейнеризації для мережевих елементів. Основним принципом побудови SDN є відокремлення рівнів передачі даних (Data Plane) та управління (Control Plane), що дозволяє програмно керувати мережевими елементами, та забезпечує гнучкість та швидкість конфігурації мережі. Мережеві елементи реалізуються як віртуальні мережеві функції (VNF, Virtual Network Function), які надають стандартні інтерфейси для управління ними, абстрагуючи технічну реалізацію.

Метою переходу до автономних мереж є реалізація можливості автоматичного виконання бізнес-намірів (Intent) без втручання людини, і відповідно скорочення часу надання послуг або усунення мережевих несправностей (принцип Zero-X – Zero-touch, Zero-wait та Zero-trouble).

Метою доповіді є розгляд підходів до впровадження програмно-керованих мереж, та переходу до автономних мереж, а також викликів та задач які виникають в процесі такого переходу.

Наразі стандарти визначають 6 рівнів автономності комунікаційної мережі, від повністю ручного керування (Level 0) до автономності в рамках певного домену або всієї мережі (Level 4, 5) [2]. Референтна архітектура автономної мережі описується стандартам TM Forum IG1218 [3] та IG1251 [4]. TMF пропонує трирівневу архітектуру, яка інтегрується з архітектурою ODA: Business Operations Layer, який визначає бізнес-наміри (Intent); Service Operations Layer, який транслює наміри в параметри сервісів та виконує оркестрування; та Resource Operations Layer, який безпосередньо виконує керування мережевими елементами. У телекомунікаціях основним способом реалізації автономних мереж (Level 4/5), де мережа керує сама собою без участі людини, є використання агентного штучного інтелекту (ШІ).

На відміну від "класичних" способів застосування ШІ, агенти здатні самостійно, без участі людини, приймати рішення та виконувати певні дії. Одним з ключових алгоритмів їх функціювання є REAP, який складається із послідовного виконання таких кроків: роздум (аналіз ситуації), дія (в контексті SDN/AN це виклик певного методу API керування чи оркестрування VNF мережевих елементів), спостереження (аналіз результатів за певними метриками та KPI) та корекція (якщо результат не відповідає певним критеріям, виконується коригування управляючого впливу або зміна стратегії). При реалізації мереж, які самостійно відновлюються (self-healing) застосовується модель MAPE-K, в рамках якої цикл управління складається з таких етапів: моніторинг – збір метрик QoS; аналіз – пошук аномалій з використанням ШІ; планування – створення стратегії усунення несправностей або оптимізації мережі; та виконання – зміна параметрів мережі через API мережевих елементів. При цьому використовуються знання у вигляді баз даних та навчених моделей ШІ.

Прикладами сценаріїв використання агентів ШІ для реалізації автономності телекомунікаційних мереж є такі:

– автономне усунення несправностей (Self-healing): агент фіксує падіння швидкості, отримує дані з систем моніторингу та логування, аналізує їх, приймає рішення перезавантажити віртуальну функцію (VNF) та перевіряє результат;

– керування мережею на запити абонентів: чат-бот отримує запити абонентів щодо погіршення QoS, зміни послуг тощо, агент вносить відповідні зміни в конфігурацію мережевих елементів;

– оркестрування 5G Slicing: Агент динамічно виділяє ресурси мережі для пріоритетних послуг (наприклад, управління критичною інфраструктурою чи медичних сервісів), домовляючись з іншими агентами про пріоритетність трафіку;

– управління екосистемою IoT: Агенти керують життєвим циклом мільйонів пристроїв, самостійно оновлюють їх конфігурації та оптимізують енергоспоживання.

При впровадженні агентного ШІ для керування автономними мережами критично важливими є наступні можливості. Реалізація обмежень (Guardrails). Агент не повинен мати права та спроможності самостійно виконувати дії, які

мають суттєвий негативний вплив або виходять за рамки його компетенції, наприклад вимкнути всю мережу заради економії енергії. Безпека та відповідальність, зокрема концентрація ризиків та методи протидії атаки на ШІ, наприклад "отруєння" даних для навчання. Усунення недовіри до рішень прийнятих ШІ та/або даних які використано для навчання, коли агенти сприймаються як чорні скриньки з неочевидною логікою прийняття рішень (Explainable AI). При впроваджені автономних мереж 5-го рівня (Level 5) виникає питання взаємодії між елементами архітектури AN в різних доменах. Під доменами в контексті даної проблеми розуміються мережі окремих операторів телекомунікацій, окремі мережі одного оператора, які працюють на різних технологічних принципах (наприклад 4G/5G, WiMax, фіксована та стільникова мережі), або різні рівні телекомунікаційної мережі (наприклад мережа доступу RAN – базові станції, транспортна та базова мережі). В кожному домені автономність забезпечується окремим набором агентів, які функціюють за своїми правилами. Для впровадження крос-доменної автономності необхідно забезпечити взаємодію та оркестрування на різних рівнях автономної архітектури. Рівень бізнес операцій потребує узгодження намірів та бізнес-вимог (intent-based interconnection). Також необхідно організувати крос-домену взаємодію агентів на рівнях управляння сервісами та ресурсами, зокрема між мережами різних операторів, які можуть належати різним юрисдикціям та підпорядковуватись різним регуляторним нормам. Необхідним є забезпечення сумісності автономних доменів, кожен із яких використовує окремий власний цикл управління (closed-loop control and decision).

Однім із підходів вирішення цих питань може стати введення додаткового рівня архітектури, який забезпечує обмін намірами та їх узгодження між доменами, координацію та оркестрування взаємодії агентів, із збереженням спільного контексту. Інший підхід – використання контролерів між-доменної взаємодії (cross-domain controller) в рамках референтної архітектури ODA [3, 4]. Ці питання потребують подальшого дослідження.

Список літератури

1. Smidovych, L., Davydovskyi Y., (2022), "Processes of the telecom operator's information architecture transformation", Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries, No. 1(19), P. 47–54. DOI: https://doi.org/10.30837/ITSSI.2022.19.047

2. Autonomous Networks: Empowering Digital Transformation, whitepaper. TM Forum [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.tmforum.org/resources/whitepapers/autonomous-networks-empowering-transformation/

3. Autonomous Networks Business Requirements and Framework v3.0.0 (IG1218), TM Forum [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.tmforum.org/resources/introductory-guide/autonomous-networks-business-requirements-and-framework-v3-0-0-ig1218/

4. Autonomous Networks Reference Architecture (IG1251), TM Forum [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.tmforum.org/resources/standard/ig1251-autonomous-networks-reference-architecture-v1-0-1/

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ UNREAL ENGINE 5 ТА ВИБІР ІНСТРУМЕНТАРІЮ ДЛЯ РОЗРОБЛЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРИ «PALE GRIFTER»

Заполовський М.Й., Воронець В.М., Дяченко К.О.
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна

Сучасна індустрія комп'ютерних ігор характеризується стрімким розвитком технологій реального часу, що потребує використання потужних ігрових рушіїв для створення високоякісного інтерактивного контенту. Одним із таких інструментів є Unreal Engine 5 [1], який забезпечує фотореалістичну графіку, масштабованість та широкий набір інструментів для розробки. Використання цього рушія є актуальним для створення сучасних 3D-проєктів, зокрема рольових ігор.

Метою доповіді є розроблення демонстраційної версії рольової гри *Pale Grifter* з використанням можливостей Unreal Engine 5 та дослідження процесу створення ігрового контенту в сучасному ігровому рушії.

У доповіді приведено результати комплексного аналізу ігрового рушія Unreal Engine, його архітектури та інструментів розробки. Визначено, що рушій підтримує програмування на C++ та візуальне програмування Blueprint, що значно розширює можливості створення ігор.

Розроблено демонстраційну версію гри *Pale Grifter*, сюжет якої базується на міфології.

Гра включає два рівні: основний і демонстраційний, що забезпечують ігровий процес до 45 хвилин.

Застосування технологій **Lumen** дозволило реалізувати глобальне освітлення в реальному часі, а **Nanite** – високодеталізовану геометрію без значного навантаження на систему.

Проведено порівняльний аналіз Unreal Engine з іншими рушіями (Unity, Godot, CryEngine) [2], який показав його переваги у створенні AAA-графіки та складних 3D-сцен.

У результаті виконання досліджень підтверджено ефективність використання Unreal Engine 5 для створення сучасних 3D-ігор.

Розроблена демоверсія гри демонструє можливості рушія щодо реалізації складних графічних ефектів, ігрової логіки та інтерактивних систем.

Отримані результати можуть слугувати основою для подальшого розвитку проєкту та створення повноцінної гри.

Список літератури

1. Unreal Engine: офіційний сайт. Epic Games, Inc., 2026. URL: https://www.unrealengine.com/en-US (дата звернення: 06.04.2026).

2. Unity: офіційний сайт. Unity Technologies, 2026. URL: https://unity.com/ (дата звернення: 06.04.2026).

ПРОГРАМНИЙ ЗАСТОСУНОК ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕДУРНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ ІГРОВИХ РІВНІВ

Заполовський М.Й., Зайцев С.К.
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна

Сучасна індустрія розроблення відеоігор характеризується необхідністю швидкої побудови великої кількості унікальних рівнів та підвищенням інтересу до реіграбельності.

Тому, усе більшу увагу привертають методи **процедурної генерації**, які дозволяють автоматизувати створення ігрових просторів за допомогою формальних алгоритмів та математичних моделей.

Метою доповіді - аналіз алгоритмів **процедурної генерації** ігрових рівнів та розроблення програмного застосунку для їх моделювання. В процесі дослідження рекомендується п’ять підходів для двовимірних ігрових мап.

1. Аалгоритм BSP (Binary Space Partitioning). Дозволяє формувати логічні структури рівнів, забезпечуючи контрольовану топологію та підтримуючи параметричність генерації.

2. Алгоритм Wave Function Collapse (WFC). Грунтується на обмеженнях сумісності та використовує принципи теорії ймовірностей.

3. Клітинні автомати. Застосовуються переважно для створення печерних і органічних структур. Мають хорошу здатність до формування системами та дозволяють отримувати широкий спектр результатів.

4. Шумові моделі (Perlin Noise або Simplex Noise). Використовуються для побудови плавних полів висот і текстурних структур. У 2D-просторі вони дозволяють генерувати карти рельєфу, біоми, патерни розподілу ресурсів.

5. DFS Backtracking - простий і ефективний алгоритмом побудови лабіринтів. Забезпечує гарантовану зв’язність графу і формує унікальні маршрути.

В результаті досліджень розроблено програмний застосунок, що реалізує вказані алгоритми, дозволяє проводити їх порівняння за рядом критеріїв (якість структури, контрольованість, час генерації, варіативність), а також забезпечує візуалізацію роботи методів у реальному часі. Система створена з використанням технологій **Java (Spring)** для серверної частини та **JavaScript** для інтерфейсної візуалізації. Результати дослідження можуть бути використані в розробці ігор, інструментів для геймдизайну та систем автоматизованого проєктування 2D-середовищ.

Список літератури

1. Summerville A., Snodgrass S., Guzdial M., et al. Procedural Content Generation via Machine Learning (PCGML). // IEEE Transactions on Games. – 2018. – Vol. 10(3). – p. 257–270. https://kikro.co.uk.

2. . BoardGameGeek | Gaming Unplugged Since 2000. URL: https://boardgamegeek.com/17.10.2019.

RESEARCH OF THE RELIABILITY HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEXES OF MILITARY TELECOMMUNICATION NETWORKS

Hasanov A.H. [1], Ibrahimov B.G.[1,2]
[1]National Defense University; Baku, Azerbaijan
[2]Azerbaijan Technical University; Baku, Azerbaijan

Currently, telecommunications networks (TN) using SDN technology are experiencing the most challenging operating conditions, including a significant increase in incoming traffic volumes, the threat of cyberattacks, and the impact various technical destabilizing factors. A comprehensive study of the reliability of software and hardware used to provide various broadband military communications services is particularly relevant.

This paper examines the problems studying the reliability of hardware and software systems of military TN using SDN technology [1].

Based on the general formulation of the problem and with the aim of assessing the functioning of the hardware and software complexes of the TN, it is necessary to develop a mathematical model (MM) that takes into account the reliability indicators of the communication network, the nature of the transmitted traffic and the threat to information security [2,3-9].

Let us assume that the failure rate hardware and software complexes TN has distribution laws with parameter Λ_i, has a Pareto distribution function $B_P(t)$ with moments b_i [3,4]:

$$B_P(\Lambda_i) = 1-(\beta/\Lambda_i)^{\alpha} \ , \ \beta > 0 \ , \ \ \alpha > 0 \, , \tag{1}$$

where $\alpha -$ is the parameter of the form, $1 < \alpha < 2$, according to the Hurst coefficient H, it is determined as follows, $\alpha = 3-2H$; $\beta -$ the parameter that determines Λ - whether a random quantity should take its minimum value is considered.

Formula (1) is the integral function of the Pareto distribution.

The mathematical expectation of the Pareto distribution function is defined as:

$$b_i(x) = M[\Lambda] = \alpha \cdot \beta / (\alpha - 1) \quad , \ 1 < \alpha < 2 \, , \ \beta > 0 \, , \tag{2}$$

where Λ the failure rate of hardware and software systems and is determined by the ratio of the distribution density to the probability failure-free operation TN:

$$\Lambda_i = w_P(t)/P_B(t) \, , \tag{3}$$

$w_P(t,\Lambda) -$ the density of the distribution of the time between failures, which has a Pareto distribution and is defined as::

$$w_P(\alpha, t, \beta, \Lambda) = (\alpha \cdot \beta^{\alpha}) / \Lambda^{\alpha+1} . \tag{4}$$

Using expression (4), we can determine the first and second moments of the Pareto reliability function as follows:

$$b_1(\Lambda) = m_1[\Lambda] = \alpha \cdot \beta / (\alpha - 1), \quad b_2(\Lambda) = m_2[\Lambda] = \alpha \cdot \beta^2 / (\alpha - 2). \qquad (5)$$

Based on the integral reliability function, the fault tolerance coefficient of the functioning of the software and hardware complexes of the communication network can be estimated using the following functional dependence [3]:

$$K_{oy}(\lambda_i) = W[P(\Lambda_i), I_{uб}(\lambda_i), G_{np}(\lambda_i), K_н(\Lambda_i), N_{cp}(\lambda_i), C_{\max}(\lambda_i)], \quad i = \overline{1,n}, \quad (6)$$

where $P_B(t,\Lambda)$ – the probability failure-free operation of the network, taking into account the failure rate Λ_i of hardware and software systems; $K_н(\Lambda_i)$ – coefficient maintaining the reliability of hardware and software taking into account the failure rate Λ_i; $N_{cp}(\lambda_i)$ – the length of the service queue in the system taking into account the speed of the incoming flow λ_i when processing the traffic, $i = \overline{1,n}$; $G_{np}(\lambda_i)$ – the performance of the hardware and software system taking into account the speed of the incoming flow λ_i when processing the i – th traffic; $I_{uб}(\lambda_i)$ – information security coefficient of the operation of hardware and software when processing the traffic flow; $C_{\max}(\lambda_i)$ – the throughput capacity of the hardware and software system when transmitting the traffic i – th flow.

Expressions (6) characterize the generalized indicators fault tolerance of the functioning software and hardware complexes of the communication network.

References

1. Netes V.A. Fundamentals of Reliability Theory. MTUCI. 2014. 74 p.
2. Yusifbayli, N., Guliyev, H. Intellectual voltage management in electrical networks. Isgt Innovative smart grid technologies europa 2011, IEEE, PES, Manchester UK, 05-07 December 2011.pp.235-246.
3. Ibrahimov B.G. (2021).Telecommunication systems and technologies. Textbook for technical higher schools. AzTU, Baku. 354 P.
4. Abbasov A.M., Gasimov V.A. Organization of thematic-oriented search in global information systems. Computer design and computational defense Systems.2011. p.181-198.
5. Ibrahimov B. G., & Hashimov E. G. (2025). Special purpose machine learning and data mining methods. *In* Current directions of development of information and communication technologies and control tools. 2025. Volume 2: sections 2. -pp.90
6. Ibrahimov B.G. et al. Research and analysis of efficiency indicators of critical infrastructures in the communication system //Advanced Information Systems. – 2024. – Т. 8. – №. 2. – С. 58-64.
7. Ibrahimov B.G. et al. Research of multi-service communication networks taking into account dynamically emerging security threats. *In* Problems of informatization. 2025. Vol. 2., section 3,7. p.10-11
8. Ibrahimov B.G. et al. Research throughput multiservice telecommunication networks. *In* Сучасні напрями розвитку інформацийно-комунікаційних технологій та засобів управління. 2020. Том 1. с.30
9. Ibrahimov B.G. Research quality of functioning of the efficiency optical telecommunication systems using spectral technologies. *In* Проблеми інформатизації. 2023. Т.1. – С. 29-30.

PROBABILISTIC-TEMPORAL PERFORMANCE LIMITATIONS OF SOFTWARE-DEFINED NETWORK CONTROLLERS

Islamov I.J., Gasimov V.A.
[1]Baku Engineering University, Baku, Azerbaijan
Hashimov E.G.
Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan

This article investigates the probabilistic-temporal characteristics and performance limitations of Software-Defined Network controllers, with particular attention to scalability, response behavior, and architectural constraints in modern programmable communication environments. The relevance of the study arises from the fact that Software-Defined Networking has become one of the dominant paradigms in contemporary network design by enabling programmability, centralized control, and flexible service orchestration through the separation of the data, control, and application planes. However, these advantages are accompanied by new operational constraints related to controller capacity, latency growth, throughput degradation, and interface-induced delays. The aim of the study is to provide a systematic assessment of these limitations and to clarify how probabilistic-temporal factors affect the functional efficiency of SDN controllers in both centralized and distributed deployment scenarios.

The study is grounded in a comparative analytical framework based on three major SDN standardization sources: ITU-T Y.3300, IRTF RFC 7426, and ONF TR-502. These documents were selected because they offer complementary theoretical and practical perspectives on SDN architecture, terminology, controller functions, and interface organization. Within this framework, the analysis addresses three main dimensions.

First, it examines the probabilistic-temporal behavior of SDN controllers by focusing on latency, response time, and throughput under increasing node and switch loads.

Second, it evaluates the functional consequences of the separation between the data plane, control plane, and application plane, emphasizing the trade-off between programmability and temporal efficiency.

Third, it investigates the operational role of northbound, southbound, and east-westbound interfaces in ensuring scalability, interoperability, and consistency across heterogeneous network environments.

The results demonstrate that each SDN controller has a finite capacity for managing network elements and that performance degradation becomes increasingly pronounced as the number of controlled nodes rises. Controller response time grows nonlinearly with network scale, confirming that scalability remains one of the main limitations of centralized SDN architectures. The analysis also indicates that implementation-level factors are critically important. In particular, the programming language and software architecture of the Network Operating System directly affect controller responsiveness, since lightweight software environments tend to improve

latency and throughput, whereas more resource-intensive implementations increase temporal overhead. In addition, although the three-plane architecture strengthens flexibility and programmability, it introduces extra interaction costs between planes, thereby creating new probabilistic delays.

The study further shows that northbound and southbound interfaces are essential for orchestration and device-level control, while the east-westbound interface is especially significant for mitigating the limitations of centralized control through inter-controller communication in distributed subnetworks.

Overall, the article concludes that the advantages of SDN should not be evaluated independently of their probabilistic-temporal costs. Effective future development of SDN requires optimized controller algorithms, lightweight NOS frameworks, and stronger distributed inter-controller coordination capable of reducing latency and improving large-scale operational stability.

References

1. Hashimov E.G., et al. Research of the efficiency multiservice networks using MIMO technology. Advanced Information Systems. 2026. Vol. 10, No. 1.p. 66-71. https://doi.org/10.20998/2522-9052.2026.1.08

2. Ibrahimov B. G. Research quality of functioning of the efficiency optical telecommunication systems using spectral technologies. *In* Проблеми інформатизації. 2023, Т. 1. – С. 29-30.

3. Ibrahimov B., et al. Research and analysis of efficiency indicators of critical infrastructures in the communication system //Advanced Information Systems. – 2024. – Т. 8. – №. 2. – С. 58-64.

4. Ibrahimov, B.G., et al. Research throughput multiservice telecommunication networks. *In* Сучасні напрями розвитку інформацийно-комунікаційних технологій та засобів управління. 2020. Том1. с.30

5. İbrahimov, B.G., Hashimov, E.G. Research and analysis of fiber-optic communication lines based on wave multiplexing technology. *In* Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління. 2023, Том 2. р.4-5.

6. Rustamov, A., et al. Application of artificial intelligence in the command and control system of naval forces. *Collection of Scientific Papers «SCIENTIA»*, (November 7, 2025; Strasbourg, France), 103–111.

7. Teymurov M., et al. Multi-criteria optimization of UAV routes through integration of a risk map and communication quality. *In* Current issues of science, prospects and challenges: Collection of Scientific Papers «SCIENTIA». Sydney, Australia. 2026. P.107-116

8. Radovanovic M. et al. Unleashing autonomous forces: Integrating AI-driven drones in modern military strategy //Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць. – 2024. – Т. 3. – №. 77. – С. 55-69.

9. Maharramov, R. et al. Application of C4ISR systems in military and security operations. *Матеріали конференцій МЦНД*, (15.08.2025; Харків, Україна), 125–134.

10. Muradov S., et al. Determining the location of the UAV equipped with a homing device based on radio beacons //Modeling, Control and Information Technologies: Proceedings of International scientific and practical conference. – 2023. – №. 6. – С. 54-56.

11. Ibrahimov B.G., et al. Research of multi-service communication networks taking into account dynamically emerging security threats. *In* Problems of informatization. 2025. Vol. 2., section 3,7. p.10-11.

RESEARCH OF OPTICAL TECHNICAL MEANS IN MULTISERVICE OPTICAL COMMUNICATION NETWORKS

Ibrahimov B.G.[12], Dunyamalıyev T.O.[2]
[1]Azerbaijan Technical University; Baku, Azerbaijan
[2] Baku Engineering University; Baku, Azerbaijan

Currently, the required data transmission rates for fiber-optic communication lines in multiservice optical communication networks have increased significantly. Fiber-optic fibers can be used to meet these needs. However, situations arise where transmission rates are insufficient even for optical fiber, or where multiple channels must be implemented in a single interconnect. This paper presents a solution to this problem: a three-channel data transmission system in optical fiber with wavelength multiplexing, where $\lambda_i = 0.85,...,1.55\ \mu m$.

It should be noted that this solution will increase the data transfer rate while maintaining the number fibers used in multi-service optical communication networks. This fiber is characterized by high resistance to external influences and ease organization fiber-optic communication lines using spectral technologies WDM (Wavelength Division Multiplexing).

Fig. 1 shows a graphical representation of the dependence of the attenuation coefficient on the wavelength, which can be used to determine the permissible range of channel wavelengths, $\alpha_Z(\lambda_i) = w(V_b, \lambda_i)$.

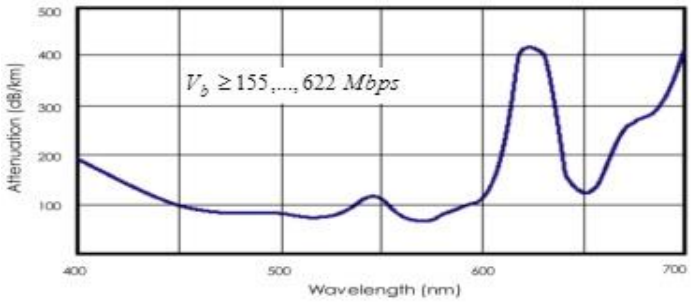

Fig. 1. Dependence of the attenuation coefficient on wavelength in an optical fiber

To implement a WDM system, one can use spectral channels using wavelengths in the range of 400–600 nm and a separate channel at a wavelength of 650 nm, where the bit rate of optical signal transmission, $V_b \geq 155,...,622\ Mbps$.

The proposed optical data transmission system utilizes channels with wavelengths 430, 525, and 630 nm. This choice was driven by the availability RGB LEDs with these wavelengths. Table 1 presents the measured attenuation coefficients in optical fiber at the wavelengths used.

Using RGB LEDs eliminates the need for complex channel multiplexing.

Fig. 2 shows a schematic diagram of the proposed data transmission system.

Table 1. Measured attenuation coefficient of optical fiber at different wavelengths.

Wavelength λ, нм	630	525	430
Attenuation, $\alpha_Z(\lambda_i)$, dB/km	0,27	0,12	0,14

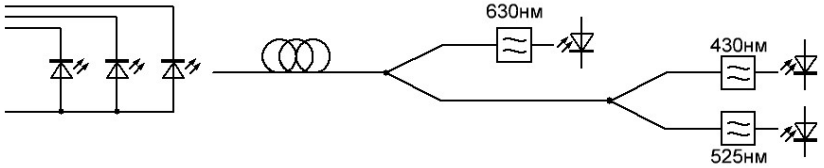

Fig. 2. Schematic diagram of the proposed optical data transmission system

As shown in Fig. 2, the transmission system consists of an RGB LED, a linear path (fiber), and a demultiplexing system. The demultiplexing system is based on two series-connected splitters and three bandpass filters. The first channel to be output from the line is the one with a wavelength 630 nm.

This partially compensates for the higher attenuation of this channel in the linear path. The second splitter separates the channels with wavelengths of 430 and 630 nm. Table 2 presents the results of measuring the attenuation introduced by the proposed optical data transmission system between the input and each output - at each wavelength in multiservice optical networks.

References

1. Andreeva E. I., Brazovsky G. R., Isupov A. I. Three-channel data transmission system in fiber optic fiber. Current issues of infotelecommunications in science and education. XIII International Scientific, Technical and Scientific-Methodological Conference; APINO-24, SPbSUT, 2024. Vol. 1. 742 p.

2. Ibrahimov B.G., et al. Approaches to the analysis of performance indicators of multiservice telecommunication networks based on SDN technology//Information Technologies, Vol. 27, No. 8, 2021. P. 419–424.

3. Ibrahimov B.G. et al. Research of multi-service communication networks taking into account dynamically emerging security threats. *In* Problems of informatization. 2025. Vol. 2., section 3,7. p.10-11

4. Ibrahimov B.G. et al. Research throughput multiservice telecommunication networks. *In* Сучасні напрями розвитку інформацийно-комунікаційних технологій та засобів управління. 2020. Том 1. с.30

5. Ibrahimov B.G. Research quality of functioning of the efficiency optical telecommunication systems using spectral technologies. *In* Проблеми інформатизації. 2023. Т.1. – С. 29-30.

6. Ibrahimov B. G., & Hashimov E. G. (2025). Special purpose machine learning and data mining methods. *In* Current directions of development of information and communication technologies and control tools. 2025. Volume 2: sections 2. -pp.90

7. Ibrahimov B.G. et al. Research and analysis of efficiency indicators of critical infrastructures in the communication system //Advanced Information Systems. – 2024. – Т. 8. – №. 2. – С. 58-64.

ЗАСТОСУВАННЯ КІБЕРФІЗИЧНОГО ПІДХОДУ ДО ОПТИМІЗАЦІЇ ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМ

Гриневич П.С., Яшина О.С.
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна

Управління виробництвом, починаючи від закупівлі сировини та закінчуючи доставкою готової продукції клієнтам, потребує спільної оптимізації виробничих та логістичних операцій. Нові підходи, що стали можливими завдяки Інтернету речей (Internet-of-things, IoT), дозволяють забезпечити покращений взаємозв'язок усередині інфраструктури логістичної системи. IoT є зв'язком фізичних об'єктів з цифровим світом через мережу, яка дозволяє їм взаємодіяти один з одним і з фізичним середовищем, складаючи концепцію кіберфізичної системи (Cyber-Physical System, CPS) у виробничому середовищі.

У логістичній CPS компоненти для збору та передачі даних виступають як кіберкомпоненти, а об'єкти, що підлягають управлінню, — як фізичні компоненти.

На основі цієї інфраструктури стає можливим широке впровадження штучного інтелекту для полегшення моніторингу, експлуатації та прийняття рішень у галузі логістики [1].

Однак необхідність взаємодії між цифровими та фізичними об'єктами у середовищі CPS потребує встановлення відповідного зіставлення між ними.

Метою даної роботи є аналіз можливостей застосування кіберфізичного підходи до моделювання та оптимізації логістичних систем.

Проблеми інтеграції внутрішньої логістики у загальне виробництво пов'язані зі складністю управління даними та інформацією, а також із використанням можливостей фізичних виробничих активів для досягнення вищої ефективності виробництва.

Однак розширення можливостей інтеграції також призводить до збільшення вимог до робочих процесів обробки даних, необхідних прийняття рішень у внутрішньологістичних операціях.

Перевага впровадження CPS полягає в тому, що вона перетворює фізичну складність на цифрову, що дозволяє керувати нею цифровими засобами.

Концептуальна модель кіберфізичної системи має вигляд трирівневої архітектури.

Фізичні об'єкти становлять нижній, чи периферійний, рівень. Платформа отримує дані від периферійних вузлів через мережу та відповідає за їх перетворення, зберігання та подальшу обробку у хмарі.

Корпоративний рівень надає основні інтерфейси користувача. Прийняття рішення можуть безпосередньо вплинути на периферійний рівень і, отже, на фізичний світ.

Шляхом моніторингу обмеженого набору фізичних активів в інтралогістичній інфраструктурі можна побічно оцінити продуктивність у

різних місцях, що дозволяє виявляти джерела збоїв, навіть якщо джерело вузького місця безпосередньо не контролюється.

Аналіз ключових показників ефективності (KPI) може призвести до подальшого розуміння факторів, що впливають на загальну продуктивність або обмежують її.

В даний час дослідження прийняття рішень з логістичних проблем залишаються в традиційному напрямку. Існує порівняно мало досліджень, присвячених поєднанню проблем прийняття рішень щодо логістичних маршрутів та інтеграції інформаційно-фізичних систем.

Ці проблеми зазвичай вирішуються шляхом дослідження структури попиту у ланцюжку поставок та моделювання впливу зовнішніх змінних.

Таким чином, точність і зрозумілість є двома найважливішими питаннями для моделювання, які зазвичай вирішуються шляхом розбиття моделі на кілька компонентів та дослідження прогнозування кожного компонента окремо [2] .

Це робить ансамблеві підходи природним варіантом підвищення надійності прогнозу шляхом оптимізації ваги кожної окремої моделі в кінцевому прогнозі. Для автоматичного дослідження стратегій зважування використовують навчання з підкріпленням.

Інтелектуальні алгоритми мають великі переваги у вирішенні великомасштабних завдань. В даний час дослідження інтелектуальних алгоритмів у прийнятті рішень по логістичним маршрутам в основному зосереджені на алгоритмі мурашиної колонії, алгоритмі імітації відпалу, генетичному алгоритмі та алгоритмі пошуку із заборонами. Пошук задовільного чи допустимого рішення за обмежений час є актуальною темою сучасних досліджень [3].

Висновок. Кіберфізичний підхід відкриває нові можливості для оптимізації ланцюгів поставок в логістичній системі. Однак інтеграція цифрових і фізичних компонентів також створює нові виклики. Традиційні алгоритми оптимізації не можуть повною мірою розкрити потенціал кіберфізичного підходу. Потрібні подальші дослідження в галузі застосування методів штучного інтелекту до логістичних задач.

Список літератури

1. Mörth, O., Emmanouilidis, C., Hafner, N. and Schadler, M., 2020. Cyber-physical systems for performance monitoring in production intralogistics. *Computers & industrial engineering*, 142, p.106333, ISSN 0360-8352, https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106333.

2. Liu, Y., Tao, X., Li, X., Colombo, A.W. and Hu, S., 2023. Artificial intelligence in smart logistics cyber-physical systems: State-of-the-arts and potential applications. *IEEE Transactions on industrial cyber-physical systems*, 1, pp.1-20, doi: 10.1109/TICPS.2023.3283230.

3. Zhang, N., 2018. Smart logistics path for cyber-physical systems with internet of things. *IEEE Access*, 6, pp.70808-70819., doi: 10.1109/ACCESS.2018.2879966.

ОРГАНІЗАЦІЯ МІЖДРОНОВОЇ КОМУНІКАЦІЇ В УМОВАХ ОБМЕЖЕНОГО РАДІОЧАСТОТНОГО РЕСУРСУ НА ОСНОВІ MESH-МЕРЕЖ

Діденко С.І., Попов А.В.
Національний аерокосмічний університет
"Харківський авіаційний інститут", Харків, Україна

У сучасних системах рятувальних місій із використанням груп безпілотних літальних апаратів важливу роль відіграє ефективна організація міждронової комунікації. Зі збільшенням кількості агентів у системі суттєво зростає навантаження на радіочастотний ресурс, що призводить до конфліктів доступу до каналів зв'язку та зниження якості передачі даних. Дослідження показують, що забезпечення безперервного зв'язку та координації дій у реальному часі є однією з ключових проблем рою дронів.

Існуючі підходи до управління роями дронів включають одиночне, централізоване та розподілене управління[1]. При цьому централізовані моделі є вразливими до втрати зв'язку, тоді як розподілені підходи забезпечують вищу стійкість та автономність системи.

Метою доповіді є підвищення ефективності міждронової комунікації шляхом розробки моделі організації мережевої взаємодії на основі mesh-мереж в умовах обмеженого радіочастотного ресурсу.

В доповіді запропоновано підхід, що базується на використанні mesh-мереж, які забезпечують децентралізовану взаємодію між дронами та передачу даних.

Для реалізації комунікації можуть застосовуватись сучасні стандарти, зокрема IEEE 802.11s, а також технології LoRa та LoRaWAN, що дозволяють забезпечити передачу даних на значні відстані з низьким енергоспоживанням [1].

Наведені дані показують, що використання mesh-мереж дозволяє підвищити надійність передачі даних, зменшити затримки у комунікації та покращити узгодженість дій групи дронів [2].

Отримані результати можуть бути використані при розробці інтелектуальних систем управління безпілотними літальними апаратами у рятувальних місіях.

Список літератури

1. Тараповський, С., Антонішин, М., Грамак, О., Войцеховський, Р., & Тарасов, О. (2025). Проблематика організації зв'язку та управління роями безпілотних летальних апаратів (дронів). Міжнародний науковий журнал «Military Science», 2(4), 215-224. https://doi.org/10.62524/msj.2024.2.4.18

2. Mehmood A. , Iqbal Z., Ali Shah A. An Intelligent Cluster-Based Communication System for Multi-Unmanned Aerial Vehicles for Searching and Rescuing. Electronics 2023, 12(3), 607; https://doi.org/10.3390/electronics12030607

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЛОГІСТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ РЕСАЙКЛІНГУ СКЛАДНОЇ ТЕХНІКИ

Кікоть М.С., Малєєва Ю.А.
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна

Ефективне управління відходами є критичним викликом для України. Ситуація суттєво ускладнюється наслідками повномасштабної війни: руйнуванням логістичної інфраструктури, енергетичними кризами, дефіцитом транспортних ресурсів та загальною збитковістю процесів ресайклінгу складних відходів. Проте висока невизначеність ресурсів обмежує класичні методи розміщення, що зумовлює необхідність переходу до імітаційного моделювання [1].

Метою доповіді є концептуальне обґрунтування та програмна реалізація імітаційної моделі для оптимізації логістичної мережі, що дозволяє оцінити одночасне розміщення кількох взаємопов'язаних типів інфраструктури, різні сценарії розподілу ресурсів та розрахувати сукупні витрати логістичних ланцюгів ресайклінгу в умовах невизначеності.

Архітектура моделі базується на гібридному підході, що поєднує агентне моделювання, дискретно-подієве та ГІС-технології. На відміну від класичних транспортних задач, реалізовано неоднорідний потік вантажів. Змішані відходи після сортування розщеплюються на фракції з різними фізико-економічними властивостями та вимогами до логістики й переробки.

Економічний блок моделі спирається на дуальну бізнес-модель: дохід від реалізації цінних фракцій та стягнення тарифу за утилізацію небезпечних відходів (Gate Fee).

Симуляційні експерименти довели збитковість системи виключно на ринкових засадах, що математично обґрунтовує критичну необхідність впровадження субсидій розширеної відповідальності виробника (РВВ) для досягнення точки беззбитковості [2].

Результати оптимізації для визначення оптимальної топології мережі продемонстрували, що оптимальним рішенням визнано модель з локалізацією сортувальних хабів у центральному та західному регіонах, яка забезпечує найкращий баланс між мінімізацією ризиків та загальною економічною рентабельністю системи.

Список літератури

1. Kikot M., Malieieva J. Models of forming logistics infrastructure for complex equipment recycling. *Innovative technologies and scientific solutions for industries*. 2025. Т. 3, № 33. С. 19–32. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2025.3.019

2. Andreasi Bassi S., Boldrin A., Faraca G., Astrup T. F. Extended producer responsibility: How to unlock the environmental and economic potential of plastic packaging waste? *Resources, Conservation and Recycling*. 2020. Т. 162. № 105030. DOI: https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105030

ВИКОРИСТАННЯ МУЛЬТИАГЕНТНОЇ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ПЛАТФОРМИ INTERSYSTEMS IRIS ДЛЯ РОЗРОБКИ ВЕБЗАСТОСУНКА ПОДАТКОВОГО ІНСПЕКТОРА

Лещенко О.Б., Анікін А.М.
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна

Державна податкова служба України активно впроваджує цифрові технології в рамках Національної стратегії доходів до 2030 року. Одним із ключових нововведень є Е-аудит – інструмент, який дозволить значно підвищити ефективність контролю за дотриманням податкового законодавства.

При дослідженні використовуваних систем було зроблено висновок необхідність створення вебзастосунку податкового інспектора. Взаємодія з вебзастосунком може здійснювати кілька категорій користувачів: адміністратор (керує базою даних користувачів системи, виконує завдання формування та поновлення довідників системи); інспектор (виконує основну взаємодію із системою після авторизації); керівник (доступні режими роботи інспектора, а також має можливість переглядати звіти, сформовані підлеглими з подальшою деталізацією).

Робота з вебзастосунком включає такі режими: планування проведення перевірок; формування повідомлення проведення перевірки; формування акта перевірки; формування повідомлення-рішення; формування звіту.

Метою доповіді є дослідження мультиагентної технологій для розробки вебзастосунку податкового інспектора. В доповіді наводяться результати аналізу особливостей мультиагентної технології для розробки вебзастосунка податкового інспектора. Розроблена мультиагентна модель використовує інтелектуальні агенти, поведінка яких визначається накопленою базою знань (прецедентами). Рівень інтелектуальності кожного агента оцінюється здатністю використовувати збережені прецеденти в нових, заздалегідь невідомих ситуаціях, де оцінюваний агент прийнятний як активний вирішувач завдань. Використання високопродуктивної платформи InterSystems IRIS [1] для розробки вебзастосунка дозволяє набагато зменшити затримки під час підготовки даних для аналізу та дозволяють отримувати інформацію в реальному часі.

Використання мультиагентної технології на платформі InterSystems IRIS поєднує найкращі інструменти та технології аналізу даних, бізнес-аналітики, прогнозування та вибудовувати ефективні аналітичні процеси.

Список літератури

1. Лещенко, О. Б. Застосування технології DeepSee InterSystems для побудови багатовимірних баз даних і сховищ інформації [Текст] / О. Б. Лещенко, Ю. О. Лещенко. – Х. : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харків. авіац. ін-т", 2021. – 66 с.

РОЗРОБКА ЗАСТОСУНКУ ДЛЯ ПОШУКУ АЛЬТЕРНАТИВНИХ МАРШРУТІВ ДЛЯ ПЕРЕВІЗНИКА ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ ВАНТАЖІВ

Момот М.О., Світличний Є.С.
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна

У сучасних умовах розвитку транспортної логістики перевезення великогабаритних і великовагових вантажів набувають особливої актуальності. Такі перевезення широко застосовуються у промисловості, енергетиці, будівництві та реалізації інфраструктурних проєктів. Процес планування маршрутів для даного типу транспорту є значно складнішим у порівнянні зі стандартними вантажними перевезеннями, оскільки повинен враховувати габаритно-вагові характеристики вантажу, технічний стан дорожньої мережі, обмеження інженерних споруд, нормативно-правові вимоги та динамічні зміни дорожньої обстановки.

На сьогодні існує велика кількість навігаційних і логістичних сервісів для побудови маршрутів, найбільш поширеними є універсальні картографічні платформи та системи управління перевезеннями. Однак більшість таких рішень орієнтовані на легковий або стандартний вантажний транспорт і не забезпечують урахування специфічних обмежень для великогабаритних перевезень – зокрема, відсутні інструменти аналізу обмежень за висотою та шириною, вантажопідйомності мостів, осьових навантажень, а також механізми врахування умов, що задаються у вигляді текстових нормативів або інструкцій [1]. Актуальною є задача застосування мовної моделі штучного інтелекту (ШІ) як інструменту аналізу нормативних вимог, текстових описів обмежень та для генерації альтернативних маршрутів.

Метою доповіді є розробка програмного застосунку для пошуку та аналізу альтернативних маршрутів перевезення великогабаритних вантажів на основі поєднання класичних алгоритмів маршрутизації та методів штучного інтелекту. **В доповіді** наводяться: аналіз сучасного стану логістики великогабаритних перевезень та основні проблеми маршрутизації; фактори, що впливають на вибір маршруту для великогабаритного транспорту; формалізація задачі пошуку оптимального маршруту в дорожній мережі; реалізація алгоритму Дейкстри для побудови маршрутів у графовій моделі; можливості використання мовної моделі GPT для генерації та аналізу альтернативних маршрутів; UML-діаграми для опису окремих елементів розробленого програмного застосунка із візуалізацією маршрутів та порівняльним аналізом результатів; експериментальні дослідження ефективності запропонованого підходу.

Для створення застосунку було використано компоненти: 1) front-end – створення користувацького інтерфейсу та досвіду (UI/UX) на базі стандартного стека HTML/CSS/JavaScript [2]; 2) back-end – реалізація

серверної логіки засобами мови програмування Python; 3) інтеграція ШІ – обробка запитів до моделі GPT через OpenAI API (обмін даними у форматі JSON) [3]; 4) картографія – використання Google Maps API та механізмів геокодингу для реального відображення маршрутів на мапі.

Архітектура серверної частини побудована за модульним принципом і включає: 1) API Gateway – координатор модулів; 2) модуль валідації вхідних даних; 3) модуль графа (Graph Engine) моделі дорожньої мережі України; 4) алгоритм Дейкстри (Dijkstra Engine), реалізований мовою Python; 5) модуль інтеграції з GPT (GPT Adapter) для взаємодії зі стороннім API OpenAI; 6) аналітичний модуль порівняння маршрутів (RouteComparator) – згенерованого GPT і побудованого алгоритмом Дейкстри; 7) модуль формування результатів (Result Builder) у структурований JSON-об'єкт; 8) сховище результатів (Storage) та історії запитів.

Розроблений веб-застосунок поєднує два незалежні методи побудови маршрутів – алгоритмічний та генеративний і забезпечує їх узгоджену роботу через модуль порівняння та валідації. Такий підхід дозволяє не лише отримувати математично оптимальний маршрут, а й формувати альтернативні варіанти, які можуть враховувати ширший контекст, властивий мовній моделі. Веб-застосунок має такі основні режими роботи: 1) режим побудови маршруту тільки за алгоритмом Дейкстри; 2) генерація маршруту мовною моделлю GPT з обробкою та виправленням можливих помилок (з нормалізацію або повторною обробкою даних); 3) порівняння та формування результату; 4) візуалізація результатів на карті Google Maps. Мовна модель GPT, використовується для генерації альтернативних маршрутів та аналізу обмежень, які не представлені у структурованому вигляді. Інтелектуальний механізм може запропонувати обхідні варіанти руху у випадках, коли формально оптимальний маршрут проходить через потенційно проблемні ділянки, зокрема інженерні споруди з обмеженою вантажопідйомністю або ділянки з підвищеним ризиком тимчасових обмежень. Комбінований підхід дозволяє здійснювати порівняння результатів, отриманих різними методами, та приймати більш зважене рішення щодо вибору маршруту. Формальний алгоритм забезпечує точність, а інтелектуальний механізм – адаптивність і гнучкість. Запропонований підхід може бути використаний логістичними компаніями та перевізниками як інструмент підтримки прийняття рішень при плануванні перевезень великогабаритних вантажів у складних та динамічних умовах дорожньої інфраструктури.

Список літератури

1. Про затвердження Правил перевезень вантажів автомобільним транспортом в Україні : Наказ Мінтранс України від 14.10.1997 №363 // База даних «Законодавство України».URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/z0128-98 (Дата звернення: 01.04.2026).

2. David Flanagan. JavaScript: The Definitive Guide. Master the World's Most-Used Programming Language. 7th ed. - O'Reilly Media, 2020. - 706 p.

3. OpenAI API Reference. URL: https://developers.openai.com/api/reference/overview

АНАЛІЗ РИЗИКІВ ДЛЯ ЛОГІСТИЧНИХ МЕРЕЖ ПІДПРИЄМСТВА НА ОСНОВІ ЦИФРОВОГО ДВІЙНИКА

Попов І.Є., Лещенко О.Б.
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна

Логістичні системи розподілених промислових підприємств є вразливими під час збройних конфліктів, природних катастроф та техногенних аварій.

Надзвичайні події здатні не тільки руйнувати інфраструктуру та переривати виробничі ланцюги, а ще й провокувати каскадні збої, викликаючи довгострокові негативні наслідки для багатьох ланок економіки.

Вітчизняний досвід під час широкомасштабної війни [1] показує: підприємствам, що заздалегідь готуються до настання надзвичайних ситуацій, проводять аналіз вразливостей своїх мереж та планують запобіжні заходи – легше адаптуватися до нових умов.

Іноземні дослідження в зонах конфліктів [2] показують ряд недоліків традиційних логістичних моделей для роботи в умовах нестабільності. Менеджменту потрібні відповіді – які ділянки захистити у першу чергу, але йому бракує сучасних інструментів, здатних формувати рекомендації задовго до настання негативних подій.

Метою доповіді є побудова цифрового двійника логістичної мережі підприємства з метою виявлення структурно вразливих елементів на основі топологічного аналізу мережі та обсягів перевезень. Розглянуто моделі кількісної оцінки імовірних збоїв та можливих фінансових збитків, а також рекомендації для поліпшення стійкості логістики із розрахунком рентабельності інвестицій.

Прототип програми виконано мовою Python. Топологічний аналіз проводиться через NetworkX. Оцінка ризиків реалізована в NumPy/SciPy. ML-прогнозування ймовірностей збою - scikit-learn / RandomForest.

Побудована система виявляє вразливості до настання збою, проводить структурний аналіз мережі, дає економічну оцінку можливим збиткам, ранжує захисні заходи за ROI, адаптована до умов збройного конфлікту та відповідає вимогам ЄС щодо оцінки ризиків критичних об'єктів економіки.

Список літератури

1. Krykavskyy, Y., Chornopyska, N., Dovhun, O., Hayvanovych, N., & Leonova, S. Defining supply chain resilience during wartime. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2023. 1/13 (121). https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.272877

2. Malhouni, Youssef & Mabrouki, Charif. Mitigating risks and overcoming logistics challenges in humanitarian deployment to conflict zones. Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management. 2024. Vol. 14 (3). https://doi.org/10.1108/JHLSCM-04-2023-0031

ІНФОРМАЦІЙНИЙ АСПЕКТ ФОРМУВАННЯ ЛЮДСЬКОГО ПОТЕНЦІАЛУ ДЛЯ ПРОГРАМ ВІДНОВЛЕННЯ

Доценко Н.В., Луців Я.С.
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Харків, Україна

Формування та розвиток людського потенціалу передбачає ідентифікацію потреб у кадрах для програм відновлення, аналіз наявних компетенцій населення з урахуванням територіального аспекту, прогнозування потреб у кваліфікаціях, координацію робіт з формування та розвитку людського потенціалу [1].

Зазначені процеси мають враховувати територіальний та логістичний аспект реалізації програм відновлення, мобільність персоналу, безпекові можливості та необхідність гнучкого реагування на зміни середовища реалізації програми. Ефективний інформаційний менеджмент дозволяє забезпечити координаційні та комунікаційні потреби програми відновлення, залучити стейкхолдерів до реалізації програми.

За результатами дослідження [2] використання інструментарію People Analytics, AI інструментів дозволяє покращити показники ефективності процесів управління людськими ресурсами в мультипроєктному середовищі та забезпечити баланс між гнучкістю та стійкістю процесів управління. Вплив використання інструментів AI на забезпечення сталого розвитку процесів управління людськими ресурсами проєктів та програм в BANI середовищі описано в роботі [3].

Метою доповіді є розгляд інформаційним процесів формування людського потенціалу програм відновлення.

В доповіді наводяться результати аналізу інформаційної складової процесів формування людського потенціалу програм відновлення та її впливу на забезпечення сталого розвитку.

Типовими інформаційними процесами формування та розвитку людського потенціалу є збір даних, обробка, аналіз та інтеграція даних, аналітика та прогнозування, інформаційна підтримка прийняття рішень, моніторинг та зворотній зв'язок.

Використання Big Data для аналізу ринку праці та ресурсів програми дозволяє оперативно реагувати на зміни, забезпечуючи розвиток людського потенціалу та застосування донорно-акцепторної взаємодії для ресурсного забезпечення програми відновлення.

Цифрові платформи управління програмами відновлення, системи моніторингу людського потенціалу програми сприятимуть створенню інтегрованих HR-екосистем, що є необхідною умовою формування Industry 5.0 [4]. Створення людиноцентричної моделі управління передбачає розробку системи Talent management, ефективне впровадження якої неможливе без діджиталізації процесів управління людськими ресурсами.

Оскільки реалізація програм відновлення відбувається в реальному часі в агресивному середовищі та потребує швидкої координації та прийняття рішень, питання розробки та підтримки в актуальному стані оперативної нормативної документації, протоколів дій, посадових інструкцій тощо стає дуже гостро. Наявність визначених та затверджених технологічних процесів, бізнес процесів, процедур, протоколів та регламентів знижує навантаження на команду проєктів програми через необхідність реагування на події при кризових умовах.

З метою забезпечення уніфікованого управління проєктами програми, що реалізуються територіально-розподілено, доцільно розробити PMO проєктну документацію, шаблони проєктних документів. Використання типових форм звітності, які затверджені PMO, зменшить часові та фінансові витрати на обробку та узагальнення моніторингової інформації, інформації щодо стану реалізації робіт в проєктах.

AI-моделювання для прогнозування потреб в ресурсах та профілів компетенцій враховує тенденції ринку праці, зміни законодавчої та нормативної бази та вплив міграційних та мобілізаційних процесів на ресурсне забезпечення.

Проведення сценарного моделювання розвитку програми в точках контролю (або півоту) надає керівнику інформацію щодо можливості реалізації певного сценарію та потенційних наслідків для програми. Оперативна інформаційна підтримка сприятиме своєчасній адаптації до змін мультипроєктного середовища реалізації програми.

Таким чином, урахування інформаційних процесів формування людського потенціалу проєктів та програм позитивно впливає на забезпечення сталого розвитку програм відновлення**.**

Дослідження проводиться в рамках дослідницького проєкту 0126U003139 НФД України на тему “Наукові засади формування та управління людським потенціалом у мультипроєктному середовищі для забезпечення сталого розвитку програм відновлення України”

Список літератури

1. Кравчук О. Цифрова екосистема управління людськими ресурсами 5.0: нова парадигма людиноцентричного розвитку. *Проблеми сучасних трансформацій. Серія: економіка та управління*. №20. 2025. https://doi.org/10.54929/2786-5738-2025-20-04-07

2. 2025 Global Human Capital Trend URL: https://www.deloitte.com/content/dam/assets-zone2/ch/en/docs/services/consulting/2025/ch-deloitte-2025-Global-Human-Capital-Trends.pdf

3. Bushuyev, S.; Chumachenko, I.; Galkin, A.; Bushuiev, D.; Dotsenko, N. Sustainable Development Projects Implementing in BANI Environment Based on AI Tools. Sustainability 2025, 17, 2607. https://doi.org/10.3390/su17062607

4. Bhanumathi, P. Human Resource Management in the 5.0 Era. Humanizing the Hyperconnected Workplace, edited by Parinya Nakpathom, et al., *IGI Global Scientific Publishing*, 2025, pp. 103-136. https://doi.org/10.4018/979-8-3693-8171-7.ch004

ЕВОЛЮЦІЯ ПІДХОДІВ ДО ФОРМУВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ РОЄМ ДРОНІВ

Голосинський Р.Л., Малєєва Ю.А.
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна

Питання використання роїв дронів у різних сферах все більше цікавить дослідників. Збільшення попиту на більш сучасні технології управління роєм дронів викликані декількома факторами. Насамперед, це безпекові заходи (в тому числі військові конфлікти, природні лиха, техногенні катастрофи, рятувальні операції тощо), на другому місці – це роботизація повсякденних послуг, що надаються в цивільній сфері (організація виставок та шоу, доставка різного масштабу предметів, будівництво, сільськогосподарські заходи тощо).

В той же час, важливо встановити як розвивалась наукова думка крізь призму часу, відповідно **метою доповіді** є аналіз еволюції підходів формування та управління роєм дронів.

Науковці часто застосовують міждисциплінарні підходи при проведенні досліджень, що допомагає ширше поглянути на проблему та дозволяє знайти найбільш ефективне рішення. Саме тому, при дослідженні роєвих систем, спочатку було застосовано метод аналогії щодо поведінки різних соціальних груп комах та тварин.

Використання моделі поведінки комах дає ключові завдання для роєвої системи: будь-яка втрата або несправність окремого елемента може бути компенсована іншим; децентралізована координація; координація є емерджентною властивістю всієї системи; простота окремих елементів порівняно з єдиною складною системою, спроможною виконувати ідентичне завдання, а відповідно менша схильність до збоїв; множинність зондування, тобто розподілене зондування великою кількістю елементів може збільшити загальне відношення сигнал/шум системи [1, с. 10].

Однак, такий метод дозволяє поставити, на думку автора, глобальні завдання та моделі поведінки, однак не дає чіткого вирішення щодо перенесення ознак біологічної поведінки в практичній ситуації.

Згодом, у науковому середовищі було зміщено акцент та інженерну реалізацію системи управління.

Зокрема, застосування мікроелектромеханічних технологій у сфері механічної передачі, датчиків, виконавчих механізмів та електронних компонентів [2], що значно розширило можливості дослідників. До того ж, інтеграція додаткових сенсорних функцій у мікропристрої збільшили перцептивну здатність та підвищили експлуатаційну надійність [3].

Однак, не вирішеними залишались питання швидкого обміну інформації, узгодження дій, прийняття рішень, кіберзахисту та координації великої кількості агентів. Ці проблеми є глобальними і багато науковців розглядують різні шляхи їх вирішення, в тому числі застосуванням через створення моделей поведінки на мікро- та макрорівнях [4].

Та коли відбувається значний прорив у розробці технологій штучного інтелекту, велика кількість завдань покладених на розробників може бути вирішена.

Зокрема, сучасні підходи до машинного навчання дозволяють створювати адаптивні моделі поведінки, які забезпечують ефективну взаємодію агентів у складних і динамічних середовищах, що поступово зменшує вплив зазначених проблем на функціонування роїв дронів.

В тому числі, штучний інтелект у ройових технологіях дозволяє агентам виконувати складні завдання за допомогою простих локальних взаємодій без централізованого керування, пропонуючи досягнення в пошуку та порятунку, моніторингу навколишнього середовища, сільському господарстві та дослідженні космосу [5].

До того ж, проведені дослідження уже показали, що застосування штучного інтелекту у роях дали результати для створення стійких систем автономних самороботизованих об'єктів [6].

Отже, автори схиляються до думки, що міждисциплінарні підходи вплинули на розвиток інженерно орієнтованих рішень і сучасних методів перенесення патернів біологічної поведінки живих істот на удосконалення роботизованих агентів, що забезпечило більш гнучку та адаптивну взаємодію агентів.

Додатково розвиток технологій штучного інтелекту робить можливим створення повноцінного біонізованого роєвого інтелекту дронів.

Список літератури

1. Şahin E. Swarm Robotics: From Sources of Inspiration to Domains of Application. *Lecture Notes in Computer Science*, vol 3342. Springer: Berlin, Heidelberg, 2005. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-540-30552-1_2

2. Tan Y., Zheng Z.-y. Research Advance in Swarm Robotics. *Defence Technology*. 2013. Vol. 9, no. 1. P. 18–39. URL: https://doi.org/10.1016/j.dt.2013.03.001

3. Micro-electro-mechanical system sensors in robotic perception and control / W. Huang et al. *Sensors and Actuators A: Physical*. 2026. Vol. 405. P. 117788. URL: https://doi.org/10.1016/j.sna.2026.117788

4. Gutiérrez Á. Recent Advances in Swarm Robotics Coordination: Communication and Memory Challenges. *Applied Sciences*. 2022. Vol. 12, no. 21. P. 11116. URL: https://doi.org/10.3390/app122111116

5. Nguyen L. V. Swarm Intelligence-Based Multi-Robotics: A Comprehensive Review. *AppliedMath*. 2024. Vol. 4, no. 4. P. 1192–1210. URL: https://doi.org/10.3390/appliedmath4040064

6. AI-driven swarm intelligence for collective robotics: a study of decentralized control and emergent behavior. (2025). *Center for Management Science Research*, *3*(7). P. 715-726. URL: https://cmsrjournal.com/index.php/Journal/article/view/575

MAJORITY VOTING MULTI-TRACKER METHOD FOR TARGET TRACKING ON CPU

Ovdiyuk E., Dergachov K., Dubinin V.
National Aerospace University "KhAI", Kharkiv, Ukraine,

Single-object trackers are often sensitive to specific failure modes: fast scale change, illumination shifts, motion blur, occlusion, or background distractors. In CPU-only deployments, this challenge is amplified by strict latency budgets that limit model complexity and post-processing.

This paper presents the majority voting method that ensembles multiple trackers with different inductive biases: classical correlation filters for speed and temporal smoothness; appearance-based matching for local stability; lightweight neural trackers for higher semantic robustness. The proposed implementation follows this strategy and adds a corrective consensus loop. Instead of trusting one tracker, the system continuously evaluates agreement between tracker hypotheses and feeds a voted target state back to disagreeing trackers. Such implementation targets real-time operation under constrained hardware and avoids heavy detector-tracker cascades. It is close to robust systems development based on object tracking research: it uses lightweight trackers available in OpenCV and lightweight neural networks; it favors explainable control flow and deterministic inter-process communication; it exposes explicit tuning knobs for consensus behavior and performance. For the first experiments we used four trackers [2]:

- MOSSE: very fast, low-latency baseline;
- BDMC: local grayscale patch matching;
- NanoTrack: lightweight learned tracking behavior;
- KCF: efficient correlation filter with complementary dynamics.

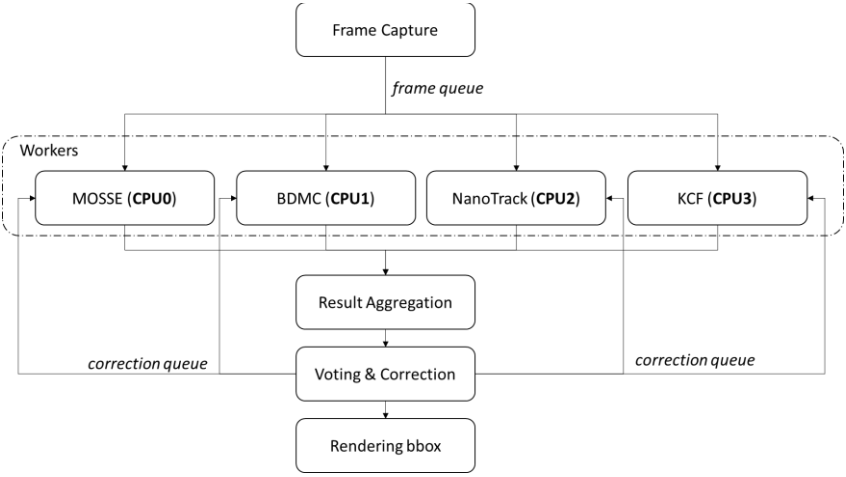

Fig. 1. Majority voting multi-tracker method workflow

The method consists of the following procedures as on Fig.1: Read frame; Broadcast frame to workers (CPUs); Collect latest worker results; Merge all tracker outputs; Run voting/arbitration; Send corrections to outliers; Draw overlays (bbox). The presented method is a robust, cost-oriented multi-tracker method for real-time target tracking on CPU. By combining tracker diversity, agreement-based consensus, and online outlier correction, it substantially improves operational stability compared to single-tracker baselines. The architecture is flexible, explainable, and practical for constrained deployments. The proposed method fits for embedded prototyping, lab experiments, and UAV-like [1] scenarios where predictable CPU behavior is critical. Future work should integrate confidence-weighted fusion and long-term detector fallback to further improve recovery in hard failure scenarios.

References

1. Dergachov K., Ovdiyuk E. Hybrid navigation method for autonomous uav flight under radio suppression conditions. The 13th Int. Scientific and Technical Conference "Issues in Informatization", November 20, 2025. DOI: https://doi.org/10.32620/pi.25.t4

2. Dergachov K., Ovdiyuk E., Dubinin V. Comparative analysis of region of interest (ROI) tracking methods. Proceedings of the International Scientific and Technical Conference “Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering: Synergetic Engineering” (ICTM-2024), December 23, 2024. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-94845-9_6

АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ 3D-КООРДИНАТ БПЛА ЗА ЗОБРАЖЕННЯМ МОНОКУЛЯРНОЇ RGB-КАМЕРИ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Айзацький О.М., Дергачов К.Ю.
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна

Сучасні системи просторової навігації та відстеження безпілотних літальних апаратів (БПЛА) часто покладаються на використання дорогих та важких радарів або лідарів, які активно випромінюють сигнали, що може призвести до демаскування апарата. Використання звичайних монокулярних RGB-камер дозволяє позбутися цих недоліків, роблячи систему пасивною, економічно вигідною та легкою [1]. Однак, визначення точних просторових 3D-координат об'єкта у динамічних умовах виключно за 2D-відео залишається складною науковою проблемою комп'ютерного зору [2].

Метою доповіді є побудова та порівняльний аналіз алгоритмів на основі згорткових нейронних мереж для отримання 3D-координат БПЛА у просторі виключно за допомогою зображення монокулярної RGB-камери.

В доповіді наводяться результати розробки та порівняння двох архітектурних підходів. Перший підхід базується на використанні традиційної моделі YOLOv8 Pose для визначення 2D-координат набору ключових точок об'єкта з подальшим розрахунком просторового положення немінімальним вирішувачем SQPnP (Sequential Quadratic Programming Perspective-n-Point) [3].

Другий підхід базується на розробці модифікації YOLO Custom 6D [4], який передбачає перепрофілювання базової архітектури нейронної мережі YOLOv8 Pose. Ключовою модифікацією стала заміна стандартного вихідного шару для оцінки поз на спеціалізований програмний клас для розрахунку дев'ятимірного вектора стану об'єкта, структурованого у форматі матриці 3×3. Така конфігурація дозволяє моделі в межах єдиного наскрізного циклу обчислювати повний набір просторових параметрів: перші три компоненти вектору визначають координати центру мас та значення нормованої глибини, тоді як решта шість елементів описують матрицю обертання БПЛА. Оскільки стандартні підходи до навчання не враховують специфіку такої структури вихідних даних, виникла необхідність у розробці функцій штрафу для мінімізації похибки лінійних 3D-зміщень та для забезпечення точного вирівнювання векторів орієнтації. Через критичну нестачу реальних розмічених даних для навчання, було створено власний синтетичний набір обсягом 3000 зображень польоту дрона в небі за допомогою інструментарію Unity Perception [5]. Розмітка набору включала обмежуючу рамку, 8 ключових точок, які були безпосередньо впроваджені у 3D-модель, та оригінальні позиції і орієнтації БПЛА. Під час навчання застосовувались спеціалізовані методи геометричної аугментації з урахуванням їхнього впливу на цілісність матриці повороту. Для оцінки точності запропонованих методів було змодельовано динамічний тестовий сценарій прольоту БПЛА з виконанням складних маневрів зниження та розвороту зі зміною ракурсу. Паралельний покадровий експорт просторових 3D-координат безпосередньо з рушія Unity дозволив отримати абсолютно точну еталонну траєкторію для порівняння. Наведені дані експериментів показують, що модифікована наскрізна архітектура YOLO Custom 6D значно перевершує традиційну зв'язку YOLO Pose + SQPnP. Середня абсолютна похибка позиції для YOLO Custom 6D склала 4.4 м, при метриках mAP@50=0.98, mAP@50-95=0.82. Тоді як метод з алгоритмом SQPnP продемонстрував середню похибку у 12.5 м, при mAP@50=0.97, mAP@50-95=0.75. Таким чином, пряме передбачення 3D-вектора стану виявилося значно стійкішим і точнішим для задачі 3D-локалізації швидкісних маневрених об'єктів.

Список літератури

1. Dergachov K., et al. "Adaptive algorithm for visual positioning of UAVs in the local environment". Proceedings of the International Workshop on Computational Methods in Systems Engineering (CMSE 2025) Kyiv, Ukraine. https://ceur-ws.org/Vol-3981/

2. Reya T., Moras J., Eudes A., Manzanera A. "Real-time visual pose estimation: from BOP objects to custom drone - A journey". 2025. https://doi.org/10.1016/j.mechatronics.2025.103339

3. Zhang Y., Ye H. "6D Pose Estimation Algorithm Based on Improved YOLOv5 With Asymptotic Feature Pyramid Network and Attention Mechanism". IEEE Access. 2025. 10.1109/ACCESS.2025.3539743

4. Bo Shan, Donghui Zhao, Junyou Yang and Houde Liu. "A Two-Stage Monocular Vision Detection Method for 6D Pose Estimation in Multi-Heterogeneous Robot Systems". (CISR 2024) 10.1088/1742-6596/2832/1/012003

5. Dergachov, K., Aizatskyi, O. "Synthetic data for deep learning in object detection tasks". Vol. 4155 (2026). https://ceur-ws.org/Vol-4155/paper03.pdf

МЕТОД РЕАЛІЗАЦІЇ АЕРОДИНАМІЧНОЇ ІНТЕРФЕРЕНЦІЇ В АВІАЦІЙНИХ СИМУЛЯТОРАХ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ НА ОСНОВІ НЕЗАЛЕЖНИХ ПОВЕРХОНЬ

Дубінін В.А., Овдіюк Є.М., Пугач Д.В., Дергачов К.Ю.
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна

Розробка систем автоматичного керування безпілотними літальними апаратами (БПЛА) є вкрай ресурсомістким та тривалим процесом. Це пов'язано з високою ймовірністю втрати апарата, а також залежністю від умов навколишнього середовища [1]. Ефективним шляхом вирішення цієї проблеми є перенесення випробуваного БПЛА у віртуальний простір симулятора. Більшість сучасних симуляторів для проведення польотних випробувань у реальному часі базуються на підході з розбиттям складної аеродинамічної форми на незалежні поверхні [2,4]. Цей підхід є досить ефективним завдяки своїй гнучкості та швидкодії. Однак зворотним боком є значне спрощення аеродинамічних ефектів через ігнорування взаємного впливу цих поверхонь.

Метою доповіді є опис методу переходу від спрощеної моделі розрахунку сил та моментів (що діють у межах локальних векторів швидкості незалежних аеродинамічних поверхонь) до реалізації складних аеродинамічних процесів, які виникають під час польоту БПЛА та безпосередньо впливають на нього.

У доповіді розглядається спосіб моделювання таких явищ, як зміна скосу потоку, динаміка індуктивного опору та асиметричне звалювання. Подібні явища виникають лише за умови, що літальний апарат розглядається як цілісний об'єкт, який знаходиться у повітряному потоці та деформує його власною формою.

Для вирішення цієї проблеми пропонується відмовитися від ізольованих розрахунків на користь методів вихрових сіток (VLM) та несучих ліній (LLT) [5].

Їх впровадження вимагає заміни традиційного розрахунку 3D-поляр для кожної аеродинамічної поверхні на використання чистих сил та моментів, розрахованих для нескінченного 2D-профілю. Цей перехід обумовлений необхідністю уникнення повторного врахування впливу кінцевих вихорів на кожну 3D-підповерхню при впровадженні методу VLM [6].

Наступним кроком є огляд інтеграції вихорів у підповерхні, що вимагає визначення точки приєднання вихору та контрольної точки для виконання умов Кутти-Жуковського та запобігання нескінченним ітераціям при їх розрахунку.

Крім цього, буде розглянуто шлях реалізації взаємного впливу поверхонь через математичне представлення закону Біо-Савара та аналізу проблеми його реалізації в симуляторах через потенційну помилку нескінченної індуктивної швидкості.

Окремою важливою частиною доповіді є огляд проблеми моделювання взаємного впливу поверхонь у замкнутих контурах симуляції (SIL) через

дискретність розрахунку фізики по кадрах, а також її вирішення шляхом фільтрації низькочастотних коливань поверхонь[3].

Також буде розглянута механіка звалювання для VLM, який має обмеження при роботі з відірваними потоками. Описано процес примусового гасіння циркуляції вихорів для критичних кутів атаки та механізми уникнення миттєвого відновлення потоку при його стабілізації.

Таким чином, впровадження усіх вищеперерахованих фізичних процесів суттєво підвищить реалістичність симуляції та наблизить віртуальні польотні випробування до натурних.

Список літератури

1. Dergachov K., et al. “Adaptive algorithm for visual positioning of UAVs in the local environment”. Proceedings of the International Workshop on Computational Methods in Systems Engineering (CMSE 2025) Kyiv, Ukraine. https://ceur-ws.org/Vol-3981/

2. Dubinin, V., Dergachov, K., Ovdiyuk, E., Bychkova, I., Puhach, D.: Simulation Platform for Testing and Validating of UAV Visual Guidance Algorithms. In: Advances in Civil Aviation Systems Development, pp. 548–565 (2025). DOI: 10.1007/978-3-031-91992-3_37

3. Dai, X., Ke, C., Quan, Q., Cai, K.Y.: RFlySim: Automatic Test Platform for UAV Autopilot Systems with FPGA-Based Hardware-in-the-Loop Simulations. In: Aerospace Science and Technology (2021). DOI: 10.1016/j.ast.2021.106727.

4. Hallinan, I., Yuan, T., Geng, B., Deng, X.: Realistic 3D Drone Simulation with Path-Planning in Unreal Engine 5. https://irina694.github.io/3d-drone-sim/Drone_Sim_3D__CS_184_284A_Final_Paper.pdf, last accessed 2025/09/24.

5. Gupta, M.K., Subbarao, P.M.V.: Design and Performance Analysis of Hydrokinetic Turbine with Aerodynamic Stall Model. In: Advances in Thermofluids and Renewable Energy. Lecture Notes in Mechanical Engineering, pp. 209–224. Springer, Singapore (2022). DOI: 10.1007/978-981-16-3497-0_17.

6. Saber, M.A., Zakaria, M.Y., Kamal, A.M.: Integration of JSBSim and Unreal Engine for Flight Simulator Development - A Case Study on the Cessna T-37. In: Journal of Physics: Conference Series, pp. 4-9. IOP Publishing, Bristol (2025). DOI: 10.1088/1742-6596/3070/1/012009.

METHOD FOR CLUSTER FORMATION BASED ON THE MODIFIED LOUVAIN ALGORITHM WITH A RESOLUTION PARAMETER

Syvolovskyi I.M.
National Aerospace University «Kharkiv Aviation Institute», Kharkiv, Ukraine

The aim of the report is to develop a method for forming clusters of nodes in distributed telecommunication environments with predefined target characteristics based on a modified Louvain algorithm with a resolution parameter and functional constraints [1–5]. The relevance of the study is determined by the need to ensure efficient allocation of computational and network resources in Fog/Edge environments, where classical clustering approaches are focused only on network topology and do not take into account load dynamics, delays, and resource

limitations of nodes [3,4,5]. At the first stage of the proposed method, the telecommunication system is represented as a weighted graph $G = (V,E)$, where nodes correspond to computational elements and edges represent communication links between them.

Edge weights are calculated using data transmission delay d_{ij} and bandwidth w_{ij}. To consider the relationship between transmission rate and delay, the following weight function is used:

$$w(e) = \frac{d_{ij}}{w_{ij}} \quad (1)$$

Alternatively, the harmonic mean can be used:

$$w(e) = \frac{2 \cdot w_{ij} \cdot {}^{1}/_{d_{ij}}}{w_{ij} + {}^{1}/_{d_{ij}}} \quad (2)$$

This approach provides a balance between fast and slow communication links. To adapt to a dynamic network topology, a linear combination of parameters is used:

$$w(e) = \alpha \cdot d_{ij} + \beta \cdot w_{ij} \quad (3)$$

This allows flexible tuning of the influence of delay and bandwidth. An effective transmission rate estimation is also used:

$$w(e) = \frac{w_{ij}}{1 + d_{ij}} \quad (4)$$

This approach ensures computational stability at low delay values.

Based on the defined weights, a graph is constructed for subsequent clustering.

At the second stage, the graph is partitioned into layers according to the types of tasks that nodes can perform. For node classification, a set S of computational levels is introduced, where each level $s_k \in S$ is defined by a set of tasks that can be executed by the nodes of that level.

It is determined based on the task compatibility criterion:

$$s_k = \{v_i | T(v_i) \cap L(s_k) \neq \emptyset\} \quad (5)$$

where L_{s_k} is the set of tasks associated with level s_k.

This allows grouping nodes according to their functional roles and reduces inter-cluster overhead.

At the third stage, clustering of each layer is performed using the modified Louvain algorithm [2] with a resolution parameter. The modularity function is defined as follows:

$$Q(v) = \frac{1}{2m} \sum_{i,j} \left[A_{i,j} - \gamma \frac{k_i k_j}{2m} \right] \delta(c_i, c_j), \quad (6)$$

where γ is the resolution parameter that controls the level of cluster granularity; $\gamma > 1$ promotes the formation of smaller clusters; $\gamma < 1$ leads to the formation of larger clusters; $A_{i,j}$ is the adjacency matrix element indicating the presence of a connection between nodes; $k_i k_j$ are the degrees of nodes i, j (i.e., the total number of connections associated with the nodes); m is the total weight of all edges in the

graph; (c_i, c_j) – are the cluster assignments of nodes i and j; (c_i, c_j) is the indicator function that determines whether two nodes belong to the same cluster.

To prevent excessive fragmentation of clusters, an adaptive adjustment of the resolution parameter is performed according to the following formula:

$$\Upsilon_{curr} = \max(\Upsilon - \frac{Y_{step}}{2^{N_{curr}+1}}, 0{,}5), \quad (7)$$

where Υ_{curr} is the current value of the resolution parameter; Y_{step} is the step size for adjusting the resolution parameter; $2^{N_{curr}+1}$ – is the scaling factor that decreases the adjustment step depending on the current iteration number N_{curr}

The value of the resolution parameter equal to 0.5 represents the minimum threshold at which the algorithm operates without exhibiting anomalous behavior.

This dependence allows for a gradual adjustment of the resolution parameter depending on the clustering results. The iterative process includes verification of cluster sizes and their recursive refinement. Large clusters are further detailed by constructing induced subgraphs and reapplying the algorithm. The results of experimental modeling substantiate [2] that the use of an adaptive resolution parameter makes it possible to avoid both excessive fragmentation and over-merging of clusters. It has been established that taking into account bandwidth and delay parameters when forming graph weights provides a more adequate representation of real network operating conditions.

The obtained results show that the proposed method enables the formation of clusters considering both topological and functional characteristics of the network, which ensures improved efficiency of resource allocation, reduced data transmission delays, and increased robustness of the telecommunication system under dynamic load conditions.

References

1. Syvolovskyi, I. M., Lysechko, V. P., Komar, O. M., Zhuchenko, O. S., Pastushenko, V. V. Analysis of methods for organizing distributed telecommunication systems using the paradigm of Edge Computing. Control, Navigation and Communication Systems, 1(75), (2024) P. 206-211, https://doi.org/10.26906/SUNZ.2024.1.206.

2. Syvolovskyi, I. M., Lysechko V. P. A method of hierarchical clustering of nodes in distributed telecommunication systems using graph algorithms// National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic». Control, Navigation and Communication Systems, Vol. 2, № 80 (2025), P.P. 255-262, https://doi.org/10.26906/SUNZ.2025.2.255.

3. Traag, V.A., Waltman, L. & van Eck, N.J. From Louvain to Leiden: guaranteeing well-connected communities. Sci Rep 9, 5233 (2019). https://doi.org/10.1038/s41598-019-41695-z

4. Blondel, V.D. et al. Fast unfolding of communities in large networks. J. Stat. Mech 10008, 1-12(2008). https://doi.org/10.1088/1742-5468/2008/10/P10008.

5. Dugué N., Anthony P. (2015) Directed Louvain : maximizing modularity in directed networks. [Research Report] Université d'Orléans. 2015. https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4497.0328.

АДАПТИВНЕ РЕЗЕРВУВАННЯ ТА ДИНАМІЧНИЙ ПЕРЕРОЗПОДІЛ ЯК ЗАСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ВІДМОВОСТІЙКОСТІ БАГАТОРІВНЕВИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Фролов Д.Є.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Сучасні інформаційні системи (ІС) застосовуються при вирішенні задач обробки, зберігання та передачі даних у різних технічних системах (платформах) як їх інтегровані компоненти [1]. Однією із вимог є їх мультифункціональність. Багаторівнева архітектура є одним із способів досяжності мультифункціональності, що, зокрема, передбачає розподіл функцій між декількома логічними рівнями ІС [2]. Важливим показником виконання основної функції ІС є її відмовостійкість, яка досягається шляхом підтримки ресурсозабезпеченості на визначених рівнях її архітектури. Частота та природа збоїв, що впливають на функціонування ІС, є базовими факторами, які визначають рівень стійкості ІС.

Метою доповіді є огляд підходів (засобів) адаптивного резервування та динамічного перерозподілу ресурсів як ключових засобів досягнення відмовостійкості багаторівневих ІС.

Ефективність функціонування багаторівневої ІС полягає в організації управління її основною функцією, наприклад, в задачах обробки даних, вона постійно піддається впливу вхідних потоків даних з різною інтенсивністю. Динаміка зазначеної інтенсивності формує рівень мінливості та швидкоплинності потреб ІС в обчислювальних ресурсах. Засоби адаптивного резервування вирішують цю задачу застосуванням механізму тимчасового виділення додаткових потужностей із пулу резервних ресурсів у моменти пікових обчислювальних навантажень. Критично важливою вимогою є обов'язкове повернення цих ресурсів до зазначеного пулу у разі зниження інтенсивностей вхідних потоків даних (наприклад, механізм забезпечення еластичності розподілу хмарних ресурсів). Ключову роль у цьому процесі відіграє підсистема управління пулом резервних ресурсів, яка, на основі метрик завантаженості та аналізу залишків ресурсів, приймає рішення щодо обсягів виділення ресурсів. Це забезпечує гнучкість та системну адаптивність ІС. Іншою групою засобів у розрізі поставленої задачі є динамічний перерозподіл ресурсів між елементами багаторівневої ІС. Це носить темпоральний характер, оскільки перерозподіл ресурсів здійснюється з урахуванням поточного стану ІС та поточного стану її завантаженості. У багаторівневій ІС, яка функціонує як сукупність щонайменше двох взаємопов'язаних рівнів, виникають ситуації, коли вивільнений одним елементом ресурс (наприклад, блок оперативної пам'яті) стає терміново необхідним іншому елементу. Динамічний перерозподіл дозволяє забезпечити використання ресурсів між рівнями, оминаючи етапи їх повернення до пулу резервних ресурсів та повторного виділення підсистемою управління цим пулом. Це усуває зайві ітерації обміну даними в ІС, зменшує затримки в її функціонуванні та забезпечує більш гнучке використання

доступних ресурсів платформи. Практичним прикладом реалізації такого підходу є багаторівневі ІС для кордонних обчислень у задачах комп'ютерного зору [3], де, зокрема, елементи першого рівня виконують попередню обробку відеопотоку, а другого - розпізнавання об'єктів. При пікових навантаженнях ІС адаптивно виділяє додаткові блоки пам'яті. Після обробки кадрів елементами першого рівня цей ресурс не повертається до загального пулу ІС, а безпосередньо делегується елементам другого рівня. Такий перерозподіл мінімізує ресурсоємні операції копіювання та підвищує показники відмовостійкості ІС. Тобто, у разі порушення функційної здатності елементів ІС, виконання основної функції буде продовжуватися за рахунок ресурсів, наданим їм раніше.

Висновки. У роботі розглянуто підходи до підвищення відмовостійкості багаторівневих ІС на основі використання адаптивного резервування та динамічного перерозподілу ресурсів. Синергія підходів дозволяє формувати адекватну дію ІС у разі детектування збоїв у роботі окремих її елементів. В основі цієї дії лежить механізм акумуляції задіяного ресурсу елементом у разі пошкодження підсистеми, яка раніше його надала із загального пулу ресурсів. Перерозподіл можливий шляхом міграції ресурсу іншому елементу через додаткові внутрішні засоби ІС. Результати даного дослідження можуть бути використані при розробці методів адаптивного балансування навантаження у ІС за умови їх часткової деградації під дією зовнішніх чинників.

Список літератури

1. Рубан І.В., Ткачов В.М. Багаторівнева модель інформаційної системи на мобільній платформі та формалізація критеріїв її живучості. Вісник Херсонського національного технічного університету. 2025. Том 2 № 3(94). С. 399-409. DOI: https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2025.3.2.51.

2. Фролов Д.Є. Модель забезпечення відмовостійкості інформаційних систем на основі багаторівневих структур. 2025. Том 2 № 3(94). С. 474-483. DOI: https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2025.3.2.61

3. V. Vysotska, K. Smelyakov, N. Sharonova, E. Vakulik, O. Filipov, R. Kotelnykov. Fast Color Images Clustering for Real-Time Computer Vision and AI System. CEUR-WS, 2024. v. 3664, pp. 161-177.

МОДЕЛЬ ВІДДАЛЕНОГО МОНІТОРИНГУ ЗДОРОВ'Я В ІНФРАСТРУКТУРІ CLOUD–FOG–EDGE–IOT З ПІДТРИМКОЮ КОНФІДЕНЦІЙНОГО ВИКОНАННЯ НА FOG ВУЗЛАХ

Шевцов І. О., Фесенко Т. Г.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Системи віддаленого моніторингу здоров'я (Remote Patient Monitoring, RPM) є ключовим компонентом цифрової медицини. RPM системи забезпечують безперервний збір, передачу та аналіз біометричних сигналів пацієнтів у реальному часі [1]. Разом з тим традиційні хмароцентричні архітектури, в яких обчислювальні передаються каскадом від смартфона до

хмари, все частіше демонструють свою неефективність. Головними проблемами залишаються критичні затримки та швидке виснаження акумуляторів мобільних пристроїв. Крім того, така схема делегування обчислень значно ускладнює захист приватних медичних даних на проміжних етапах [1, 2].

Метою доповіді є окреслення моделі віддаленого моніторингу здоров'я у багаторівневій інфраструктурі Cloud–Fog–Edge–IoT, орієнтованої на зменшення затримки обробки, зниження енергоспоживання мобільних пристроїв та підвищення рівня захисту медичної інформації.

Архітектоніка моделі RPM представлена чотирьома рівнями (рисунок) [2]. *Сенсорний рівень* формують портативні та стаціонарні медичні пристрої (ECG-сенсори, смарт-годинники, датчики середовища), які генерують періодичні або подієво-орієнтовані сигнали та передають їх на вищі рівні через BLE, ZigBee та Wi-Fi. *Edge-рівень* представлений мобільним терміналом користувача, що виконує роль інтелектуального шлюзу, локально зберігає обчислювальні задачі, отримані від хмарних сервісів, та приймає рішення про оффлоадинг на fog-вузол залежно від доступних ресурсів і вимог до затримки. *Fog-рівень* утворюється розподіленою мережею вузлів із обмеженими, проте значними обчислювальними ресурсами (домашні шлюзи, міські маршрутизатори, cloudlet-сервери), на яких безпосередньо виконуються задачі аналізу потоків медичних даних. *Хмарний рівень* використовується для довготривалого зберігання деперсоніфікованих даних, глобальної аналітики та навчання моделей, але не залучається до оперативного циклу прийняття рішень, що дозволяє мінімізувати мережевий джиттер [3].

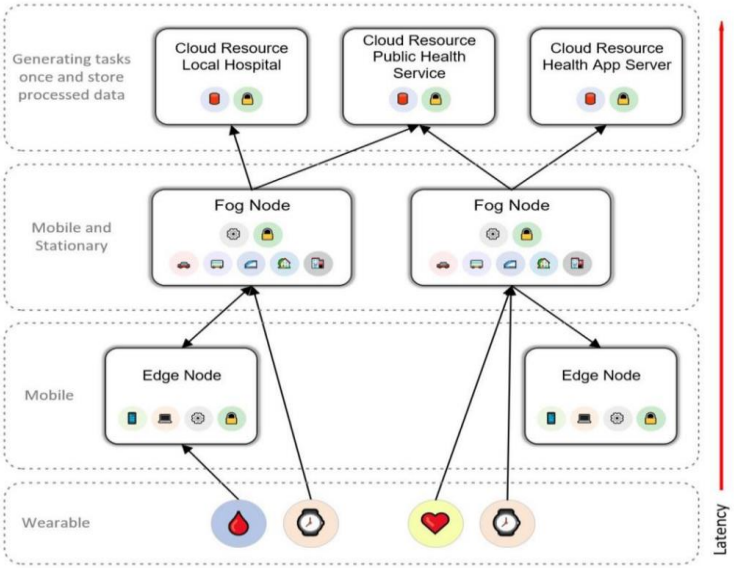

Рис. 1. Чотирирівнева архітектура системи RPM в інфраструктурі Cloud–Fog–Edge–IoT

У запропонованій RPM моделі хмарний рівень виступає генератором завдань (алгоритмів аналізу). Ці завдання одноразово розгортаються на edge-рівні та оновлюються лише у разі зміни логіки обробки. Така організація дозволяє кардинально зменшити постійний трафік між периферією та хмарою. Це, у свою чергу, покращує масштабованість і забезпечує детермінований час відгуку для критичних RPM-сервісів. Ключовими характеристиками моделі є гнучкість підключення сенсорів (можливість прямого з'єднання як з edge-, так і з fog-рівнем через Wi-Fi/4G/5G), а також повна відмова від зворотного оффлоадингу в хмару та локалізація обробки максимально близько до джерела даних. Окрему увагу в моделі приділено узгодженому поєднанню механізмів динамічного розподілу задач із жорсткими вимогами до енергоефективності. На відміну від робіт, де fog- та edge-архітектури розглядаються переважно через призму топології, у нашому підході явним чином враховано енергетичні профілі мобільних пристроїв. Зокрема, враховується вплив рівня RSSI на затримку та пропускну здатність каналу. Це дозволяє формувати сценарії розміщення задач, які мінімізують сумарні витрати енергії при дотриманні встановлених обмежень латентності. Важливою інновацією моделі є підтримка конфіденційного виконання задач на fog-рівні через використання довірених середовищ (Trusted Execution Environment, TEE) та механізмів віддаленої атестації [3]. Технологія TEE дозволяє повністю ізолювати обробку медичних даних від потенційно вразливої операційної системи вузла. Водночас процедура віддаленої атестації гарантує цілісність платформи та коректність додатків ще до початку обчислень. Завдяки цьому стає можливим безпечно залучати публічну міську інфраструктуру (наприклад, маршрутизатори чи бортові комп'ютери транспорту) як fog-вузли без ризику для приватності пацієнтів.

Практичне розгортання RPM-сервісів у розумному місті використання TEE та віддаленої атестації дозволяє відокремити життєвий цикл безпеки від стану мережевої інфраструктури. Навіть при оновленні прошивок чи зміні локації вузлів, медичні дані оброблятимуться лише на тих сегментах мережі, що успішно пройшли атестацію. Це критично важливо для RPM, оскільки мінімізує ризики витоку діагностичної інформації та стороннього втручання в алгоритми аналізу сигналів. Перспективним напрямком для подальшого дослідження RPM моделі вбачається розробка фреймворку для автоматизованого розгортання довірених додатків (Trusted Applications) у гетерогенних туманних середовищах.

Список літератури

1. Шевцов І. О. Порівняльний аналіз ефективності Edge Computing та Fog Computing у системах медичного моніторингу. Інформаційні технології та суспільство. 2024. Вип. 3 (14). С. 44–53. DOI: https://doi.org/10.32689/maup.it.2024.3.6

2. Kraemer F., Bråten A., Tamkittikhun N., Palma D. (2017). Fog Computing in Healthcare – A Review and Discussion. IEEE Access, 5, 9206–9222. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2704100

3. Lera I., Guerrero C., Juiz C. (2019). YAFS: A Simulator for IoT Scenarios in Fog Computing. IEEE Access, 7, 91745–91758. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2927895

БАГАТОПОТОКОВИЙ ПЛАНУВАЛЬНИК ЗАДАЧ ЯК ІНСТРУМЕНТ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ АЛГОРИТМІВ ПЛАНУВАННЯ

Бугрій А.М., Волк Д.М., Полозов Д.М., Соробей Б.В.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Сучасний етап розвитку інформаційних технологій характеризується стрімким зростанням обчислювальних потужностей, що досягається у тому числі і за рахунок багатоядерних і багатопроцесорних систем. Ефективне використання паралельних обчислень стає ключовим фактором підвищення продуктивності програмного забезпечення. Проте сама наявність багатьох обчислювальних ядер не гарантує високої ефективності. Значною мірою вона залежить від того, наскільки правильно організовано виконання задач. Однією із основ будь-якої багатопотокової системи є планувальник задач. Саме він визначає порядок виконання задач, розподіляє їх між потоками та впливає на використання ресурсів процесора. У традиційних програмних системах планування виконується операційною системою, однак сучасні дослідження показують, що цього рівня часто недостатньо для високопродуктивних або наукових обчислень.

У сучасній науковій літературі значна увага приділяється розробці та оптимізації багатопотокових планувальників. Зокрема, дослідження у сфері високопродуктивних обчислень демонструють, що використання спеціалізованих пулів потоків дозволяє досягати продуктивності, порівнянної з провідними бібліотеками паралельного програмування. Сучасні реалізації пулів потоків орієнтовані на мінімізацію накладних витрат та забезпечення максимальної гнучкості. Наприклад, у роботах останніх років пропонуються компактні реалізації thread pool, які не залежать від зовнішніх бібліотек і забезпечують повний контроль над процесом паралелізації, що є важливим для наукових експериментів [1].

Ще одним важливим напрямом є дослідження взаємодії між планувальником операційної системи та прикладними планувальниками. Як показують дослідження, така взаємодія може суттєво впливати на продуктивність багатопотокових застосунків, особливо в умовах перевантаження системи. Деякі роботи також демонструють, що в умовах складних обчислювальних навантажень, характерних для задач штучного інтелекту та високопродуктивних обчислень, традиційні планувальники операційних систем можуть не забезпечувати оптимальної продуктивності. У таких випадках доцільним є використання користувацьких або гібридних планувальників, які працюють на рівні застосунку [2].

Таким чином, аналіз сучасних досліджень показує, що існує значна потреба у гнучких та розширюваних програмних системах планування, які можуть бути використані як інструмент для експериментального дослідження нових алгоритмів [3].

Метою даної роботи є розробка багатопотокового планувальника задач для операційної системи Microsoft Windows, який може бути використаний як

універсальна платформа для дослідження алгоритмів планування. Досягнення поставленої мети передбачає вирішення низки завдань, пов'язаних із аналізом існуючих підходів до організації багатопотокових обчислень, проєктуванням архітектури програмної системи та реалізацією основних компонентів планувальника.

Особлива увага приділяється створенню модульної архітектури, яка дозволяє інтегрувати різні алгоритми планування без зміни основного коду системи.

Однією з головних переваг розробленого програмного забезпечення є його орієнтація на використання у наукових дослідженнях. На відміну від традиційних бібліотек багатопотокового програмування, запропонована система дозволяє досліднику експериментувати з різними алгоритмами планування без необхідності глибокого втручання у низькорівневу реалізацію. Завдяки модульній архітектурі дослідник може реалізувати власний алгоритм планування як окремий модуль і підключити його до системи. Це дозволяє проводити порівняльний аналіз різних підходів у однакових умовах, що є важливим для отримання об'єктивних результатів.

Система може бути використана для дослідження ефективності різних стратегій планування, включаючи класичні алгоритми, такі як FIFO або пріоритетне планування, а також сучасні підходи, засновані на машинному навчанні або метаевристичних методах.

Крім того, розроблений планувальник може використовуватися для моделювання різних сценаріїв навантаження та аналізу їх впливу на продуктивність системи. Це дозволяє досліджувати поведінку алгоритмів у реальних умовах.

Таким чином, запропонована система виступає не лише як інструмент виконання задач, але і як експериментальна платформа для дослідження нових підходів до планування у багатопотокових системах.

Перспективним напрямом подальших досліджень є інтеграція адаптивних алгоритмів планування, які здатні динамічно змінювати свою поведінку залежно від стану системи.

Список літератури

1. Andrushko A., Markelov O. Creating multithreaded programs in C++. *Computer Systems and Development,* 2023, v.5, №1, p. 19–27. DOI: https://doi.org/10.23939/cds2023.01.019.

2. Волк М.О., Єрохін Б.О. Вибір технологічного стеку розробки приватної хмарної системи паралельного збору та обробки інформації. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. No 1(84), 2023 с. 134-139. DOI: https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2023.1.18

3. Kozina O, Machado J, Volk M., Heiko H, Panchenko V, Kozin M, Ivanova M. Opportunities for Adapting Data Write Latency in Geo-Distributed Replicas of Multicloud Systems. *Future Internet.* 2025; 17(10):442. DOI: https://doi.org/10.3390/fi17100442

МЕТОДИ АДАПТИВНОГО РОЗПОДІЛЕННЯ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ ЗАДАЧ У ГЕТЕРОГЕННИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ

Волк М.О., Бугрій А.М., Ковтун Є.І., Брестовицький Р.М.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Стрімкий розвиток інформаційних технологій, хмарних обчислень, систем Інтернету речей та високопродуктивних обчислювальних середовищ призводить до істотного ускладнення задач управління обчислювальними ресурсами. Сучасні обчислювальні інфраструктури характеризуються високим рівнем гетерогенності, що проявляється у відмінностях апаратних характеристик вузлів, пропускної здатності каналів зв'язку, обсягів пам'яті та обчислювальної потужності [1]. Однією з ключових задач у таких системах є задача розподілення обчислювальних задач між доступними ресурсами з метою забезпечення ефективного використання інфраструктури, мінімізації часу виконання та підтримання заданого рівня якості обслуговування (QoS) [2,3]. У загальному випадку ця задача належить до класу NP-складних задач оптимізації, що значно ускладнює її розв'язання в умовах реального часу.

У зв'язку з цим актуальним є розроблення нових моделей та методів, здатних забезпечити адаптивне, багатокритеріальне та ефективне управління процесом розподілення навантаження в гетерогенних середовищах. Проблема балансування навантаження та планування задач активно досліджується в сучасній науковій літературі. Згідно з систематичними оглядами, існуючі підходи до розподілення задач у хмарних та розподілених системах можна класифікувати на кілька основних груп: традиційні алгоритми, евристичні, метаевристичні, алгоритми на основі машинного навчання та гібридні методи.

Традиційні алгоритми (Round Robin, Min-Min, Max-Min) характеризуються низькою обчислювальною складністю, проте не здатні ефективно враховувати динаміку навантаження та гетерогенність ресурсів. У сучасних умовах вони демонструють недостатню ефективність через високий рівень варіативності задач та ресурсів [3]. Евристичні та метаевристичні підходи (генетичні алгоритми, PSO, ACO) дозволяють знаходити наближено оптимальні рішення, однак часто супроводжуються значними обчислювальними витратами та нестабільністю результатів . Вони є більш придатними для офлайн-оптимізації, ніж для систем реального часу.

Останнім часом активно розвиваються методи на основі машинного навчання та підкріплювального навчання, які дозволяють адаптуватися до змін середовища . Проте такі підходи потребують значних обсягів навчальних даних і складної інфраструктури. Особливу увагу приділено гібридним методам, які поєднують декілька підходів і демонструють найкращі результати.

Саме гібридизація вважається одним із ключових напрямів розвитку методів балансування навантаження [4,5].

Таким чином, виникає науково-прикладна проблема розроблення методів розподілення обчислювальних задач, який забезпечує збалансованість між

локальною точністю та глобальною оптимальністю рішень в умовах динамічних гетерогенних систем.

Метою роботи є підвищення ефективності розподілення обчислювальних задач у гетерогенних комп'ютерних системах за рахунок розроблення адаптивного гібридного методу, що поєднує локальні та глобальні механізми оптимізації.

Запропоновано метод AHH-RMM (Adaptive Hybrid Heuristic Resource Management Method), який базується на поєднанні локального евристичного пошуку, глобального стохастичного пошуку та механізму адаптивного керування. Метод використовує комбіновану функцію оцінювання, яка враховує завантаження вузлів, затримку виконання задач, витрати на міграцію та показники QoS.

Ключовою особливістю методу є динамічне регулювання інтенсивності локального та глобального пошуку залежно від стану системи.

Для оцінювання ефективності методу проведено моделювання у гетерогенному середовищі з різними сценаріями навантаження. Результати показали зменшення кількості перевантажень, зниження середньої затримки, зменшення кількості міграцій, підвищення стабільності QoS і покращення використання ресурсів.

У порівнянні з базовими методами (Round Robin, порогові, жадібні алгоритми) запропонований метод демонструє суттєву перевагу в усіх сценаріях.

Список літератури

1. Bano F, Ahmad F, Shahid M, Alam M, Hasan F, Sajid M. A Levelized Multiple Workflow Heterogeneous Earliest Finish Time Allocation Model for Infrastructure as a Service (IaaS) Cloud Environment. *Algorithms.* 2025. 18(2):99. https://doi.org/10.3390/a18020099

2. Mamchych O., Volk M. A unified model and method for forecasting energy consumption in distributed computing systems based on stationary and mobile devices. *Radioelectronic and Computer Systems.* [S.l.], v. 2024, n. 2. p. 120-135. DOI: https://doi.org/10.32620/reks.2024.2.10

3. Senthilkumar G., Anandamurugan S. Energy and time-aware scheduling in diverse virtualized cloud computing environments using optimized self-attention progressive generative adversarial network. *Network: Computation in Neural Systems.* 2025. vol. 36. no. 2. p. 274–293. DOI: https://doi.org/10.1080/0954898X.2024.2391401

4. Волк М.О., Курочкін В. С., Запорожченко А.П., Паронікян П.А. Гібридний метод розподілу ресурсів в хмарних системах. *Системи управління, навігації та зв'язку.* 2025. випуск 2(76). с. 70-83. DOI: https://doi.org/10.26906/SUNZ.2024.2.070

5. Бугрій А.М., Ковтун Є.І., Головенець М.І., Кожухар Д.Д., Волк Д.М. Методи планування завдань у системах хмарних обчислень. *Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління. Матеріали тринадцятої міжнародної науково-технічної конференції* – Баку – Харків –Жиліна. 24-25 квітня 2025. Том 2. – С.7. DOI: https://doi.org/10.32620/ICT.25.t2

ПРОЄКТУВАННЯ ЗАХИЩЕНОЇ МУЛЬТИСЕРВІСНОЇ КОРПОРАТИВНОЇ МЕРЕЖІ ТЕРИТОРІАЛЬНО-РОЗПОДІЛЕНОГО ПІДПРИЄМСТВА ЗАСОБАМИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Масалов М.В., Пивоварова Д.І.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

У сучасних умовах цифровізації бізнесу територіально-розподілені підприємства потребують надійної інфраструктури для обміну даними та мультимедійним трафіком між центральним офісом (Київ) та регіональними філіями (Харків, Мюнхен). Впровадження таких систем без попереднього моделювання несе високі фінансові ризики, що зумовлює актуальність використання середовищ імітаційного моделювання для верифікації архітектурних рішень.

Метою роботи є розробка та дослідження моделі захищеної мультисервісної мережі з використанням інструментарію Cisco Packet Tracer, що забезпечує інтеграцію віддалених підрозділів та мобільних користувачів у єдиний інформаційний простір.

Проєктована мережа базується на трирівневій ієрархічній моделі Cisco. На рівні ядра та розподілу впроваджено механізми відмовостійкості HSRP (Hot Standby Router Protocol) для резервування шлюзів та EtherChannel для агрегації каналів зв'язку. Логічна структура мережі побудована на використанні VLAN для ізоляції трафіку відділів (IT, HR, Sales), а розподіл адресного простору реалізовано за технологією VLSM, що забезпечує ефективне використання IP-ресурсів.

Особливістю проєкту є створення мультисервісного середовища з підтримкою VoIP. Для забезпечення високої якості зв'язку реалізовано:

Виділені Voice VLAN для відокремлення голосового трафіку від даних.

Налаштування Dial-Peers для маршрутизації дзвінків між офісами в Києві, Харкові та Мюнхені.

Механізми QoS (пріоритезація трафіку), що гарантують відсутність затримок звуку при пікових навантаженнях на канали зв'язку.

Безпека передачі даних через публічні мережі реалізована за допомогою побудови захищених тунелів Site-to-Site IPsec VPN між граничними маршрутизаторами філій. Для віддалених працівників (Remote users) передбачено доступ через Remote Access VPN, що дозволяє безпечно підключатися до внутрішніх серверів компанії (DNS, Mail) у зоні DMZ. Захист на рівні доступу забезпечується технологією Port Security та розширеними списками контролю доступу (Extended ACL).

Динамічна маршрутизація в межах корпоративної мережі базується на протоколі OSPF, що забезпечує швидку збіжність мережі та автоматичне перенаправлення трафіку у разі обриву магістральних каналів. У результаті застосування імітаційного моделювання дозволило підтвердити ефективність обраної архітектури та коректність налаштувань мережевих сервісів (NAT, DHCP, VoIP). Розроблена модель демонструє високу відмовостійкість та

готовність до масштабування, забезпечуючи при цьому захищений обмін інформацією між територіально-розподіленими підрозділами підприємства.

Список літератури

1. Горященко К. Огляд систем імітаційного моделювання телекомунікаційних мереж / К.Горященко, М.Доротюк // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2014. – № 5. – С. 115–118 [Електронний ресурс]. Доступно за посиланням: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=Vchnu_tekh_2014_5_25

2. Буров Є. В. Комп'ютерні мережі : підручник. Львів : Магнолія 2006, 2019. 262 с. Доступно за посиланням: http://194.44.152.155/elib/local/sk/sk629495.pdf

3. Комп'ютерні системи та мережі : науковий журнал / Національний університет «Львівська політехніка». – Львів, 2023. – № 15.

4. José Craveirinha, João Clímaco, R. Girão-Silva, and M. Pascoal, “Multiobjective Path Problems and Algorithms in Telecommunication Network Design—Overview and Trends,” Algorithms, vol. 17, no. 6, pp. 222– 222, May 2024, https://www.mdpi.com/1999-4893/17/6/222

РОЗРОБКА АВТОНОМНОЇ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПАНЕЛІ НА БАЗІ МІКРОКОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ARM ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО ДИСПЛЕЯ

Постельник А.С., Пивоварова Д.І.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Мікрокомп’ютерні системи відіграють важливу роль у створенні розгалужених енергонезалежних систем. Традиційні екрани, такі як OLED або LCD, потребують постійного живлення для підтримки зображення, що суттєво обмежує автономність портативних пристроїв [4]. Використання технології e-Ink (електронного чорнила) у поєднанні з мікрокомп’ютерними системами на базі архітектури ARM дозволяє створити інформаційну панель, здатну працювати тижнями без підключення до стаціонарної мережі живлення. Архітектура ARM, завдяки своїй модульній структурі та підтримці гнучких режимів енергозбереження, забезпечує необхідний баланс між обчислювальною потужністю та загальними енерговитратами [1].

Метою доповіді є проєктування та реалізація прототипу автономного пристрою для візуалізації динамічних даних (погода, новини, графіки споживання ресурсів, розклад, електронні книги) з радикальною мінімізацією енерговитрат у режимі очікування.

В доповіді наводяться результати розробки та тестування апаратно-програмного комплексу на базі мікрокомп’ютера Raspberry Pi Zero 2 W у зв'язці з 7,5-дюймовим дисплеєм Waveshare e-Paper (роздільна здатність 800x480).

Апаратна конфігурація системи має наступні ключові особливості.

Raspberry Pi Zero 2 W базується на 64-бітному 4-ядерному процесорі Arm Cortex-A53 з тактовою частотою 1 ГГц. Завдяки архітектурі System-in-Package (SiP) RP3A0, модуль забезпечує значний приріст продуктивності (до п'яти разів у багатопотокових завданнях порівняно з першим поколінням) при збереженні базової напруги живлення 5V та низького тепловиділення [2]. Це дозволяє швидко обробляти мережеві дані через вбудований Wi-Fi модуль (2.4GHz 802.11 b/g/n) і переходити в режим очікування.

Головною перевагою дисплея Waveshare є нульове енергоспоживання при відображенні статичної картинки. Енергія витрачається виключно на оновлення екрана (робоча потужність становить 26,4 мВт, час оновлення — 2,1 с). У режимі очікування струм споживання (Standby Current) падає до позначки менше 0,01 мкА [3].

Завдяки тому, що живлення дисплея можна не враховувати у статичному режимі, така система здатна тривалий час функціонувати від звичайного портативного акумулятора зі стандартними параметрами 5V/2A.

Для рендерингу інтерфейсу було використано офіційні C/Python бібліотеки від виробника дисплея. Програмна архітектура побудована навколо основного скрипта-диспетчера, який ініціалізується під час старту ОС. Він відповідає за запуск фонових програм та керування їхніми налаштуваннями. Під час активації конкретної програми диспетчер передає їй монопольне керування дисплеєм. Такий підхід забезпечує безшовний та зручний користувацький досвід при взаємодії з пристроєм.

Таким чином розроблена архітектура програмного забезпечення з використанням скрипта-диспетчера забезпечує гнучкість налаштувань та можливість масштабування функціоналу (відображення погодних даних, новин, графіків тощо). Отримані результати можуть бути використані при розробці промислових систем моніторингу, розумних табличок та персональних пристроїв для читання з підвищеною автономністю.

Список літератури

1. Furber, S. (2000). ARM System-on-Chip Architecture. https://books.google.co.uk/books?hl=en&lr=&id=J_Fu_YTVD9gC&oi=fnd&pg=PR3&dq=Furber,+S.+(2020).+ARM+System-on-Chip+Architecture.+Pearson+Education&ots=DoGLd3YAns&sig=1WN3i-B3_Mt2M6RyoOyvXGqhu9o#v=onepage&q&f=false

2. Raspberry Pi Ltd. (2021). Raspberry Pi Zero 2 W Product Brief. Отримано з технічної документації Raspberry Pi. https://pip-assets.raspberrypi.com/categories/584-raspberry-pi-zero-2-w/documents/ RP-008359-DS-1-raspberry-pi-zero-2-w-product-brief.pdf?disposition=inline

3. Waveshare. (2023). 7.5inch e-Paper HAT Manual. Отримано з офіційної Wiki-документації виробника https://www.waveshare.com/wiki/7.5inch_e-Paper_HAT_Manual

4. Singh, G., & Kumar, A. (2023). E-Ink: Revolution of Displays. International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology (IJRASET), 11(6), 1452-1458. https://doi.org/10.22214/ijraset.2023.53940

АНАЛІЗ ВРАЗЛИВОСТЕЙ ПРОТОКОЛІВ МАРШРУТИЗАЦІЇ FANET В УМОВАХ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ ПРОТИДІЇ

Волк М.О., Самойлов І.А.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) суттєво розширює можливості сучасних інформаційно-комунікаційних систем, зокрема у військовій сфері. БПЛА забезпечують оперативний збір даних, підвищення ситуаційної обізнаності та ефективність прийняття рішень у реальному часі. Застосування великої кількості БПЛА природно спонукає поєднати наявні ресурси у мережу для поліпшення умов їх застосування. Однією з наявних технологій можна вважати *FANET* (*Flying Ad Hoc Network*), яка забезпечує децентралізований зв'язок між вузлами мережі. Проте як і більшість, згадана технологія має низку вразливостей та проблем, що не дозволяють використовувати її потенціал на повну.

До найвідоміших проблем можна віднести забезпечення комунікаційної стійкості та інформаційної безпеки в умовах інтенсивного впливу радіоелектронної боротьби противника.

У своїй статті В. Слюсар звертає увагу, що останнім часом з'явилась велика кількість публікацій, які стосуються як окремих технічних аспектів постановки перешкод, так і загальних питань використання БПЛА як бойових систем. Автор зазначає, що основна увага приділяється методам організації польотних завдань, адаптивному керуванню та забезпеченню стійкості до зовнішніх загроз, зокрема кібератак та радіоелектронних перешкод. Також, посилаючись на інших дослідників, автор стверджує, що сьогодні бойові системи вимушені працювати у складному електромагнітному середовищі, а традиційні алгоритми координації мають низьку адаптивність [1].

Як зазначає Р. Бєляков, процес управління мережею є складним багатопараметричним завданням, що вимагає узгодження алгоритмів маршрутизації з фізичними параметрами радіоканалу [2].

Сучасні методи вдосконалення маршрутної взаємодії в мережах *FANET* в своїй більшості намагаються використовувати популярні технології, такі як впровадження алгоритму блокчейн чи машинне навчання. Але існують також альтернативні підходи до вирішення цієї проблеми. Наприклад, Д. Шпорт у своїй публікації пропонує використовувати принцип роботи мурашиних колоній та так званий феромонний слід [3]. Проте автор не звертає увагу на електронну протидію та будь-які види кібератак. Водночас у статті [4] колектив авторів пропонує обходити зони перешкод, але зовсім не згадується питання безпеки та спроб хакерських атак.

Задля протидії кібератакам та захисту від впливу скомпрометованих дронів зазвичай використовують *trust-based* протоколи. *S. Benfriha* у своїй публікації зазначає, що сьогодні існує дуже широкий спектр протоколів, побудованих за різними принципами: від математичних алгоритмів до протоколів, побудованих на базі машинного навчання [5]. Але більшість існуючих алгоритмів не відрізняє

цілеспрямовану атаку від електронної протидії. Якщо звернути увагу на публікацію *S. Gupta* та застосувати сучасні алгоритми у зоні протидії засобів радіоелектронної боротьби, то ми отримаємо не найкращий результат [6]. Алгоритм інтерпретує втрату пакетів через перешкоди як зловмисний вплив ззовні та обмежить доступ вузлу, який не знаходиться під атакою.

З огляду на це, **метою доповіді** є визначення вимог до побудови стійких *trust-based* протоколів у мережах *FANET* для умов інтенсивної радіоелектронної протидії.

В доповіді наголошується, що для уникнення ситуації помилкового обмеження доступу, алгоритм повинен вміти чітко відрізняти навмисну атаку від дії РЕБ. Задля цього він повинен не тільки звертати увагу на втрату пакетів, але й аналізувати якість фізичного сигналу, враховуючи показники *SNR* та *RSSI*. Також через питання надійності слід звернути увагу на реалізацію такого алгоритму засобами безпечно-орієнтованих мов програмування, таких як *Rust*, задля виключення векторів атак класу *Memory Corruption*, що є критично важливим для пристроїв військового призначення.

Важливим аспектом є також інтеграція механізмів адаптивної маршрутизації, здатних динамічно змінювати шляхи передавання даних залежно від поточного стану мережі. Запропонований підхід дозволяє підвищити достовірність оцінювання довіри до вузлів та зменшити ймовірність помилкових рішень щодо їх ізоляції. У результаті очікується підвищення загальної стійкості та живучості мереж FANET в умовах комплексного впливу кіберзагроз і радіоелектронної протидії.

Список літератури

1. Slyusar V., Kozlov V., Pochernin S., Nalapko I. Conceptual foundations of the swarm employment of unmanned aerial vehicles as intelligent means of electronic warfare. Information and control systems. 2025. DOI: 10.15587/2706-5448.2025.329989.

2. Бєляков Р. О. Проблема інтеграції повітряної мережі класу FANET в мобільну комунікаційну мережу спеціального призначення. Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. 2023. Вип. 53. С. 263–268. DOI: 10.36910/6775-2524-0560-2023-53-40.

3. Шпорт Д. В., Лаврінець К. Г. Експериментальна оцінка можливості використання алгоритму мурашиної колонії. Зв'язок. 2024. № 6. С. 53–63. DOI: 10.31673/2412-9070.2024.060501.

4. Liu J., Gong P., Yang H., Li S., Gao X. Cross-Layer Optimized OLSR Protocol for FANETs in Interference-Intensive Environments. Drones. 2025. Vol. 9, Iss. 11. Art. 778 (20 p.). DOI: 10.3390/drones9110778.

5. Benfriha S., Labraoui N., Bany Salameh H., Saidi H. A Survey on Trust Management in Flying Ad Hoc Networks: Challenges, Classifications, and Analysis. 2023 Tenth International Conference on Software Defined Systems (SDS), San Antonio, TX, USA, 23-25 Oct. 2023. IEEE, 2023. DOI: 10.1109/SDS59856.2023.10329156.

6. Gupta S., Gupta D. Threat Defensive Intelligent Trust Framework for Secure FANET Clustering. International Journal of Innovative Research in Computer Science and Technology (IJIRCST). 2026. Vol. 14, Iss. 2. P. 1–8. DOI: 10.55524/ijircst.2026.14.2.1.

АНАЛІЗ ЛЕГКОВАГИХ АРХІТЕКТУР ЗГОРТКОВИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ЗАДАЧ ДЕТЕКЦІЇ ОБ'ЄКТІВ У ВІДЕОПОТОКАХ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ

Нечипуренко С.І., Сорокін А.Р.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Зростання кількості відеокамер спостереження та IoT-пристроїв формує потребу в ефективних методах детекції об'єктів, що здатні працювати в реальному часі на пристроях з обмеженими обчислювальними ресурсами. Розгортання класичних глибоких моделей на edge-пристроях ускладнюється значними вимогами до обсягу пам'яті, обчислювальної потужності та енергоспоживання [1]. Це зумовлює актуальність дослідження легковагих архітектур згорткових нейронних мереж (CNN), спеціально спроєктованих для досягнення балансу між точністю детекції та швидкодією інференсу.

Метою роботи є порівняльний аналіз сучасних легковагих архітектур CNN для задач детекції об'єктів у відеопотоках реального часу та визначення найбільш перспективних напрямків їх адаптації для edge-платформ.

Серед легковагих базових мереж ключове місце займає сімейство MobileNet. У роботі [2] запропоновано використання розділених по глибині згорток (depthwise separable convolutions), що суттєво зменшує кількість параметрів порівняно зі стандартними згортками. Розвитком цього підходу стала архітектура MobileNetV2 [3], де введено інвертовані залишкові блоки з лінійними вузькими місцями, що покращило точність при збереженні низької обчислювальної складності. Альтернативну стратегію реалізовано в EfficientNet [4], де збалансоване масштабування глибини, ширини та роздільної здатності мережі дозволяє досягти вищої точності, проте з більшим обсягом обчислень.

У контексті одноетапних детекторів архітектура SSD [5] запропонувала використання багатомасштабних карт ознак для детекції об'єктів різного розміру в єдиному прямому проході мережі. Сучасні версії сімейства YOLO, зокрема YOLOv7 [6], інтегрують ефективну агрегацію шарів та допоміжні головки детекції, що забезпечує значне підвищення точності без пропорційного зростання обчислювальної складності. На основі проведеного аналізу можна зробити наступні висновки. Жодна з розглянутих архітектур не забезпечує одночасно найвищу точність та найнижчу латентність - вибір завжди є компромісом, який залежить від конкретної апаратної платформи та прикладної задачі.

Архітектури на основі depthwise separable згорток (MobileNetV2) дають найменшу кількість операцій, проте поступаються за точністю моделям з compound scaling (EfficientNet). Одноетапні детектори (SSD, YOLOv7-tiny) забезпечують обробку в реальному часі, однак їхня ефективність на edge-пристроях суттєво залежить від вибору backbone та роздільної здатності вхідного зображення. Важливим спостереженням є те, що самі по собі легковагі архітектури часто не забезпечують достатньої швидкодії для

цільових edge-платформ, тому перспективним напрямком є поєднання архітектурних рішень із методами постнавчальної компресії - структурним прунінгом та квантизацією, у єдиному конвеєрі оптимізації.

Список літератури

1. Shi W., Cao J., Zhang Q., Li Y., Xu L. Edge Computing: Vision and Challenges. *IEEE Internet of Things Journal*. 2016. Т. 3, № 5. DOI: https://doi.org/10.1109/JIOT.2016.2579198
2. Howard A.G., Zhu M., Chen B., Kalenichenko D., Wang W., Weyand T., Andreetto M., Adam H. MobileNets: Efficient Convolutional Neural Networks for Mobile Vision Applications. *arXiv preprint*. 2017. DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.1704.04861
3. Sandler M., Howard A., Zhu M., Zhmoginov A., Chen L.-C. MobileNetV2: Inverted Residuals and Linear Bottlenecks. *CVPR*. 2018. DOI: https://doi.org/10.1109/CVPR.2018.00474
4. Tan M., Le Q.V. EfficientNet: Rethinking Model Scaling for Convolutional Neural Networks. *ICML*. 2019. DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.1905.11946
5. Liu W., Anguelov D., Erhan D., Szegedy C., Reed S., Fu C.-Y., Berg A.C. SSD: Single Shot MultiBox Detector. *ECCV*. 2016. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-46448-0_2
6. Wang C.-Y., Bochkovskiy A., Liao H.-Y.M. YOLOv7: Trainable Bag-of-Freebies Sets New State-of-the-Art for Real-Time Object Detectors. *CVPR*. 2023. DOI: https://doi.org/10.1109/CVPR52729.2023.00721

МЕТОДИ РОЗПІЗНАВАННЯ ДОРОЖНЬОЇ РОЗМІТКИ ТА ДОРОЖНІХ ЗНАКІВ

Сегодін А.В., Сорокін А.Р.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Розвиток інформаційних технологій сприяє автоматизації та оптимізації процесів у різних галузях. Цей розвиток не міг не вплинути на автомобільну галузь. Згідно зі статистикою Світової Організації Охорони Здоров'я на 2018 рік, кожні 24 секунди в світі помирає одна людина через автокатастрофу. Це близько одного мільйона триста тисяч людей на рік і це є найбільший фактор смертності для людей у віці від 5 до 29 років у світі [1].

Одним з найбільш пріоритетних напрямків у автомобільній галузі є системи розпізнавання дорожньої розмітки та знаків, які все більше використовуються в системах ADAS та автомобілях, що керуються за допомогою автоматизованого програмного забезпечення. Такі системи допомагають водію ефективніше та безпечніше керувати автомобілем в різних погодних умовах, підвищують безпеку, а також зменшують шанс ДТП.

Метою доповіді є дослідження методів обробки та аналізу зображень і розробка комп'ютерної системи розпізнавання дорожньої розмітки та знаків.

На сьогодні для розв'язання цієї задачі найбільш актуальними є два основні підходи: класичні методи комп'ютерного зору та методи машинного навчання. Класичний комп'ютерний зір базується на аналізі кольору, яскравості, контурів,

границь та геометричних форм об’єктів на зображенні. Його перевагами є відносна простота реалізації, невисокі вимоги до обчислювальних ресурсів та можливість контролювати кожен етап обробки кадру. Водночас такі методи є чутливими до освітлення, погодних умов, стану дорожнього покриття та загальної складності сцени. Методи машинного навчання, зокрема нейромережеві моделі сегментації та детекції, краще адаптуються до складних реальних умов, однак потребують навчальних вибірок, більших обчислювальних ресурсів та окремого етапу навчання моделі.

У межах дослідження класичного підходу для розпізнавання дорожньої розмітки було використано набір базових алгоритмів комп’ютерного зору. Одним із ключових етапів є виявлення границь за допомогою алгоритму Canny, який дозволяє виділити різкі переходи яскравості на зображенні та сформувати карту контурів [2].

Для додаткової фільтрації кандидатів за напрямком використовується оператор Собеля, що дозволяє оцінити градієнт яскравості та виділити межі, близькі до вертикальних елементів дорожньої розмітки [3].

Після цього для пошуку лінійних структур застосовується перетворення Гафа, яке дозволяє виявити лінії в межах області інтересу кадру [4]. Комбіноване використання цих алгоритмів разом із попереднім розмиттям, кольоровими масками та ROI дає змогу виділяти смуги руху та виконувати базову класифікацію їх типу. Для розпізнавання дорожніх знаків у межах класичного підходу додатково використовуються кольорова сегментація, пошук контурів та аналіз геометричної форми об’єкта.

Рисунок 1 – Поетапна обробка кадру при розпізнаванні дорожньої розмітки засобами OpenCV

Проведене тестування показало, що підхід на основі класичних методів комп’ютерного зору є придатним для побудови дослідницького прототипу системи розпізнавання дорожньої інфраструктури. У контрольованих умовах система коректно визначає дорожню розмітку та окремі дорожні знаки.

Водночас при погіршенні освітлення, низькому контрасті, частковій зношеності розмітки або у складних сценах точність знижується. У подібних випадках система часто повертає невизначений результат, що є більш доцільним з точки зору безпеки, ніж формування хибного спрацьовування.

Іншим актуальним напрямом є застосування методів машинного навчання та глибокого навчання для розпізнавання дорожньої розмітки та знаків. На відміну від класичних алгоритмів, такі підходи не спираються лише на жорстко задані правила пошуку границь, кольорів чи геометричних форм, а навчаються виявляти характерні ознаки безпосередньо з даних. Для задачі розпізнавання дорожньої розмітки доцільним є використання моделей сегментації [5], які формують піксельну маску смуги руху на зображенні. Для задачі розпізнавання дорожніх знаків застосовуються моделі детекції та класифікації об'єктів [6], здатні визначати положення знака в кадрі та його тип. Основною перевагою ML-підходу є вища стійкість до складних реальних умов: змін освітлення, шуму, викривлень перспективи, часткових перекриттів та складного фону. Водночас такі моделі потребують підготовлених наборів даних, обчислювальних ресурсів для навчання та окремої процедури оцінювання якості.

Порівняння класичного підходу комп'ютерного зору та ML-підходу показує, що вони мають різні сильні сторони. Методи OpenCV є простішими в реалізації, інтерпретованими та зручними для швидкого створення прототипу, однак їх стабільність суттєво залежить від умов зйомки та коректності ручного налаштування параметрів.

Натомість моделі машинного навчання демонструють вищу адаптивність до складних дорожніх сцен і здатні краще узагальнювати варіативність реальних даних, але вимагають навчальних вибірок, тривалого навчання та більших апаратних ресурсів.

Отже, класичні методи доцільно розглядати як швидкий та прозорий інструмент побудови базового прототипу, тоді як ML-підхід є більш перспективним для подальшого підвищення точності та стійкості системи в реальних умовах експлуатації.

Рисунок 2 – Порівняння результатів розпізнавання дорожньої розмітки класичним підходом OpenCV та ML-моделлю

Список літератури

1. World Health Organization. *Global status report on road safety 2018*. Geneva : World Health Organization, 2018. URL: https://cdn.who.int/media/docs/default-source/searo/india/health-topic-pdf/global-status-report-on-road-safety-2018.pdf#page=9
2. Canny J. *A Computational Approach to Edge Detection*. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 1986. Vol. 8, No. 6. P. 679–698. DOI: 10.1109/TPAMI.1986.4767851. URL: https://doi.org/10.1109/TPAMI.1986.4767851
3. Sobel I., Feldman G. *A 3x3 Isotropic Gradient Operator for Image Processing*. Stanford Artificial Intelligence Project, 1968. URL: https://www.researchgate.net/publication/281104656_An_Isotropic_3x3_Image_Gradient_Operator
4. Duda R. O., Hart P. E. *Use of the Hough Transformation to Detect Lines and Curves in Pictures*. *Communications of the ACM*. 1972. Vol. 15, No. 1. P. 11–15. DOI: 10.1145/361237.361242. URL: https://doi.org/10.1145/361237.361242
5. Zhang Y., Lu Z., Zhang X., Xue J.-H., Liao Q. *Deep Learning in Lane Marking Detection: A Survey*. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. 2022. Vol. 23, No. 7. P. 5976–5992. DOI: 10.1109/TITS.2021.3070111. URL: https://doi.org/10.1109/TITS.2021.3070111
6. Wali S. B., Hannan M. A., Hussain A., Samad S. A. *Comparative Survey on Traffic Sign Detection and Recognition: a Review*. 2015. Vol. 91, No. 12. P. 40–44. DOI: 10.15199/48.2015.12.08. URL: https://doi.org/10.15199/48.2015.12.08

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВІДКРИТИХ ПРОШИВОК QMK, ZMK ТА RMK ДЛЯ ПОБУДОВИ ІНКЛЮЗИВНИХ СИСТЕМ ВВОДУ ДАНИХ

Бродський Р.О., Федорченко В.М.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Сучасна парадигма людино-машинної взаємодії (HCI) зміщується від уніфікованих рішень до систем, що базуються на принципах інклюзивного проектування. Забезпечення порівнянного досвіду (comparable experience), де якість та швидкість взаємодії є еквівалентними незалежно від фізичних обмежень користувача, потребує гнучкого вбудованого програмного забезпечення [1]. Центральною ланкою у реалізації асистивних технологій є мікроконтролерні пристрої вводу, прошивка яких визначає функціональні можливості пристрою.

Метою доповіді є порівняльний аналіз архітектур трьох відкритих прошивок – QMK, ZMK та RMK – для виявлення найбільш перспективних рішень у проектуванні інклюзивних пристроїв вводу.

QMK (Quantum Mechanical Keyboard) є де-факто стандартом галузі для дротових пристроїв. Прошивка побудована на монолітній архітектурі мовами C/C++, що ускладнює впровадження складних мережевих функцій та енергоефективних режимів.

Водночас QMK забезпечує надзвичайну зрілість кодової бази та підтримку макросів «swap hands» для одноручного вводу [2].

ZMK Firmware базується на Zephyr RTOS та орієнтована на бездротові розділені (split) клавіатури. Ключовою перевагою є модульна архітектура з ізоляцією пам'яті через MPU (Memory Protection Unit), що забезпечує стабільність пристрою навіть при збої окремих модулів [3]. У контексті інклюзивності важливою є реалізація дзеркальних шарів (mirroring layers), яка дозволяє здійснювати повноцінний ввід однією рукою для осіб із геміплегією.

RMK (Rust Mechanical Keyboard) побудована на мові Rust із використанням асинхронного фреймворку Embassy. Ключова характеристика – гарантована безпека пам'яті, що виключає цілий клас дефектів, критичних для медичних та асистивних пристроїв [4]. Завдяки функції async_matrix латентність становить 2 мс (дротове з'єднання) та 10 мс (BLE), а підтримка мікроконтролерів STM32, nRF52, ESP32, RP2040 забезпечує широкі можливості для апаратної реалізації.

Порівняльний аналіз операційних систем реального часу показує, що Zephyr RTOS має суттєві переваги перед FreeRTOS для складних асистивних пристроїв: уніфікована драйверна модель (Devicetree/HAL), вбудована ізоляція стеків та механізм планування з дедлайнами запобігають витісненню критичних завдань вводу [5].

RIOT OS доповнює цей ландшафт підтримкою 8/16-бітних платформ та стандартизованих таблиць USB HID Usage Page 0x12 (Eye and Head Trackers) [6].

Таким чином, для проектування складних інклюзивних систем пріоритетними є Zephyr RTOS та ZMK завдяки модульності та ізоляції пам'яті. Використання RMK на базі Rust є найбільш перспективним вектором для медичних пристроїв, де критично важливою є відсутність дефектів керування пам'яттю. Впровадження функцій нативного дзеркального відображення фізичної матриці має стати галузевим стандартом для забезпечення одноручного вводу.

Список літератури

1. Swan H. Guide to the Inclusive Design Principles. TetraLogical, 2025. URL: https://tetralogical.com/blog/2025/10/07/guide-to-inclusive-design-principles/ (date of access: 10.04.2026).

2. QMK Firmware Documentation. URL: https://docs.qmk.fm/ (date of access: 10.04.2026).

3. ZMK Firmware. Feature request: swap hands for split keyboards. GitHub Issue #1526. URL: https://github.com/zmkfirmware/zmk/issues/1526 (date of access: 10.04.2026).

4. HaoboGu. RMK: Rust keyboard firmware library. URL: https://github.com/HaoboGu/rmk (date of access: 10.04.2026).

5. Zephyr Project Documentation. URL: https://docs.zephyrproject.org/ (date of access: 10.04.2026).

6. RIOT OS Documentation. RIOT in a nutshell. URL: https://doc.riot-os.org/ (date of access: 10.04.2026)

КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ТРЕНУВАНЬ

Задорожний А.О., Іващенко Г.С.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

У сучасному суспільстві зростає потреба у підтримці фізичної активності, що супроводжується збільшенням кількості та популярності програмних засобів для організації спортивних занять [1]. Значна кількість людей прагне досягнення певних показників фізичної форми та контролю маси тіла. У зв'язку з цим виникає необхідність використання інструментів для структурування тренувального процесу, зокрема, фіксації та аналізу результатів, що може позитивно впливати на рівень фізичної активності користувачів [2].

Існують різні підходи до ведення обліку тренувань, такі як використання паперових записників, мобільних нотаток та спеціалізованих програмних засобів. Поширені сучасні застосунки (Hevy, Strong, Finotes) відрізняються функціональними можливостями, що надає користувачам широкий вибір. Проте значна частина таких рішень характеризується перевантаженим інтерфейсом, що ускладнює використання на мобільних пристроях під час тренувань, надмірним функціоналом, зайвим для пересічного користувача, що, до того ж, збільшує плату за використання.

Метою роботи є розробка комп'ютерної системи ведення щоденника тренувань у вигляді вебзастосунку та мобільного програмного засобу. Запропонована система передбачає використання спільної серверної частини, яку використовує як мобільний застосунок з обмеженим функціоналом та спрощеним інтерфейсом користувача, так і вебклієнт, який надає доступ до повного набору функціональних можливостей.

Передбачається використання мобільного застосунку безпосередньо під час тренувального процесу для оперативної фіксації поточних результатів, а вебплатформи для зберігання, перегляду та аналізу даних, включаючи можливість формування власної бібліотеки тренувань.

Такий підхід дозволяє підвищити зручність використання та забезпечити гнучкість у плануванні тренувального процесу, зберігаючи можливості аналізу накопичених даних.

Список літератури

1. Angosto S., García-Fernández J., Grimaldi-Puyana M. A systematic review of intention to use fitness apps (2020–2023). *Humanities and Social Sciences Communications.* 2023. № 10(512). DOI: https://doi.org/10.1057/s41599-023-02011-3

2. Wang J.-W., Zhu Z., Shuling Z., Fan J., Jin Y., Gao Z.-L., Chen W.-D., Li X. Effectiveness of mHealth App-Based Interventions for Increasing Physical Activity and Improving Physical Fitness in Children and Adolescents: Systematic Review and Meta-Analysis. *JMIR mHealth and uHealth.* 2024. № 12. DOI: https://doi.org/10.2196/51478

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПЛАНУВАННЯ ТА ОБЛІКУ ПЕРЕГЛЯДУ МЕДІАКОНТЕНТУ

Кардаш А.Є., Іващенко Г.С.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Завдяки розвитку стрімінгових платформ і онлайн-кінотеатрів, користувачі мають широкий вибір серед медіаконтенту, такого як фільми, серіали та мультфільми [1]. З цим постає актуальна проблема вибору та планування медіаконтенту для перегляду, а також подальший його облік та оцінка. Крім цього, користувачі стикаються з труднощами зберігання інформації про попередні перегляди або формування списку побажань до перегляду. Без використання зручних інструментів для централізованого ведення таких записів, може виникнути проблема втрати даних або їх дублювання, що погіршить користувацький досвід [2].

На сьогоднішній день існує багато інструментів для організації перегляду. Найпростішими є текстові редактори або нотатники, вкладки у браузері, електронні таблиці тощо.

Але у таких рішеннях відсутня єдина структура ведення записів та недостатньо можливостей для зручного управління обліком перегляду. Більш функціональними рішеннями є онлайн-платформи та стрімінгові сервіси, які надають пошук медіаконтенту та пропонують його організацію, але більшість сервісів є платними або мають перевантажений інтерфейс із зайвими функціями та рекламою.

Метою роботи є розробка вебзастосунку для автоматизації планування та обліку перегляду медіаконтенту, який забезпечить централізоване зберігання даних та зручний доступ до них, матиме необхідний функціонал для роботи та управління даними. Програмне рішення реалізоване у вигляді клієнт-серверного застосунку з можливістю ведення облікового запису, здійснювати пошук медіаконтенту, зберігати його до списку та керувати ним. Передбачено додавання оцінок та коментарів до вже переглянутого контенту, ведення повної історії переглянутого. Наявність інтеграції з відритим API бази даних медіаконтенту TMDB (The Movie Database) забезпечує автоматичне отримання та актуалізацію інформації.

Список літератури

1. Madoui M. Online *Streaming* Platforms and Media Consumption: A Descriptive Study of Usage Patterns, Choice Management, Engagement and Binge-Watching. *Journal Afaaq for Sciences*. 2025. Volume 10, Issue 02. P. 596–621. DOI: https://doi.org/10.37167/1677-010-002-036

2. Longo C., Baiyere A. So, What Should I Watch? Choice Overload among SVOD Users. *Proceedings of the XXXII ISPIM Innovation Conference 2021: Innovating Our Common Future*. Lappeenranta University of Technology (LUT Scientific and Expertise Publications), 2021. P. 1–15. ISBN: 9789523354678

АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ПОПЕРЕДНЬОЇ ОБРОБКИ ПРИ КЛАСИФІКАЦІЇ ТОМОГРАФІЧНИХ МЕТОДИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Ващенко К. С., Іващенко Г. С.
Харківський Національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Томографічні медичні зображення, що отримані методом магнітно-резонансної томографії, є одними з найбільш інформативних серед інших різновидів відображень внутрішніх органів людини. Впровадження засобів автоматизації або засобів підтримки прийняття рішень при аналізі медичних зображень є актуальною проблемою, для вирішення якої доцільним є використання засобів обчислювального інтелекту [1]. Найкращі результати в аналізі зображень показують згорткові нейронні мережі CNN (Convolutional neural network) [2], які забезпечують часткову стійкість до змін масштабу, зсувів, поворотів, змін ракурсу та інших викривлень зображення.

Для покращення результатів роботи штучної нейронної мережі вхідні дані зводяться до єдиного формату. Доцільним є використання методів попередньої обробки, що включає такі етапи: позбавлення від шуму; корекція кольорової гами та гістограми зображення; бінаризація; сегментація; пошук значущої частини зображення через пошук найбільшого зовнішнього контуру за методом Сузукі Саторі [3].

Метою роботи є аналіз впливу застосування методів попередньої обробки зображень на ефективність класифікації за допомогою згорткових нейронних мереж на прикладі обробки томографічних медичних зображень. Запропоновано комбінацію методів попередньої обробки, досліджено її використання з моделями класифікації на основі таких архітектур штучних нейронних мереж, як ResNet50, ResNet101, InceptionV3 та MobileNetV2. Для оцінки результатів класифікації використовувалися метрики ефективності моделей, такі як мікро- та макроточність, перехресна ентропія. Проведені експериментальні дослідження показали, що використання запропонованої комбінації методів попередньої обробки та моделі на основі InceptionV3 дозволяє підвищити точність класифікації.

Список літератури

1. Kumar S., Dabas C., Godara S. Classification of Brain MRI Tumor Images: A Hybrid Approach. *Information Technology and Quantitative Management Conference*. 2017. № 122. P. 510–517. DOI: https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.11.400

2. Badza M. M., Barjaktarovic M. C. Classification of Brain Tumors from MRI Images Using a Convolutional Neural Network. *Applied Sciences*. 2020. №10. P. 79–88. DOI: https://doi.org/10.3390/app10061999

3. Shin H-C., Roth H., Gao M., Lu L., Xu Z., Nogues I., Yao J., Mollura D., Ronald M. S. Deep Convolutional Neural Networks for Computer-Aided Detection: CNN Architectures, Dataset Characteristics and Transfer Learning. *IEEE Transactions on Medical Imaging*. 2016. №35(5). P. 1285–1298. DOI: https://doi.org/10.1109/TMI.2016.2528162.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНЖИНІРИНГУ ТРАФІКУ

Бєлих К.В., Скорик Ю.В.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Станом на теперішній час телекомунікаційна галузь розвивається дуже швидкими темпами. Попри те, що приріст абонентської бази операторів зв'язку поступово сповільнюється, обсяги трафіку зростають завдяки впровадженню новітніх технологій та збільшенню частки сервісів, що базуються на IP-рішеннях. У зв'язку з цими змінами оператори активно розширюють спектр послуг, що зумовлює перехід мереж до мультисервісної моделі [1].

Водночас це створює певні обмеження для функціонування телекомунікаційних систем. З'являється потреба дотримання параметрів якості обслуговування (QoS), які для різних типів трафіку можуть суттєво відрізнятися або навіть конфліктувати між собою. Щоб забезпечити одночасне виконання цих вимог, у мережах впроваджуються механізми інжинірингу трафіку, які враховують особливості кожного класу даних і сприяють раціональному розподілу ресурсів мережі [2, 3].

Метою доповіді є дослідження програмних засобів для аналізу та моніторингу мережного трафіку.

В доповіді наводяться результати розгляду таких інструментів: Wireshark, tcpdump і NetFlow Traffic Analyzer, які дозволяють ефективно відстежувати та аналізувати мережні дані.

Функціональні можливості Wireshark багато в чому подібні до tcpdump, проте він має зручний графічний інтерфейс і значно ширші можливості для сортування та фільтрації інформації.

Цей інструмент розпізнає структуру різноманітних мережних протоколів і дає змогу детально аналізувати пакети, відображаючи значення кожного поля на будь-якому рівні.

Tcpdump, у свою чергу, працює в командному рядку та більше орієнтований на базовий аналіз мережі і її конфігурації. NetFlow Traffic Analyzer визначає користувачів і застосунки, що генерують найбільший обсяг трафіку, надає чітке уявлення про використання мережі, а також збирає дані про потоки та подає їх у вигляді наочних графіків і таблиць.

Список літератури

1. Кучернюк П.В. Технології моніторингу та трафік-інжинірингу в телекомунікаційних мережах. Електронне видання. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 257 с.

2. Моніторинг мережі. СніферWireshark [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: http://www.4stud.info/networking/work2.html

3. Tcpdump&libpcap[Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: http://www.tcpdump.org/#documentation

ЗАСТОСУВАННЯ DOCKER ТА JENKINS ДЛЯ СТВОРЕННЯ СЕРЕДОВИЩА РОЗГОРТАННЯ ТА ЗАПУСКУ ЗАСТОСУНКІВ

Котоміна К.В., Колтун Ю.М.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

На сьогоднішній день одними з найпопулярніших інструментів для розробки і розгортання програмних застосунків є платформа контейнеризації Docker і сервер автоматизації з відкритим вихідним кодом Jenkins. Docker автоматизує процеси створення, запуску і управління застосунками в легких контейнерах, які можна переносити між різними системами та інфраструктурами. Для цього він містить все необхідне: код, середовище виконання, системні інструменти, системні бібліотеки та параметри [1]. Тобто розробники більше не замислюються над тим, у якому середовищі функціонуватиме застосунок і чи будуть у цьому середовищі необхідні для тестування опції та залежності. Jenkins являє собою Java-застосунок, який використовується для організації процесів безперервної інтеграції (CI) та безперервної доставки (CD) програмних застосунків. Jenkins надає сотні плагінів, які дозволяють розробникам автоматично збирати, тестувати та розгортати застосунки, значно прискорюючи їх розробку і запуск з мінімальним впливом людського фактору [2].

Таким чином, застосування Jenkins разом з платформою Docker є потужним середовищем розробки застосунків та підвищує ефективність процесів автоматизації їх розгортання, запуску і управління, що є актуальною задачею.

Метою доповіді є опрацювання методики розробки, розгортання і запуску програмного застосунку інструментами Docker та Jenkins. Також для реалізації цього проєкту були застосовані Java-фреймворки для створення масштабованих застосунків із модульною архітектурою та управлінням залежностями, такі як Spring Boot та Spring Data. Для зберігання даних використана об'єктно-реляційна СУБД PostgreSQL, а автоматичною збіркою цього проєкту опікувався Apache Maven.

У доповіді показано, що спочатку треба завантажити image (образ) Jenkins із Docker hub [3]. Після цього запускаємо контейнер за допомогою команди <docker run>, вказавши необхідні опції: порти, назву контейнера та сам образ.

Однак, якщо крім «чистого» Jenkins-оточення потрібно використовувати застосункові програми, тоді треба створити Dockerfile.

Зокрема створення Dockerfile дозволило автоматично завантажити плагіни Jenkins для нашого застосунку. Для цього у кореневій папці, в якій розташований Dockerfile, був створений файл plugins.txt, у якому описуються всі необхідні плагіни у форматі <назва плагіну>:<версія>. Команди, які потрібно застосуни до Dockerfile, наступні:

COPY/plugins.txt/usr/share/jenkins/ref/plugins.txt

RUN/usr/local/bin/install-plugins.sh</usr/share/jenkins/ref/plugins.txt

Далі потрібно створити Docker-образ Tomcat і PostgreSQL для розгортання і зберігання даних застосунку, що був автоматично зібраний інструментом Maven-плагіном, що встановлений в Jenkins. Тут треба

враховувати, що всі контейнери мають утворювати зв'язану систему для контролю за збірками та розгортанням.

Для цього необхідно прокинути порти між контейнерами Tomcat і PostgreSQL, а Jenkins підключити за допомогою загального сховища volume (загальний диск, папка), що є засобом зберігання та розподілу даних між контейнерами, незалежно від їх життєвого циклу.

Для цього при запуску Jenkins-контейнера використовуємо опцію – volumes-from=tomcat:rw, а при запуску Tomcat опцію –v=tomcat-data:/usr/local/tomcat/webapps:rw. Таким чином volume tomcat-data стає доступною в Jenkins [4].

Зв’язати по мережі Tomcat і PostgreSQL для отримання даних дозволяє опція –link, яка використовується у команді, наприклад, при запуску Tomcat-контейнера:

docker run –it -p 8080:8080 --name tomcat -v tomcat-data:/usr/local/tomcat/webapps:rw --link postgres:postgres -d tomcat:latest

Звідси у підсумку показано, що можна запускати Jenkins-контейнер використовуючи команду [4]:

docker run -p 8888:8080 -p 50000:50000 --name=jenkins-master --mount source=jenkins-log,target=/var/log/jenkins --mount source=jenkins-data,target=/var/jenkins_home --volumes-from=tomcat:rw -d jenkins-artteam

Зокрема можна бачити, що у вищенаведеній команді створюються volumes для зберігання і відновлення даних. Jenkins після запуску буде доступний на http://localhost:8888/.

В результаті проведеного аналізу і розробки було забезпечено автоматизований контроль за збіркою та розгортанням програмного застосунку за рахунок створення узгодженої системи контейнерів Docker. Використання Jenkins дозволило створити середовище тестування застосунку, а користувачам цієї системи були визначені умови для самостійного прописування етапів, які необхідно пройти проєкту перед його запуском, як повноцінного застосунку.

Список літератури

1. Adrian Mouat Using Docker: Developing and Deploying Software with Containers. Sebastopol, California, USA: O'Reilly Media. – 2016. – p. 358.

2. Jenkins User Documentation [Електронний ресурс] / Jenkins. – Доступ здійснено 08.04.2026. – Режим доступу до ресурсу: https://www.jenkins.io/doc/

3. Docker Hardened Images [Електронний ресурс]. – Режим доступа: https://hub.docker.com

4. Lieber M. Home CICD: Docker, Jenkins and Nexus3 [Електронний ресурс] / Mike Lieber // Habr. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: https://habr.com/ru/articles/677142/.

АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ЩОДО РОЗРОБКИ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ЧАТ-БОТІВ ЗІ ШТУЧНИМ ІНТЕЛЕКТОМ В ІНФОКОМУНІКАЦІЙНІ СИСТЕМИ

Дубограй Д.Д., Колтун Ю.М.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Стрімкий розвиток технологій штучного інтелекту (ШІ) та поява великих мовних моделей, зокрема на базі архітектур Transformer та GPT, зумовлюють нові вимоги до побудови сучасних інфокомунікаційних мереж. На сьогодні інтеграція таких рішень у мережну інфраструктуру стає необхідною умовою для автоматизації управління та підвищення якості сервісів [1, 2]. Актуальність цього питання підкріплюється еволюцією мереж та їх послуг у складні мультисервісні системи. Зокрема до таких мультисервісних систем, що безпосередньо забезпечують комунікацію користувачі, відносяться сучасні месенджери в яких застосовуються для управляння та надання інформації різноманітні чат-боти. Традиційно їх робота ґрунтується на алгоритмах аналізу даних, що орієнтовані на вже відомі принципи оброки інформаційних ресурсів. Але вони вже не здатні ефективно працювати в таких умовах, оскільки мають обмежену здатність до аналізу контексту подання інформації та в цілому не відповідають вимогам динамічності сучасних мультисервісних систем.

Тому **метою доповіді** є аналіз методів та практичних підходів до реалізації мультисервісних чат-ботів сучасних месенджерів на основі застосування концепцій нейронних мереж (НМ). Аналіз існуючих проблем показав, що подальше ускладнення мережних протоколів традиційних чат-ботів потребує впровадження так званих інтелектуальних агентів, що здатні до самостійного навчання.

Саме тому впровадження рішень на базі механізмів глибокого навчання, які пропонуються НМ, – є одним із пріоритетних напрямків розвитку засобів управління, як у безпосередньо конкретному месенджері, так і в будь-якій інфокомунікаційній системі в цілому [3].

Особлива увага у доповіді приділяється дослідженню потенціалу технології AI-RAN, яка дозволяє перенести обчислювальні потужності ШІ безпосередньо на рівень радіодоступу. Тому що така децентралізація дозволяє обробляти запити користувачів та команди управління «на місці» (тобто, безпосередньо у чат-боті), що значно оптимізує взаємодію з користувачем та мінімізує затримки в мережі. Також у доповіді детально аналізуються підходи до розробки систем, у яких чат-бот функціонує як високорівневий інтелектуальний інтерфейс до інфраструктури інфокомунікаційної мультисервісної системи.

Методика аналізу ґрунтувалася на використанні API-інтеграцій для збору даних у реальному часі та застосуванні хмарних обчислень для обробки об'ємних мовних моделей. Зокрема, використання платформ хмарних обчислень дозволяє ефективно розподілити ресурси: зняти навантаження з кінцевого обладнання та одночасно забезпечити високу швидкість генерації відповідей і глибокий аналіз мережних логів.

Наведені результати підтверджують, що синергія ШІ-агентів із спеціалізованими інтерфейсами (зокрема Telegram Bot API) і хмарними платформами (зокрема Google Apps, AWS, Windows Agure), – дозволяє суттєво підвищити ефективність моніторингу і технічної підтримки [4, 5]. На практиці такі можливості реалізуються через загальну системи класу `Chat-Ops`, яка по факту являє собою модель роботи, що об'єднує людей, інструменти та процеси в єдиному чат-інтерфейсі.

За допомогою чат-ботів адміністратор безпосередньо у вікні месенджера може здійснювати діагностику вузлів, запитувати звіти про завантаженість каналів або отримувати миттєві сповіщення про трафік. Така автоматизація збору логів та первинного аналізу інцидентів значно скорочує час відновлення сервісів і забезпечує безперервність управління складними інфокомунікаційними процесами.

Водночас ефективність подібної автоматизації напряму залежить від точності аналізу даних, що вимагає залучення значних обчислювальних потужностей. Для вирішення проблеми обчислювальної складності пропонується використання апаратних прискорювачів та інтеграція ШІ безпосередньо у вузли радіодоступу.

Зокрема у роботі показано, що впровадження таких технологій, як NVIDIA Aerial та CUDA-Accelerated RAN, дозволяє забезпечити необхідні ресурси для функціонування складних моделей безпосередньо у чат-бот. Це мінімізує затримки при обробці запитів, що є важливим для оперативного реагування [5].

Крім того, застосування механізмів «уваги» у моделях обробки природної мови, що реалізуються ШІ, дає змогу чат-ботам точніше ідентифікувати мережні аномалії, аналізуючи текстові звіти користувачів або системні логи. Таким чином, впровадження чат-ботів з використанням алгоритмів ШІ стає невід'ємною складовою глобальної концепції автоматизації Open RAN, що гарантує гнучкість, масштабованість та стійкість сучасних інфокомунікаціних систем.

Список літератури

1. CerboAI's Guide: Understanding CNN, RNN, GAN, Transformer and other architectures [Електронний ресурс]. – 2024. – Режим доступу: https://medium.com/ @CerboAI/ cerboais- guide-understanding-cnn-rnn-gan-transformerand-other-architectures-2ded10988eee.

2. OpenAI. GPT-4 Technical Report. – [Електронний ресурс]. – 2023. – Режим доступу: https://openai.com/research/gpt-4.

3. Hurbans R. Grokking AI Algorithms: Understand and apply the core algorithms of deep learning and artificial intelligence / R. Hurbans – Shelter Island: Manning Publications, 2020. – 376 с.

4. Telegram Bot API Documentation [Електронний ресурс] // Telegram. – Режим доступу: https://core.telegram.org/bots/api.

5. NVIDIA. Aerial SDK Platform [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://docs.nvidia.com/aerial/archive/aerial-sdk/22-4/text/product_brief/aerial_sdk_platform.html.

ВИКОРИСТАННЯ IOT У СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

Грінь Д.В., Колтун Ю.М.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

У сучасних умовах стрімкого розвитку інформаційних технологій особливого значення набуває концепція Інтернету речей (Internet of Things, IoT), яка передбачає об'єднання різноманітних пристроїв у єдину мережу для обміну даними через Інтернет [1]. Актуальність цієї технології зумовлена зростанням кількості підключених пристроїв та цифровізацією різних сфер діяльності людини. IoT активно використовується у сучасних інформаційних системах, зокрема в системах управління «розумним будинком», медичних інформаційних системах, промислових інформаційних системах (Industry 4.0), транспортних і логістичних системах, де забезпечує автоматизацію процесів і підвищення ефективності управління.

За сучасними оцінками, кількість IoT-пристроїв у світі вже перевищує 18 млрд і продовжує стрімко зростати, що підтверджує важливість розвитку даної технології [2].

Метою даної роботи є дослідження особливостей використання Інтернету речей у сучасних інформаційних системах, аналіз архітектури цієї технології, принципів функціонування, сфер застосування, а також визначення основних переваг і проблем її впровадження.

У доповіді показано, що IoT є системою взаємопов'язаних пристроїв, які оснащені датчиками, програмним забезпеченням і засобами зв'язку, що забезпечують збір, передачу та обробку даних. Архітектура IoT-систем є багаторівневою та включає пристрої збору даних, мережеву інфраструктуру та засоби обробки інформації, зокрема хмарні або туманні обчислення [3].

Принцип роботи IoT полягає в тому, що датчики збирають дані та передають їх через мережу до серверів або хмарних сервісів, де відбувається їх обробка та аналіз. На основі отриманої інформації формуються керуючі сигнали, які можуть автоматично впливати на роботу підключених пристроїв або передаватися користувачу для прийняття рішень.

Наприклад, у системах «розумного будинку» датчики температури можуть автоматично регулювати роботу опалення, а в промисловості – контролювати стан обладнання з метою запобігання аварійним ситуаціям. Зазначені можливості зумовлюють широке застосування IoT в різних інформаційних системах. Його використання охоплює як побутову, так і професійну сфери, забезпечуючи автоматизацію процесів, підвищення ефективності управління та отримання даних у реальному часі.

Зокрема, у системах «розумного будинку» IoT застосовується для автоматичного регулювання умов середовища та підвищення рівня безпеки, у промислових інформаційних системах – для моніторингу стану обладнання та

запобігання аварійним ситуаціям, у медичних інформаційних системах – для дистанційного спостереження за станом пацієнтів, а в транспортних і логістичних системах – для оптимізації переміщення та управління потоками. Окремо слід звернути увагу на використання IoT у сфері роздрібної торгівлі, де застосування цієї технології дозволяє аналізувати поведінку споживачів і підвищувати якість обслуговування [4].

Таким чином, на основі вищевикладеного можна стверджувати, що IoT виступає важливим інструментом цифрової трансформації сучасних інформаційних систем, забезпечуючи підвищення ефективності їх функціонування.

Серед перевагами використання Інтернету речей у складі інформаційних систем можна виділити такі як: автоматизація процесів, зниження витрат ресурсів, підвищення точності збору даних та можливість віддаленого контролю в режимі реального часу.

Крім того, інтеграція IoT з аналітичними системами дозволяє підвищити якість прийняття рішень [5].

Але впровадження IoT також має і свої проблеми, серед яких треба виділити забезпечення інформаційної безпеки, складність інтеграції в існуючі інформаційні системи, необхідність стандартизації пристроїв, а також управління великою кількістю підключених об’єктів. Окремо треба звернути увагу на те, що значне збільшення кількості IoT-пристроїв створює підвищене навантаження на фізичну мережну інфраструктуру та потребує оптимізації енергоспоживання [5].

Отже, Інтернет речей є перспективним напрямом розвитку сучасних інформаційних систем, який відкриває широкі можливості для автоматизації, аналізу даних і підвищення ефективності різних процесів. Водночас ефективне впровадження IoT потребує комплексного підходу до вирішення питань безпеки, масштабованості та інтеграції.

Список літератури

1. What is the Internet of Things (IoT)? [Електронний ресурс] // IoT For All. – 2024. – Режим доступу: https://www.iotforall.com/what-is-internet-of-things

2. State of IoT 2024: Number of connected IoT devices growing to 18.8 billion globally [Електронний ресурс] // IoT Analytics. – 2024. – Режим доступу: https://iotbusinessnews.com/2024/09/04/26399-state-of-iot-2024-number-of-connected-iot-devices-growing-13-to-18-8-billion-globally/

3. Author A., Author B. Internet of Things (IoT): architecture, applications and challenges [Електронний ресурс] // Cluster Computing. – 2025. – Режим доступу: https://doi.org/10.1007/s10586-025-05208-0

4. Khan I., Rashid A. Internet of Things (IoT): Its Applications and Enabling Technologies in Healthcare: A Review [Електронний ресурс]. – 2024. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/381049208

5. A comprehensive study on IoT privacy and security issues and challenges [Електронний ресурс]. – 2024. – Режим доступу: https://www.sciencedirect.com

МОДЕЛЬ СТАТИЧНОЇ ЗАВАДОСТІЙКОЇ ЗАХИЩЕННОЇ РЕТРАНСЛЯЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ З БЕЗПІЛОТНИМ РОЗГОРТАННЯМ

Олейнік М.Є., Малінін О.П., Чеботарьова Д.В.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

В умовах роботи засобів РЕБ критичною потребою є надійний тактичний зв'язок. Mesh-мережі активно використовуються в умовах війни, проте сучасні системи РЕР та РЕБ роблять їх роботу нестабільною та вразливою [1]. Альтернативні методи у вигляді супутникового зв'язку чи оптоволоконного кабелю є залежними від складної інфраструктури, розгортання якої не завжди можливе в умовах бойових дій. Тому дослідження методів забезпечення надійного і безпечного зв'язку та його розгортання є актуальною науковою задачею. Підвищення завадостійкості мережі та забезпечення безпеки особового складу під час розгортання потребує розробки нових методів створення безпечних мереж.

Метою доповіді є розробка покращеної та адаптованої для умов бойових дій стаціонарної версії Mesh-мережі, що зменшує її помітність для РЕР, робить стабільною під впливом РЕБ та підвищує швидкість передачі даних між відправником та отримувачем.

В роботі запропоновано покращення алгоритмів роботи мережі для усунення ефірного шума Mesh-мережі, пов'язаного з використанням динамічної маршрутизації, безпілотного розгортання мережі. Класична динамічна маршрутизація буде замінена на статичну маршрутизацію з ETX-метрикою [2] для усунення систематичного ефірного трафіку. Планується використання методів DSSS та FHSS між пакетами для підвищення порогу виявлення сигналу та запобігання виявлення спектральної сигнатури на засобах РЕР.

В моделі передбачено можливість виявлення дії засобів РЕБ на конкретній ділянці мережі та міри протидії, такі як автоматична зміна робочого діапазону трансляції, а також перевизначення ETX-рейтингу маршрута. Захист від перехоплення та підміни пакета реалізується за допомогою AES-256-GCM.

В подальшому планується створення прототипів для доведення працездатності концепції.

Список літератури

1.Іохов О. Ю., Білаш О. О. Оцінювання стійкості mesh-мережі системи управління безпілотними системами в умовах дії засобів РЕБ. *Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України.* 2025. № 2 (46). С. 33–39. DOI: https://doi.org/10.33405/2409-7470/2025/2/46/352559.

2.Бібік А. В. Mesh-архітектура проти засобів РЕБ: як забезпечити передачу даних у складних умовах. *Національні інтереси України*. 2026. № 2 (19). С. 60–72. URL: https://dspace.nadpsu.edu.ua/handle/123456789/6849

КРОС-ШАРОВЕ КЕРУВАННЯ БЕЗДРОТОВОЮ ЛОКАЛЬНОЮ МЕРЕЖЕЮ НА ОСНОВІ СПІЛЬНОГО НАВЧАННЯ АВТОЕНКОДЕРА ТА ГРАФОВОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

Чала О.В., Прокіпець В.О.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Бездротові мережі традиційно проектуються з роздільною оптимізацією рівнів: фізичний рівень (PHY) мінімізує частоту бітових помилок незалежно від стану черг рівня керування доступом до середовища (MAC), який, в свою чергу, планує передачі без урахування поточного стану фізичного каналу. Такий підхід призводить до субоптимальних рішень в умовах нестаціонарного радіоканалу. Автоенкодери створили умови для наскрізного навчання PHY-рівня, а графові нейронні мережі забезпечують ефективний розподіл ресурсів на MAC-рівні [1, 2]. Проте спільне навчання обох рівнів та виконання QoS-обмежень потребує подальшого вирішення.

Метою роботи є розробка підходу до крос-шарового керування бездротовою локальною мережею шляхом спільного навчання автоенкодера (PHY-рівень) та графової нейронної мережі (MAC-рівень) з єдиною цільовою функцією.

Запропонований підхід об'єднує два рівні бездротової мережі в єдину систему, що навчається спільно.

Перший рівень відповідає за передачу сигналу: нейронна мережа кодує дані у сигнал, передає через канал зв'язку та відновлює на приймачі.

Другий рівень розподіляє мережеві ресурси, а саме часові слоти та потужність передачі, між абонентами на основі графової нейронної мережі. Між обома рівнями існує двонаправлений зв'язок, тобто рішення про ресурси впливає на формування сигналу, а якість прийнятого сигналу – на розподіл ресурсів. Навчання здійснюється за єдиною цільовою функцією, що одночасно мінімізує помилки передачі та порушення обмежень на затримку і пропускну здатність, що відрізняє підхід від традиційної роздільної оптимізації рівнів.

Висновки. Запропоновано підхід до крос-шарового керування бездротовою локальною мережею, який на відміну від існуючих рішень щодо роздільної оптимізації PHY та MAC рівнів, реалізує спільне диференційоване навчання автоенкодера та графової нейронної мережі з єдиною цільовою функцією, що явно враховує QoS-обмеження через метод множників Лагранжа.

Список літератури

1. 3. O'Shea T., Hoydis J. An Introduction to Deep Learning for the Physical Layer // IEEE Transactions on Cognitive Communications and Networking. 2017. Vol. 3, № 4. P. 563–575. DOI: https://doi.org/10.1109/TCCN.2017.2758370

2. Chen L., Wang M., Liu X. та ін. Graph Neural Networks for Resource Allocation in Interference-limited Multi-Channel Wireless Networks with QoS Constraints // arXiv preprint. 2025. arXiv:2509.06395. URL: https://arxiv.org/abs/2509.06395

РЕАЛІЗАЦІЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ ФІНАНСАМИ З ВИКОРИСТАННЯМ ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ

Радіонов М.О., Корнієнко Є.Д.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

В умовах швидких змін в економіці, розширення цифрових послуг та масового переходу до безготівкових розрахунків виникає потреба у більш ефективному управлінні особистим та сімейним капіталом. Зростання можливих фінансових інструментів, диверсифікація джерел доходів, використання кредитних лімітів вимагає використання спеціалізованих програм. Насиченість ринку продуктами фінтех компаній сприяє розвитку систем для ведення бюджету. Більшість популярних застосунків для фінансового обліку (наприклад, стандартні банківські додатки або класичні трекери) базуються переважно на алгоритмах дескриптивної статистики. Вони ефективно справляються з фіксацією минулих витрат та побудовою кругових діаграм, проте практично не пропонують інструментів для планування майбутнього [1]. Суттєвим обмеженням таких систем є відсутність механізмів для глибокого аналізу поведінки користувача, врахування психології витрачання коштів або створення індивідуальної фінансової стратегії. Вони також вузькоспеціалізовані та неадаптовані під ведення спільних бюджетів. Це призводить до розподілу уваги на окремі різні програми, з утворенням конфліктів між виконанням бюджету членів домогосподарства [2].

Метою доповіді є пропозиція структури вебзастосунку, який призначено для комплексного управління особистими та спільними фінансами з можливістю використання алгоритмів штучного інтелекту для аналітики та прогнозування. Запропоноване рішення дозволяє автоматизувати щоденний облік транзакцій, гнучко налаштовувати партнерський бюджет, а також отримувати від мовної моделі персональні поради щодо економії та уникнення нестачі коштів.

Розробка виконана на мікрофреймворку Flask (мова програмування Python). Для створення архітектури використовуються підмодулі Blueprints. Для взаємодії із базою даних використовується ORM SQLAlchemy, що забезпечує інтерфейс до бази даних, відхилення SQL-ін'єкцій та зручність додавання нових модулів у систему.

Для мінімізації ручного введення даних та забезпечення їх актуальності в реальному часі введено модуль автоматичної синхронізації із банківськими API (зокрема, інтеграція із Monobank). Після надання доступу через банківський токен, система автоматично імпортує транзакції, відфільтровує їх та створює відповідні записи в базі даних без участі людини.

Однією з важливих архітектурних особливостей платформи є гідридна модель керування фінансами, що здійснюється за допомогою системи «партнерств» між трекерами фінансів. Це сприяє вирішенню проблеми ізольованості існуючих трекерів фінансів. Рішення надає можливість двом

користувачам спільно керувати обліковими записами, рахунками, транзакціями та цілями, залишаючи при цьому частину фінансових категорій приватними. Використання такого механізму усуває проблему дублювання інформації та дозволяє керувати запасом міцності прогнозуючи відповідний бюджет. Однією з основних ідей представленої моделі є інтеграція з передовими великими мовними моделями, такими як Gemini 2.5 Flash. Використання шару інтелектуалізації в платформі вирішує проблему введення даних користувачів та дозволяє досягати високого рівня прогнозування фінансових показників платформи.

На першому рівні можливості системи базуються на технологіях комп'ютерного зору та обробки природної мови. Розроблений модуль для розпізнавання фіскальних чеків виявив свій потенціал у аналізі фотографій, завантажених користувачами, а також у визначенні окремих товарів та їх класифікації. Виокремленої унікальності рішення досягається завдяки переданню словника категорій, що належать індивідуальному користувачу. Отримані дані форматуються у вигляді стандартизованого JSON-масиву для запису до бази даних. Вибір великих мовних моделей саме для цієї задачі розпізнавання обґрунтовано їхньою здатністю розуміти контекст набагато краще за традиційні алгоритми сканування тексту [3].

Загальна структура системних підказок розроблялася з урахуванням виявлених поведінковою економікою закономірностей, зокрема схильності людей до нераціональних витрат під впливом емоцій або ефекту «ментальної бухгалтерії» (розподілу грошей за суб'єктивними, не завжди логічними категоріями). Теоретичною основою для створення системних запитів виступають дослідження з поведінкових фінансів, які пояснюють ірраціональність фінансових рішень [4]. Другий, вищий рівень використання штучного інтелекту досягається за допомогою модуля «Розумний аналітик». Цей модуль виконує роль персонального фінансового помічника, який здатен прогнозувати можливі нестачі коштів. Щоб забезпечити високу якість прогнозів, вони виконуються на базі алгоритмів інженерії підказок [5].

В рамках реалізації динамічно формується «контекстне вікно» для лінгвістичної моделі. Перш ніж штучний інтелект сформує відповідь, серверна частина додатка об'єднує низку анонімізованих даних: загальний баланс, обсяги доходів і витрат за обраний період, розподіл коштів за категоріями, перелік визначених фінансових цілей (включно з показниками прогресу), а також журнал останніх транзакцій. Крім того, штучний інтелект отримує розраховані системою показники: фактичні середні щоденні витрати та прогнозований термін до вичерпання коштів.

Отримавши цей структурований набір даних, лінгвістична модель проводить прескриптивний аналіз. Використовуючи науково підтверджені архітектури підказок, спрямовані на когнітивні упередження (такі як помилки ментального обліку або ілюзії контролю), мовна модель генерує не розпливчасті фінансові принципи, а ретельно індивідуальні рекомендації. Цей компонент може виявляти приховані можливості економії (визначаючи

надмірні витрати в категоріях з високою еластичністю попиту), оцінювати реалістичність поточних фінансових цілей з огляду на існуючі тенденції витрат та прогнозувати ймовірність дефіциту ліквідності до кінця звітного періоду. Крім того, користувачі можуть задавати запити природною мовою щодо своїх фінансових записів, отримуючи миттєву аналітику без необхідності вручну налаштовувати складні фільтри чи діаграми.

Практична цінність розробленого рішення полягає у створенні гнучкої архітектури, яка дозволяє зручно поєднати класичний транзакційний облік із системами аналізу на основі обробки природної мови. Взаємодія з мовною моделлю налаштована таким чином, щоб допомагати користувачеві уникати когнітивних пасток під час покупок, що перетворює програму на справжнього інтелектуального радника. Архітектура програмного продукту передбачає подальше розширення через підключення додаткових банківських API, впровадження алгоритмів (наприклад, Isolation Forest) для виявлення аномальних транзакцій, а також оптимізацію прогнозних моделей шляхом їхнього донавчання на спеціалізованих фінансових датасетах.

Список літератури

1. Zhu A. Y. F. Unlocking financial literacy with machine learning: A critical step to advance personal finance research and practice. *Technology in Society*. 2024. Vol. 81. P. 102797. DOI: https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2024.102797

2. Huang Y., Perales F., Western M. To pool or not to pool? Trends and predictors of banking arrangements within Australian couples. *PLoS ONE*. 2019. Vol. 14, No. 4. P. e0214019. DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214019

3. Zhao W. X. et al. A Survey of Large Language Models. *arXiv preprint*. 2023. DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.18223

4. Bikas E. et al. Behavioural Finance: The Emergence and Development Trends. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 2013. Vol. 82. P. 870–876. DOI: https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.06.363

5. White J., Hays S., Fu Q. et al. A Prompt Pattern Catalog to Enhance Prompt Engineering with ChatGPT. *arXiv preprint*. 2023. DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.2302.11382

БІБЛІОМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ ДИНАМІЧНОГО МАСШТАБУВАННЯ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ РЕСУРСІВ КОНТЕЙНЕРИЗОВАНИХ ЗАСТОСУНКІВ

Литвиненко Д.М., Чепурна І.С.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Сучасні бізнес-процеси, що реалізуються за допомогою застосунків, ґрунтуються на впровадженні високотехнологічних рішень на основі хмарних технологій та методів автоматизації. Це дозволяє забезпечити підвищений рівень відмовостійкості, простоту адміністрування та стабільність функціонування інфраструктури застосунків [1].

Розгортання компонентів інфраструктури програмних застосунків в ізольованих контейнерах у межах гібридного або хмарного середовища сприяє оптимізації операційних та ресурсних витрат на їх експлуатацію [2]. Перехід від монолітної до мікросервісної архітектури програмних застосунків, що базується на технології контейнеризації, актуалізував потребу в розробці ефективних методів та алгоритмів управління їх обчислювальними ресурсами, що забезпечують стабільне функціонування таких застосунків в умовах зростаючої кількості користувачів та динамічно змінного навантаження.

Метою доповіді є бібліометричний аналіз методів динамічного масштабування обчислювальних ресурсів для обґрунтування розробки та вдосконалення алгоритмів управління ресурсами контейнеризованого застосунку в умовах динамічно змінного навантаження.

В доповіді наводяться результати бібліометричного аналізу існуючих методів масштабування ресурсів контейнеризованих застосунків, розгорнутих в локальних та хмарних середовищах. Аналіз останніх публікацій та досліджень показує, що значну увагу приділено методам динамічного масштабування з використанням платформи Kubernetes та нативних інструментів Docker [3, 4]. Для складних інфраструктур хмарних застосунків та моделей ШІ застосовуються методи горизонтального масштабування, що забезпечують адаптивність інфраструктури до змінного навантаження шляхом реплікації її компонентів [5]. Такий підхід забезпечує стабільне функціонування та відмовостійкість застосунків, що функціонують в умовах динамічно змінного навантаження. Перспективи подальших досліджень спрямовані на розробку алгоритму динамічного масштабування обчислювальних ресурсів контейнеризованого застосунку в середовищі Docker, що забезпечує адаптивне управління ресурсами такого застосунку в умовах динамічно змінного навантаження та дотримання заданих показників якості обслуговування користувачів.

Список літератури

1. Гевко, В., Вівчар , О., Шарко , В., Радченко , О., Будяєв , М., & Тарасенко , О. (2021). Хмарні технології в управлінні бізнесом. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*, *4*(39), 294–301. https://doi.org/10.18371/fcaptp.v4i39.241318

2. N. Vhatkar K., Bhole G. P. Optimal container resource allocation in cloud architecture: A new hybrid model. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*. 2019. URL: https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2019.10.009.

3. Vasireddy I., Ramya G., Kandi P. Kubernetes and Docker Load Balancing: State-of-the-Art Techniques and Challenges. *Int. J. of Inn. Research in Eng. and Management*. 2023. Vol. 10, no. 6. P. 49–54. URL: https://doi.org/10.55524/ijirem.2023.10.6.7

4. Романенко Б. В. Метод забезпечення надійності контейнеризованого застосунка Docker / Романенко Б. В., Чепурна І. С. // Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління: тези доп. 15 міжнар. НТК, 24–25 квітня 2025 року : [у 4 т.]. Т. 2. Баку ; Харків ; Жиліна, 2025. – С. 41.

5. Microservices architecture in cloud-native applications: Design patterns and scalability / Oyekunle Claudius Oyeniran et al. *Computer Science & IT Research Journal*. 2024. Vol. 5, no. 9. P. 2107–2124. URL: https://doi.org/10.51594/csitrj.v5i9.1554 (date of access: 06.04.2026).

РОЗРОБКА ВЕБ-ЗАСТОСУНКУ СОЦІАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ З ВИКОРИСТАННЯМ .NET 8

Катасонов Д.С., Ярошевич Р.О.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

У цифровій епосі соціальні мережі стали невід'ємною частиною повсякденного життя мільярдів людей, забезпечуючи миттєву комунікацію, обмін контентом та побудову віртуальних спільнот. Однак розробка надійної, безпечної та масштабованої системи, здатної обслуговувати велику кількість користувачів одночасно, лишається однією з найскладніших задач в сучасній розробці програмного забезпечення.

Основні виклики включають забезпечення безпеки персональних даних через контроль доступу, реалізацію комунікації в режимі реального часу з мінімально можливою затримкою, управління великими обсягами даних з оптимальною індексацією.

Аналіз існуючих рішень, таких як Facebook, Twitter, Instagram, та інших платформ спілкування, демонструє складність розподіленої архітектури, необхідність розділення системи на спеціалізовані компоненти, реалізацію асинхронної обробки повідомлень та впровадження складних моделей даних для представлення різноманітних взаємозв'язків між сутностями.

Метою доповіді є розробка веб-застосунку соціальної мережі, яка демонструє сучасні архітектурні патерни [1], принципи розроблення програмного забезпечення. Система повинна забезпечити можливість створення та управління постами з підтримкою багатого текстового контенту та зображень, залишення та редагування коментарів, встановлення системи реакцій на контент через емодзі, управління приватними та груповими чатами з розподіленими правами доступу, організацію мережі контактів через систему друзів з підтримкою запитів.

У межах дослідження розроблено веб-застосунок, архітектура якої базується на .NET 8 для серверної частини з використанням Entity Framework Core для взаємодії з базою даних [2] та SignalR для організації двосторонньої комунікації в реальному часі.

Клієнтська частина реалізована на React. Система використовує Microsoft SQL Server як основне сховище даних для забезпечення надійності та консистентності, Azure Blob Storage для управління медіа-контентом у хмарі та JWT-токени для безпечної автентифікації та авторизації користувачів.

Список літератури

1. Richards M., Ford N. Fundamentals of Software Architecture: An Engineering Approach. O'Reilly Media, 2020. 432 p.

2. Microsoft Documentation. "Entity Framework Core" [Електронний ресурс] // Microsoft Docs. URL: https://docs.microsoft.com/en-us/ef/core/

МОДЕЛЬ РОЗПІЗНАВАННЯ ТА КЛАСИФІКАЦІЇ АСТРОНОМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ПАРАЛЕЛЬНИХ ОБЧИСЛЕНЬ

Ніколаєнко Д.С., Філімончук Т.В.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Сучасні інформаційні технології відіграють важливу роль у розвитку астрономічних досліджень. Значна частина результатів спостережень представлена у вигляді даних різноманітних форматів, які отримано за допомогою наземних та космічних пристроїв, включаючи телескопи. Аналіз таких даних дозволяє досліджувати структури галактик, виявляти транзієнтні явища та класифікувати різні типи астрономічних об'єктів. Водночас обсяг спостережних даних постійно зростає, що створює нові вимоги до методів їх обробки та аналізу. Для автоматизації аналізу астрономічних зображень дедалі частіше використовуються методи машинного навчання. Зокрема, алгоритми глибокого навчання показали високу ефективність у задачах морфологічної класифікації галактик та розпізнавання астрономічних об'єктів на зображеннях [1]. Такі методи дозволяють автоматично виділяти характерні ознаки об'єктів і використовувати їх для подальшої класифікації.

Разом з тим використання сучасних алгоритмів машинного навчання у задачах астрономічного аналізу пов'язане з рядом проблем. Однією з них є гетерогенність даних, оскільки результати спостережень можуть зберігатися у різних форматах та містити різні типи інформації. Для візуалізації результатів використовуються растрові формати зображень, а додаткові характеристики об'єктів можуть бути представлені у вигляді табличних каталогів. Така різноманітність форматів ускладнює побудову універсальних систем аналізу даних. Обробка великих масивів астрономічних зображень потребує значних обчислювальних ресурсів і може займати тривалий час при використанні традиційних послідовних алгоритмів. У зв'язку з цим актуальним є застосування паралельних обчислювальних технологій, які дозволяють значно прискорити обробку даних [2].

У сучасних дослідженнях з аналізу астрономічних даних значна увага приділяється розробці моделей автоматичної класифікації небесних об'єктів на основі методів глибокого навчання. Такі моделі застосовуються для аналізу великих астрономічних оглядів неба, морфологічної класифікації галактик та виявлення астрономічних подій у масивах спостережних даних. Результати останніх досліджень демонструють, що використання нейронних мереж дозволяє значно підвищити точність автоматичного розпізнавання астрономічних об'єктів у порівнянні з традиційними алгоритмами аналізу зображень [3]. Ефективність таких систем значною мірою залежить від організації процесу обробки даних та можливості інтеграції різних джерел інформації, що обумовлює необхідність розробки узагальнених моделей автоматичного аналізу астрономічних зображень.

Метою даного дослідження є розробка моделі розпізнавання та класифікації астрономічних об'єктів із використанням методів паралельних

обчислень. У роботі запропоновано концептуальну модель розпізнавання та класифікації астрономічних об'єктів із використанням методів паралельних обчислень, яка орієнтована на інтегровану обробку гетерогенних астрономічних даних. Запропонована модель передбачає використання кількох джерел даних різної структури та застосування методів машинного навчання для їх аналізу в межах єдиної інформаційної системи. Така модель дозволяє поєднати різні типи інформації про астрономічні об'єкти та підвищити ефективність процесу їх класифікації.

Особливістю запропонованої моделі є використання методів паралельних обчислень для обробки великих масивів зображень. Сучасні графічні процесори та багатоядерні процесорні системи дозволяють виконувати значну кількість обчислювальних операцій одночасно, що робить їх ефективним інструментом для задач аналізу зображень та навчання нейронних мереж [4]. Використання таких обчислювальних ресурсів дозволяє суттєво скоротити час обробки даних та підвищити продуктивність процесу аналізу датасетів астрономічних даних.

Практичне значення роботи полягає у можливості використання запропонованої моделі як основи для створення програмних систем автоматичного аналізу астрономічних зображень. Застосування такого підходу дозволить підвищити ефективність обробки великих масивів даних та створити нові інструменти для дослідження астрономічних об'єктів.

Розробка моделі розпізнавання та класифікації астрономічних об'єктів з використанням методів паралельних обчислень є важливим напрямом розвитку сучасної астроінформатики.

Використання методів машинного навчання у поєднанні з паралельними обчисленнями відкриває нові можливості для створення ефективних систем класифікації астрономічних об'єктів та обробки великих масивів спостережних даних.

Список літератури

1. Cavanagh M. K., Bekki K., Groves B. Morphological classification of galaxies with deep learning: comparing 3-way and 4-way CNNs. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 506, Issue 1, 2021, Pp. 659–676, DOI: https://doi.org/10.1093/mnras/stab1552

2. Westerlund S., Harris C. Performance analysis of GPU-accelerated filter-based source finding for HI spectral line image data. Experimental Astronomy, 2021. DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.1507.04941

3. Weston J. G., Smith K. W., Smartt S. J., Tonry J. L., Stevance H. F. Training a convolutional neural network for real-bogus classification in the ATLAS survey. RAS Techniques and Instruments, Volume 3, Issue 1, 2024, Pp. 385–399, DOI: https://doi.org/10.1093/rasti/rzae027

4. Leng F., Bao Y. An efficient indexing technique for computing high dimensional data cubes. International Conference on Advances in Web-Age Information Management, 2020. DOI: https://doi.org/10.1007/11775300_47

МОДЕЛЬ АВТОМАТИЗОВАНОГО РОЗГОРТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ IPXE

Кагітін Ю.М., Філімончук Т.В.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Сучасні інформаційні системи (ІС) характеризуються високою динамічністю, необхідністю швидкого масштабування та частого оновлення програмного забезпечення [1]. У таких умовах традиційні підходи до встановлення ОС, що передбачають використання локальних носіїв та ручну конфігурацію, є малоефективними та ресурсозатратними [2]. Зростання кількості обчислювальних вузлів у корпоративних мережах, а також потреба у швидкому відновленні інфраструктури після збоїв обумовлюють необхідність впровадження автоматизованих підходів до розгортання. Одним із таких підходів є використання мережних технологій, зокрема iPXE, який забезпечує автоматизоване завантаження та встановлення операційних систем через мережне середовище.

На відміну від класичного PXE, iPXE підтримує розширений набір протоколів передачі даних, таких як HTTP, HTTPS та iSCSI, що дозволяє значно підвищити швидкість та гнучкість процесу розгортання. Використання HTTP/HTTPS забезпечує суттєве зменшення затримок під час передачі великих образів операційних систем, а також підвищує надійність завантаження в умовах нестабільних мереж. Протокол iSCSI, у свою чергу, відкриває можливість безпосереднього підключення до віддалених дискових ресурсів, що дозволяє реалізувати сценарії бездискових робочих станцій або централізованого зберігання даних. Крім того, важливою особливістю є підтримка сценаріїв (скриптів), які забезпечують можливість динамічного керування процесом завантаження залежно від параметрів клієнтського вузла або політик адміністратора, що дозволяє реалізувати адаптивний підхід до встановлення операційних систем у різнорідному середовищі [3].

Архітектурно модель розгортання на основі iPXE може бути представлена як розподілена система з централізованим керуванням, що включає клієнтські вузли, сервери інфраструктури та мережне середовище передачі даних. Клієнтський вузол, оснащений iPXE, ініціює процес через DHCP-сервер, отримує параметри завантаження та сценарій виконання, після чого звертається до сервера для отримання ядра операційної системи, initrd та конфігураційних файлів автоматичного встановлення. Серверна частина, у свою чергу, реалізує функції зберігання образів, управління сценаріями та прийняття рішень щодо параметрів розгортання. Такий підхід забезпечує централізацію керування, уніфікацію процесів та зменшення впливу людського фактору [4].

Метою доповіді є аналіз моделі розгортання ІС на основі iPXE, її формалізація та визначення напрямів удосконалення з урахуванням сучасних вимог до продуктивності, безпеки та масштабованості. Удосконалення моделі може бути представлено як складова інформаційної технології, що включає множину клієнтів, серверів, мережних ресурсів та керуючих сценаріїв. У рамках

такої моделі процес розгортання описується як послідовність взаємодій між компонентами системи, що дозволяє досліджувати часові характеристики, навантаження на мережу та ефективність використання ресурсів.

Перевагами моделі iPXE є висока гнучкість, масштабованість та можливість централізованого керування процесами розгортання. Використання мережних протоколів дозволяє мінімізувати залежність від локальних носіїв та забезпечує швидке оновлення образів операційних систем. Застосування автоматизованих підходів до мережного розгортання ОС, зокрема з використанням технологій PXE/iPXE, дозволяє підвищити ефективність адміністрування, забезпечити швидке масштабування інфраструктури та знизити витрати на обслуговування. У порівнянні з традиційними методами інсталяції, такі рішення забезпечують більш високу швидкість розгортання, узгодженість конфігурацій та надійність функціонування ІС [2]. Для підвищення ефективності моделі можливе впроваджування інтеграції з системами керування конфігураціями, такими як Ansible та Puppet, що дозволяє автоматизувати не лише процес встановлення, але й подальше налаштування та підтримку систем.

Перспективним напрямом є впровадження адаптивних механізмів прийняття рішень, які враховують параметри апаратного забезпечення, стан мережі та навантаження на сервери.

Окрему увагу слід приділити питанням безпеки, зокрема використанню захищених протоколів передачі даних, цифрового підпису образів та механізмів автентифікації клієнтів. Таким чином, модель розгортання ІС на основі iPXE є ефективним інструментом автоматизації, який може бути використаний як базова платформа для побудови сучасної інфраструктури.

Подальший розвиток цієї моделі пов’язаний із переходом до інтелектуальних, адаптивних та відмовостійких систем, здатних самостійно оптимізувати процеси розгортання залежно від умов функціонування інформаційного середовища.

Список літератури

1. Суровицький М.М., Філімончук Т.В., Партика С.О., Севостьянова О.М. Модель оптимізації комп’ютерної мережі закладу вищої освіти на основі використання технологій передачі даних // Системи управління, навігації та зв’язку. Збірник наукових праць. Полтава: Національний університет «Полтавська політехніка ім. Ю. Кондратюка», 2026. Випуск 1 (83). С. 214–223. DOI: doi.org/10.26906/SUNZ.2026.1.214

2. Кагітін Ю.М., Філімончук Т.В. Автоматизована модель для розгортання інформаційних систем. Проблеми інформатизації. Тези доповідей тринадцятої міжнародної науково-технічної конференції. Т. 3: секція 4. Баку – Харків – Бельсько-Бяла. 2025. С. 65. DOI: https://doi.org/10.32620/PI.25.t3

3. iPXE Project. iPXE Documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ipxe.org/docs

4. Qian H. Software Development Efficiency Through Automated Deployment Systems. *Journal of Sustainability, Policy, and Practice*, 2025. *1*(3), 99–110. https://schoalrx.com/index.php/jspp/article/view/30

SAAS-ПЛАТФОРМА ДЛЯ ПІДТРИМКИ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ У СФЕРІ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я

Прилуцька М.М., Севостьянова О.М., Філімончук Т.В.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Сфера охорони здоров'я стикається з викликами цифровізації бізнес-процесів, що потребують одночасного забезпечення високої доступності, масштабованості та можливості швидкого впровадження нових функцій [1].

Зростання обсягів медичних даних, необхідність інтеграції з різноманітними інформаційними системами (електронні медичні записи, лабораторні системи, телемедицина) та підвищені вимоги до безпеки і конфіденційності інформації значно ускладнюють розробку та підтримку сучасних ІТ-рішень у цій галузі.

Крім того, системи охорони здоров'я повинні забезпечувати безперервну роботу, оскільки навіть короткочасні збої можуть мати критичні наслідки для пацієнтів. Традиційні монолітні системи не відповідають сучасним вимогам через їхню високу зв'язність компонентів, складність масштабування та тривалі цикли розробки [2].

У таких системах будь-які зміни в одному модулі часто потребують повторного розгортання всієї системи, що уповільнює впровадження нових функцій та підвищує ризик виникнення помилок. Також монолітний підхід ускладнює використання сучасних технологій, оскільки вся система зазвичай обмежена єдиним технологічним стеком.

Мікросервісна архітектура в поєднанні з SaaS-моделлю дозволяє вирішити ці проблеми, забезпечуючи незалежний розвиток окремих функціональних модулів та гнучке масштабування системи відповідно до навантаження [3].

Метою доповіді є розробка структури SaaS-платформи для автоматизації ключових процесів у сфері охорони здоров'я на основі мікросервісної архітектури, що забезпечує модульність, високу доступність та спрощене впровадження нових функцій [4]. Платформа має підтримувати повний цикл взаємодії з медичними даними: від обліку пацієнтів та записів до управління документами. Особливістю проєкту є використання принципів предметно-орієнтованого проєктування для чіткого розділення бізнес-логіки за межами відповідальності окремих сервісів.

У роботі запропоновано архітектуру платформи, що складається з низки спеціалізованих мікросервісів: сервіс управління користувачами та автентифікацією, сервіс обліку даних пацієнтів, сервіс записів і розкладу та сервіс документообігу.

Кожен сервіс має власну базу даних та API, що дозволяє незалежно масштабувати окремі компоненти платформи. Для координації взаємодії між сервісами використано API-шлюз з функціями маршрутизації запитів, балансування навантаження та кешування. Вебінтерфейс побудовано за принципами односторінкового застосунку (Single Page Application), що

забезпечує високу швидкість реакції інтерфейсу користувача на дії користувача.

Застосування мікросервісної архітектури в медичних інформаційних системах має низку переваг: незалежне масштабування сервісів пропорційно навантаженню, спрощене впровадження нових функцій без впливу на інші компоненти, підвищення стійкості системи до відмов окремих модулів. Окрім цього, SaaS-модель дозволяє оптимізувати витрати на інфраструктуру за рахунок оплати за використання та забезпечує швидке розгортання оновлень для всіх користувачів платформи [3].

Розроблена платформа орієнтована на практичне використання у приватних медичних практиках та невеликих клініках, де особливо важливі швидкість впровадження, зручність користування та можливість адаптації до специфіки конкретного закладу.

Автоматизація рутинних процесів дозволяє медичним працівникам зосередитися на основній діяльності, а модульна архітектура забезпечує можливість поступового розширення функціональності відповідно до зростання потреб користувачів.

Крім того, важливим аспектом розробленої платформи є забезпечення безпеки та конфіденційності медичних даних, що є критичним у сфері охорони здоров'я. Для цього у системі передбачено використання сучасних механізмів автентифікації та авторизації, а також шифрування даних як під час передачі, так і при зберіганні в базах даних. Значну увагу приділено реалізації гнучкої системи керування доступом на основі ролей користувачів, що дозволяє обмежувати доступ до чутливої інформації відповідно до посадових обов'язків. Таким чином, поєднання мікросервісної архітектури, SaaS-моделі та сучасних підходів до інформаційної безпеки створює надійну, масштабовану та безпечну основу для ефективної цифровізації медичних процесів та подальшого розвитку системи.

Список літератури

1. Katkuri R. Revolutionizing healthcare with secure and scalable microservices. World Journal of Advanced Research and Reviews, 2025, 26(01), 1731-1739. DOI: https://doi.org/10.30574/wjarr.2025.26.1.1235

2. Mudge G.H., Vilenskyi A., Kumar U., Kohli M. The future of Ukrainian healthcare: the digital opportunity. *Journal of Global Health*. 2025. Vol. 15. 03039. DOI: https://doi.org/10.7189/jogh.15.03039

3. Pindi V. Microservices-based Architectures in Healthcare: Enhancing Flexibility and Modularity of Healthcare Applications. International Journal of Innovative Research in Engineering & Multidisciplinary Physical Sciences (IJIREMPS). 2023. Vol. 11, Issue 3. URL: https://www.ijirmps.org/papers/2023/3/230709.pdf

4. Leveraging Microservices Architecture in Healthcare. *SSRN*. 2024. URL: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4985002

5. Salunkhe V, Daram S, Mehra A., Jain S. Agarwal R. Leveraging Microservices Architecture in Healthcare: Enhancing Agility and Performance in Clinical Applications. International Journal of Research in Modern Engineering and Emerging Technology (IJRMEET). 2024. Vol.12, Issue-8. DOI: http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4985002

СКЛАДОВІ МОДЕЛІ ОПТИМІЗАЦІЇ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Авраменко Б.О., Філімончук Т.В.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Стрімкий розвиток вбудованих систем (ВС) зумовлює необхідність розгортання нейронних мереж безпосередньо на мікроконтролерах та периферійних пристроях із жорсткими апаратними обмеженнями щодо обсягу пам'яті та обчислювальної потужності. Платформа ESP32, яка широко використовується в IoT-рішеннях, характеризується обмеженими обчислювальними ресурсами, що унеможливлює пряме розгортання стандартних моделей глибокого навчання без попередньої оптимізації [1].

Сучасні архітектури глибокого навчання характеризуються мільйонами параметрів, кожен з яких потребує збереження та обробки в пам'яті пристрою. Ця фундаментальна невідповідність між апаратними обмеженнями та обчислювальними вимогами моделей зумовлює необхідність компресії та стимулює активний розвиток відповідних методів. Серед найбільш поширених підходів виокремлюють квантизацію ваг, структурне обрізання нейронних мереж, а також використання компактних архітектур [2]. Проте кожен з цих методів, застосований окремо, не забезпечує достатній рівень оптимізації при збереженні прийнятної якості моделі, що зумовлює потребу в комплексному підході, який об'єднує зазначені методи в єдиний конвеєр обробки.

Метою доповіді є обґрунтування структури моделі оптимізації нейронних мереж, яка інтегрує методи компресії та розгортання з урахуванням апаратних можливостей вбудованих систем.

Базова модель є вихідною нейронною мережею, яка навчена на цільовому наборі даних і визначає функціональні можливості системи та слугує точкою відліку для оцінювання ефективності подальших перетворень. Вибір архітектури базової моделі здійснюється з урахуванням вимог до точності та апаратних обмежень цільової платформи.

Модуль обрізання реалізує видалення надлишкових нейронів та зв'язків мережі, вага яких є незначною та практично не впливає на якість вихідних передбачень. Розрізняють структурне обрізання, що видаляє цілі фільтри або шари, та неструктурне, яке обнуляє окремі ваги. Структурне обрізання є більш придатним для вбудованих систем, оскільки безпосередньо зменшує обчислювальну складність без необхідності спеціалізованих бібліотек для роботи з розрідженими матрицями [3]. Після застосування обрізання можливо донавчити модель для часткового відновлення втраченої точності.

Модуль квантизації забезпечує перетворення параметрів та активацій моделі з формату з плаваючою комою до формату з фіксованою комою зниженої розрядності (int8 або int16). Ця операція дозволяє зменшити розмір моделі та знизити вимоги до пам'яті без необхідності повного повторного навчання. У рамках запропонованої моделі застосовується підхід квантизації після навчання, що не потребує модифікації процедури навчання.

Цілочисельна арифметика, яка при цьому використовується, апаратно підтримується платформою ESP32, що прискорює виконання інференсу [4].

Модуль компіляції та оптимізації виконує перетворення оптимізованої моделі у формат, сумісний з цільовою апаратною платформою. Для платформи ESP32 застосовується TensorFlow Lite Micro – мінімалістична реалізація фреймворку для мікроконтролерів, яка не потребує операційної системи та динамічного виділення пам'яті [5]. На цьому етапі також виконується злиття шарів та оптимізація графу обчислень для зменшення накладних витрат.

Модуль розгортання інтегрує скомпільовану модель у мікропрограму пристрою, охоплює налаштування інтерфейсів введення-виведення, керування буферами пам'яті та забезпечення роботи моделі. Додатково впроваджено механізм моніторингу споживання ресурсів під час виконання, що дозволяє верифікувати відповідність апаратним обмеженням платформи.

Взаємодія складових моделі організована як послідовний конвеєр: базова модель послідовно проходить через модулі обрізання та квантизації, після чого передається на компіляцію та кінцеве розгортання, що забезпечує можливість незалежного налаштування кожної складової та гнучкого вибору рівня компресії залежно від вимог конкретної задачі і можливостей цільового пристрою.

Запропонована модель орієнтована на систематизацію процесу оптимізації нейронних мереж для вбудованих систем. Перспективами подальших досліджень є експериментальна верифікація моделі на задачах розпізнавання мовлення та класифікації аудіосигналів на платформі ESP32, оцінювання досягнутого рівня компресії та точності у порівнянні з базовою моделлю, а також розширення складових моделі для підтримки інших класів вбудованих систем.

Список літератури

1. Cordova-Cardenas R., Amor D., Gutiérrez Á. Edge AI in Practice: A Survey and Deployment Framework for Neural Networks on Embedded Systems. *Electronics*. 2025. Vol. 14, №24. Article 4877. DOI: https://doi.org/10.3390/electronics14244877

2. Cheng H., Zhang M., Shi J.Q. A Survey on Deep Neural Network Pruning: Taxonomy, Comparison, Analysis, and Recommendations. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 2024. Vol. 46, №12. Pp. 10558–10578. DOI: https://doi.org/10.1109/TPAMI.2024.3447085

3. He Y., Xiao L. Structured Pruning for Deep Convolutional Neural Networks: A Survey. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 2024. Vol. 46, №5. Pp. 2900–2919. DOI: https://doi.org/10.1109/TPAMI.2023.3334614

4. Fournarakis M., Nagel M., Amjad R.A., Bondarenko Y., Baalen M., Blankevoort T. Quantizing Neural Networks for Low-Power Computer Vision. *Low-Power Computer Vision*. 2022. Pp.235-272. https://doi.org/10.1201/9781003162810-11

5. Novac P.-E., Boukli Hacene G., Pegatoquet A., Miramond B., Gripon V. Quantization and Deployment of Deep Neural Networks on Microcontrollers. *Sensors*. 2021. Vol. 21, № 9. Article 2984. DOI: https://doi.org/10.3390/s21092984

ВЕБПЛАТФОРМА ДЛЯ СИНХРОНІЗАЦІЇ ГЕОЛОКАЦІЇ КОРИСТУВАЧІВ ТА ВІДСТЕЖЕННЯ У РЕЖИМІ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ

Розуменко О. І., Севостьянова О. М., Філімончук Т. В.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

У сучасних умовах розвитку інформаційних технологій значна увага приділяється створенню систем, що забезпечують взаємодію користувачів у режимі реального часу. Одним із перспективних напрямів є використання геолокаційних даних, які дозволяють визначати місцезнаходження користувачів та організовувати їхню взаємодію у спільному цифровому середовищі.

Такі рішення знаходять застосування у сфері логістики, організації заходів, навігаційних сервісів та соціальних платформ [1].

Метою доповіді є розробка структури вебплатформи для синхронізації геолокації користувачів та їх відстеження у режимі реального часу. Запропонована платформа дозволяє користувачам формувати віртуальні кімнати взаємодії, об’єднуватися у групи та отримувати актуальну інформацію про місцезнаходження інших учасників.

При розробці платформи використано підхід, який базується на принципах мікросервісної архітектури та забезпечує гнучкість побудови системи, спрощує її масштабування та дозволяє незалежно розвивати окремі компоненти.

Для реалізації механізмів автентифікації та авторизації використано технологію JSON Web Token, яка організує безпечну передачу даних між клієнтом та сервером без необхідності збереження стану сесії [1].

Взаємодія між клієнтською та серверною частинами реалізована відповідно до принципів REST-архітектури, що дозволяє забезпечити стандартизований обмін даними та підвищити сумісність компонентів системи [2]. Для документування API використано специфікацію OpenAPI, яка дозволяє формалізувати структуру запитів та відповідей, а також спрощує інтеграцію між різними сервісами [3].

Для забезпечення передачі геолокаційних даних у режимі реального часу обрано протокол WebSocket, який реалізує постійне двостороннє з’єднання між клієнтом та сервером, що дозволяє значно зменшити затримки передачі інформації та забезпечити оперативне оновлення даних [4]. Використання постійного з’єднання дозволяє уникнути надлишкових HTTP-запитів та підвищує ефективність обміну даними між клієнтом та сервером, що є критично важливим для систем із високою частотою оновлення інформації.

Серверна частина системи реалізована з використанням мови програмування Java та фреймворку Spring, який забезпечує реалізацію REST-сервісів, підтримку WebSocket-з’єднань та інтеграцію з базами даних. Використання компонентів Spring дозволяє реалізувати інверсію керування та спрощує конфігурацію застосунку, що позитивно впливає на підтримуваність та розширюваність платформу при необхідності.

Клієнтська частина побудована із використанням бібліотеки React, що дозволяє створити динамічний інтерфейс користувача та забезпечити швидке оновлення даних, що відображуються, без перезавантаження сторінки. Відтворення геолокаційної інформації реалізовано за допомогою інтерактивної карти, на якій користувачі представлені у вигляді маркерів, що оновлюються відповідно до отриманих координат.

Для зберігання даних використовується система керування базами даних PostgreSQL [5], яка забезпечує надійне зберігання структурованої інформації, зокрема даних про користувачів та параметри віртуальних кімнат. Використання реляційної моделі даних дозволяє підтримувати цілісність інформації за рахунок застосування обмежень та зв'язків між таблицями.

Крім того, PostgreSQL надає ефективні механізми обробки запитів та масштабування, що дозволяє забезпечити стабільну роботу системи при збільшенні кількості користувачів. PostgreSQL також підтримує транзакційність та багатоверсійність даних, що дозволяє забезпечити коректну роботу системи при одночасному доступі великої кількості користувачів.

Для керування змінами структури бази даних використовується інструмент Liquibase, який дозволяє:

– версіонувати схему бази даних,

– автоматизувати процес її оновлення,

– забезпечити узгодженість структури даних між різними середовищами розгортання.

У результаті виконання дослідження було запропоновано структуру вебплатформи, яка забезпечує синхронізацію геолокації користувачів та їх відстеження у режимі реального часу. Представлене рішення може бути використане для створення систем координації користувачів, організації спільних заходів та інших сервісів, що потребують обробки геопросторових даних.

Крім того, запропонована архітектура може бути адаптована для використання у більш складних інформаційних системах, що потребують обробки даних у реальному часі та масштабування відповідно до кількості користувачів.

Список літератури

1. Newman S. Building Microservices: Designing Fine-Grained Systems, 2nd Edition. Publisher: O'Reilly Media, 2021. 612 p.

2. Richardson L., Amundsen M., Ruby S. RESTful Web APIs: Services for a Changing World, 1st Edition, Publisher: O'Reilly Media, 2013. 404 p.

3. OpenAPI Specification v3.1.0. OpenAPI Initiative Publication. URL: https://spec.openapis.org/oas/v3.1.0.

4. Fette I., Melnikov A. RFC 6455: The WebSocket Protocol. 2011. 71 p. DOI: https://doi.org/10.17487/RFC6455.

5. Walls C. Spring in Action, 6th Edition. Publisher: Manning, 2022. 520 p.

ПЛАТФОРМА ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНИМИ ПОТОКАМИ

Мішенко Є.Є., Майстренко Г.В., Філімончук Т.В.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Сучасний етап еволюції інформаційного суспільства характеризується тотальною цифровізацією логістичних процесів, серед яких управління пасажирським трафіком має важливе значення. Активне переміщення людей призводить до необхідність впровадження високоефективних та масштабованих інструментів організації транспортних потоків. Класичні парадигми обслуговування через фізичні термінали поступово вичерпують свій ресурс ефективності, що зумовлено високими часовими витратами, обмеженою прозорістю диспетчерських даних та низькою здатністю пристосовуватися до непередбачуваних змін у розкладі [1]. Як наслідок, впровадження сучасних цифрових платформ для дистанційного резервування ресурсів є критично значущим кроком, що забезпечує оптимізацію операційної діяльності компаній-провайдерів транспортних послуг.

Метою доповіді є концептуальне проєктування та програмна реалізація спеціальної інформаційної системи, яка спрямована на автоматизацію процесів розподілу транспортних послуг [2].

Ключова задача полягає у формуванні єдиного цифрового простору, який забезпечує кінцевих споживачів зручним та зрозумілим інтерфейсом для моніторингу маршрутних мереж, можливістю порівняльного аналізу тарифних моделей, просторовим позиціонуванням пасажирського місця та здійсненням криптографічно захищених транзакцій незалежно від географічної локації суб'єкта.

У межах дослідження здійснено детальний аналіз предметної області та розроблено архітектуру системи та патерни для реалізації проєкту. З огляду на актуальні критерії високонавантаженості та відмовостійкості, основою системи виступає розподілена клієнт-серверна архітектура [3].

Обробка візуальної та інтерактивної складової клієнтського сегмента спирається на використання сучасних програмних засобів із можливістю рендерингу на стороні сервера, що максимізує швидкість відгуку та метрики пошукової оптимізації.

Апаратна взаємодія та обробка бізнес-логіки на боці сервера побудована на об’єднання середовищ виконання Node.js та C#, що гарантує високу пропускну здатність системи під час опрацювання великого обсягу запитів у періоди найбільшої активності користувачів. Для забезпечення цілісності та швидкодії роботи з великими масивами даних застосовано оптимізовану модель управління базами даних.

Головною функціональною підсистемою розробленого програмного комплексу є модуль динамічного просторового розподілу місць. Споживач отримує доступ до інтерактивної схеми розміщення місць у транспортному засобі, де статуси ресурсів оновлюються в режимі реального часу. Синхронізація станів у багатокористувацькому середовищі реалізована за

допомогою протоколів повнодуплексного зв'язку, що повністю усуває ймовірність виникнення колізій паралельного резервування. Фінальним етапом алгоритму обслуговування є автоматизована генерація цифрових проїзних документів із застосуванням двовимірних матричних штрих-кодів для подальшої перевірки на обладнанні, які передаються до персонального інформаційного профілю суб'єкта.

Окремим вагомим компонентом платформи є розгорнутий модуль адміністрування, орієнтований на диспетчерський персонал та менеджмент компаній-перевізників. Цей модуль надає комплексний інструментарій для гнучкого налаштування маршрутних сіток, моніторингу завантаженості рухомого складу в режимі реального часу та формування розширеної фінансово-статистичної звітності, що дозволяє оперативно приймати управлінські рішення.

Враховуючи специфіку обробки конфіденційних даних та платіжних реквізитів, особливий акцент під час розробки зроблено на засобах захисту інформації.

Впроваджено сучасні криптографічні алгоритми шифрування транспортного рівня та хешування даних у базах зберігання.

Застосування багаторівневих стандартів автентифікації гарантує високий ступінь захисту інформаційної системи від порушення безпеки та несанкціонованого втручання.

Результати тестування програмного комплексу засвідчили його обчислювальну ефективність, стабільність у багатокористувацькому середовищі та зручність для користувача.

Впровадження подібних цифрових систем сприяє зниженню транзакційних витрат, підвищенню прозорості операційних процесів та розширенню доступності транспортних сервісів.

Перспективи подальшого розвитку охоплюють інтеграцію мобільних клієнтів, реалізацію механізмів персоналізації на основі поведінкової аналітики та застосування методів машинного навчання для інтелектуального прогнозування динаміки пасажиропотоків.

Список літератури

1. Шарко О. В., Мовчан П. В. Моделювання інформаційної архітектури та інформаційного забезпечення транспортних перевезень в умовах невизначеності. *Вісник Приазовського Державного Технічного Університету. Серія: Технічні науки*, №50, 2025. С. 297–307. DOI: https://doi.org/10.31498/2225-6733.50.2025.336474.

2. Гужва В. М., Постан М. Я. Інформаційні системи і технології на транспорті : навч. посіб. Київ : Логос, 2019. 324 с.

3. Ткаченко О., Ткаченко К., Піддубченко М. Аналіз сучасних тенденцій розробки інформаційних систем. *Електронне фахове наукове видання «Кібербезпека: освіта, наука, техніка»*, 2024. 4(24), С. 205–220. DOI: https://doi.org/10.28925/2663-4023.2024.24.205220.

ВЕБПЛАТФОРМА ДЛЯ КООРДИНАЦІЇ ВЗАЄМОДІЇ СУБ'ЄКТІВ РИНКУ ПРАЦІ

Степанов М.В., Майстренко Г.В., Філімончук Т.В.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Трансформація світового ринку праці та перехід бізнесу на дистанційний формат значно прискорили цифровізацію процесів найму [1]. В умовах нової реальності онлайн-сервіси стали основним каналом комунікації між роботодавцями та кандидатами, що вимагає створення кросплатформних рішень з високим рівнем доступності та ефективності обробки великих обсягів даних [1]. Дослідження показують, що сучасні вебсистеми моніторингу вакансій дозволяють значно скоротити час пошуку роботи та підвищити точність підбору кандидатів [2]. Актуальність роботи зумовлена необхідністю розробки вебзастосунків, які забезпечують ефективну взаємодію за допомогою сучасних інструментів фільтрації, моніторингу вакансій та управління даними.

Метою доповіді є структура вебплатформи для координації взаємодії суб'єктів ринку праці на базі PHP та архітектури MVC**.** У межах доповіді розглядаються ключові етапи розробки системи: проєктування структури БД, реалізація серверної логіки, організація взаємодії між компонентами застосунку, забезпечення масштабованості, зручності користування та безпеки. Розглянуто механізми обробки запитів, авторизації користувачів, управління вакансіями та резюме, інтеграція додаткових сервісів.

Результатом є формування узагальненого підходу до створення ефективної, гнучкої та розширюваної вебплатформи, здатної забезпечити прозору та зручну взаємодію між усіма учасниками ринку праці.

У ході аналізу предметної області було встановлено, що успішна реалізація проєкту залежить від архітектурної гнучкості системи та правильного вибору технологічного стеку. Досвід лідерів ринку демонструє, що перевантаженість інтерфейсу та складна навігація знижують ефективність пошуку. Тому головною задачею при проєктуванні системи стало створення мінімалістичного дизайну з потужною системою фільтрації. Для проєкту обрано архітектуру MVC, що дозволяє чітко відокремити логіку управління даними від клієнтського інтерфейсу, забезпечуючи високу масштабованість, зручність підтримки та можливість подальшого розширення функціоналу [2].

Серверна частина реалізована мовою PHP з використанням СУБД MySQL, що забезпечує оптимальний баланс між швидкістю розробки та продуктивністю при роботі з текстовими масивами. Оптимізація структур управління інформаційними об'єктами дозволяє підвищити загальну надійність системи [3]. Контролери API забезпечують динамічний обмін даними у форматах JSON та XML, що дозволяє реалізувати асинхронну взаємодію та мінімізує затримки при навігації, підвищує зручність інтерфейсу користувача, подібно до сучасних Single Page Applications. Використання формату XML розширює можливості експорту даних для інтеграції з іншими системами. Для управління даними, реалізовано моделі опрацювання вакансій,

резюме, профілів користувачів, окрему увагу приділено безпеці збереження персональних даних та контактної інформації.

Для моніторингу та безпеки, впроваджено систему логування, що дозволяє відстежувати стабільність роботи серверної частини під час пікових навантажень. Для захисту інформації реалізовано механізми авторизації, що гарантують цілісність даних у межах сесій користувачів. Особливу увагу під час розробки приділено розмежуванню прав доступу та створенню ізольованих робочих просторів для різних категорій користувачів. Для шукачів роботи реалізовано функціонал гнучкого профілю з можливістю управління резюме, а також механізм швидкого відгуку на вакансію, що суттєво економить час. Зі свого боку, роботодавці отримали доступ до спеціалізованої панелі управління, яка дозволяє не лише публікувати нові вакансії, але й ефективно керувати статусами отриманих заявок у режимі реального часу.

Такий дворівневий підхід значно спрощує навігацію та оптимізує процеси взаємодії між суб'єктами ринку.

Інтерфейс клієнта побудовано з використанням HTML5 та CSS3 з акцентом на адаптивність (mobile-first), що дозволяє комфортно працювати з платформою на мобільних пристроях без необхідності інсталяції додаткового програмного забезпечення. Сучасні методи обробки візуальної інформації допомагають зробити інтерфейс більш привабливим та швидким [4], що гарантує низький поріг входу для користувачів та суттєво підвищує конверсію відгуків на вакансії.

Результати тестування підтверджують ефективність обраного підходу: система стабільно працює при значних обсягах даних та забезпечує швидку обробку запитів навіть у години пікового навантаження. Подальший розвиток проєкту передбачає розширення функціоналу адміністративної панелі та інтеграцію додаткових алгоритмів для автоматизації первинного скринінгу кандидатів.

Список літератури

1. Tzimas G., Zotos N., Mourelatos E., Giotopoulos K.C. et al. From Data to Insight: Transforming Online Job Postings into Labor-Market Intelligence. Information. 2024. V. 15, № 8, 496. DOI: https://doi.org/10.3390/info15080496

2. Hu Y. Recruitment Management System Design and Deployment Based on Three-level Architecture of PHP. Journal of Digital Information Management. 2023. V. 21, № 4. Pp. 101-109. DOI: https://doi.org/10.6025/jdim/2023/21/4/101-109

3. Коваленко А. А., Кучук Г. А. Методи синтезу інформаційної та технічної структур системи управління об'єктом критичного застосування. *Сучасні інформаційні системи*. 2025. Т. 2, № 1. С. 22-27. DOI: https://doi.org/10.20998/2522-9052.2018.1.04

4. Yaloveha V., Hlavcheva D., Podorozhniak A. Usage of convolutional neural network for multispectral image processing applied to the problem of detecting fire hazardous forest areas. *Сучасні інформаційні системи*. 2024. Т. 3, № 1. С. 116-120. DOI: https://doi.org/10.20998/2522-9052.2019.1.19

АРХІТЕКТУРА КЛІЄНТ-СЕРВЕРНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ОНЛАЙН-ЗАМОВЛЕННЯ ТА ДОСТАВКИ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ

Якубовський А.В., Філімончук Т.В.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Сучасний розвиток цифрових технологій зумовив трансформацію сфери громадського харчування, де онлайн-сервіси доставки їжі стали критично важливим елементом міської інфраструктури [1].

Зростання популярності таких сервісів зумовлене зміною споживчих звичок, темпом життя та прагненням до комфорту [2].

Доцільність проєктування кросплатформних вебрішень диктується потребою у забезпеченні широкого доступу до послуг без необхідності встановлення додаткового програмного забезпечення. Впровадження архітектури Single Page Application дозволяє перенести значну частину логіки обробки інтерфейсу на сторону клієнта, що мінімізує кількість повних перезавантажень сторінок та створює ефект безперервної взаємодії, подібної до нативних мобільних застосунків [3].

Водночас, успішна реалізація таких проєктів залежить від архітектурної гнучкості, що дозволяє інтегрувати платіжні системи, модулі відстеження замовлень та персоналізовані кабінети користувачів, але для того щоб зробити таку систему справді працездатною, потрібно забезпечити, щоб вона могла працювати з великою кількістю даних, швидко обробляти транзакції та при цьому працювати стабільно без відмов. Головна складність є у тому, що потрібно правильно поєднати клієнтську та серверну частини, для чого зазвичай використовують сучасні архітектурні рішення та відповідні фреймворки.

Метою доповіді є обґрунтування технічних рішень та розробка архітектури клієнт-серверної системи для онлайн-замовлення та доставки продуктів харчування, що базується на використанні Django та React.

Структура розробленого рішення базується на розподілі функціональних обов’язків між незалежними сервісами. Бекенд-складова системи включає спеціалізовані застосунки для ведення бази даних страв, керування профілями користувачів та життєвим циклом замовлень, для збереження та структурування даних обрано реляційну базу даних, яка забезпечує строгу відповідність типів та надійність збереження транзакційної інформації. Використання вбудованої в Django ORM-системи дозволяє оперувати об'єктами бази даних на високому рівні абстракції, що не тільки прискорює процес розробки, а й автоматично нівелює ризики виникнення SQL-ін’єкцій [4].

Використання такої системи гарантує цілісність складних реляційних зв'язків між таблицями інгредієнтів, категорій меню та фінальних замовлень. Фронтенд-частина побудована за ієрархічним принципом, де основні модулі відповідають за динамічне відображення меню, інтерактивний кошик та особистий кабінет клієнта. Такий підхід дозволяє забезпечити високу

модульність коду, спрощує процес тестування окремих частин платформи та створює умови для її подальшого масштабування без зміни фундаментальної архітектури.

У доповіді представлено результати реалізації системи, що використовує REST-орієнтовану архітектуру для взаємодії через API. Наведені дані показують, що на продуктивність платформи впливають ефективність маршрутизації HTTP-запитів, методи управління станом на фронтенді та швидкість обміну даними у форматі JSON.

Використання Single Page Application архітектури та компонентного підходу React забезпечує мінімізацію затримок при навігації та підвищує зручність інтерфейсу користувача.

Ключовою перевагою обраного клієнтського фреймворку є використання технології Virtual DOM, яка дозволяє виконувати точкове оновлення елементів сторінки без перерендерингу всього інтерфейсу, що суттєво знижує навантаження на центральний процесор пристрою користувача.

Особливу увагу приділено оптимізації взаємодії між клієнтом та сервером шляхом впровадження асинхронних запитів, що дозволяє уникнути повного перезавантаження сторінок при маніпуляціях з кошиком або оновленні статусів замовлень.

Для забезпечення безпеки та розмежування прав доступу реалізовано механізм авторизації на основі токенів, що гарантує цілісність даних у межах користувацьких сесій. Використання інструментарію Django Rest Framework дозволило створити гнучку систему серіалізації, яка мінімізує об'єм мережного трафіку та прискорює час відгуку інтерфейсу.

Важливим елементом архітектури є логічне відокремлення модулів управління каталогом товарів та обробки замовлень, що забезпечує високу відмовостійкість системи.

Результати тестування підтвердили, що обраний підхід дозволяє ефективно обробляти черги запитів у години пікового навантаження, забезпечуючи стабільну роботу сервісу та високу швидкість візуалізації даних.

Список літератури

1. Hong C., Choi H., Choi E.-K., Joung H.-W. Factors affecting customer intention to use online food delivery services before and during the COVID-19 pandemic. Journal of Hospitality and Tourism Management. V. 48, 2021, P. 509–518. URL: https://doi.org/10.1016/j.jhtm.2021.08.012

2. Gavilan D., Balderas-Cejudo A., Fernandez-Lores S., Martinez-Navarro G. Innovation in online food delivery: Learnings from COVID-19. International Journal of Gastronomy and Food Science. V. 24, 2021, 100330. URL: https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100330

3. Banks A., Porcello E. Learning React: Modern Patterns for Developing Real-World Applications. 2nd edition. O'Reilly Media, 2020. 310 p.

Windsor W., Kaplan J. Django for APIs: Build web APIs with Python and Django. 4th edition. WelcomeToCode, 2022. 208 p.

СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ЩОДЕННИМИ ЗАВДАННЯМИ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕХАНІК ГЕЙМІФІКАЦІЇ

Шевченко А.С., Севостьянова О.М., Філімончук Т.В.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

В умовах сучасного цифрового суспільства, де інформаційний простір насичений прикладами успішних та досконалих проєктів, дедалі частіше спостерігається явище порівняльного знецінення власних досягнень. Людина, зіштовхуючись із великою кількістю прикладів ідеальних результатів, може втратити віру у власні сили, що негативно позначається на внутрішній мотивації та самооцінці.

Таким чином, виникає потреба у пошуку методів, здатних підтримувати стабільний рівень мотивації та емоційної стійкості в процесі навчання або професійної діяльності [1].

Метою доповіді є детальне обґрунтування та розробка структури системи для управління щоденними завданнями, яка базується на впровадженні базових механік гейміфікації. Головною задачею такої системи є підвищення рівня внутрішньої мотивації користувача та забезпечення стабільної ефективності під час виконання рутинних справ. У сучасних реаліях традиційні цифрові інструменти, як-от стандартні текстові списки справ або електронні календарі, часто демонструють свою обмеженість. Проблема полягає в тому, що вони виконують суто фіксаційну функцію, виступаючи лише як пасивні сховища інформації. Такі інструменти зовсім не враховують складні психологічні аспекти людської поведінки та не здатні генерувати відчуття динамічного прогресу, що призводить до ситуації, коли після короткого періоду активного використання користувач втрачає інтерес до планування, оскільки процес стає монотонним та позбавленим емоційної віддачі. Дане питання є критично важливим для студентів та молодих спеціалістів, які щодня працюють у насиченому цифровому середовищі з великою кількістю відволікаючих факторів.

У межах дослідження було проаналізовано фундаментальні підходи до стимулювання активності в цифрових інтерфейсах. Особливу увагу приділено теорії самодетермінації, яка стверджує, що для підтримки тривалої зацікавленості людина повинна відчувати власну компетентність та бачити результати своїх зусиль у зрозумілій формі. Саме тому інтеграція ігрових елементів безпосередньо у процес планування дня стає дієвим рішенням. Замість статичного переліку справ система пропонує користувачеві набір щоденних квестів. Такий підхід змінює сприйняття обов'язків, тому що завдання перестає бути обтяжливим пунктом плану і стає частиною ігрового циклу.

Коли користувач бачить перед собою обмежену кількість чітко сформульованих завдань, це знижує рівень когнітивного навантаження та допомагає краще сфокусуватися на головному, не відволікаючись на другорядні речі [2].

Основним механізмом зворотного зв'язку в системі виступає нарахування балів досвіду за кожну успішно виконану дію, що дозволяє перетворити абстрактне поняття продуктивності на конкретний цифровий показник, який можна виміряти.

Поступове заповнення шкали прогресу дає користувачеві можливість наочно побачити обсяг виконаної роботи, що є набагато ефективнішим, ніж просто видалення рядка з тексту. Так звичайна рутина отримує структуру, властиву комп'ютерним іграм, де кожен крок має значення для загального результату.

Результати тестування розробленого підходу підтвердили, що навіть базові гейміфікаційні елементи здатні суттєво змінити ставлення до щоденного планування. Користувачі вказували на те, що формат щоденних викликів допомагає подолати прокрастинацію на початковому етапі, оскільки ігрова форма робить вхід у робочий режим менш стресовим. Важливо підкреслити, що система сприяє формуванню саме стійких поведінкових паттернів.

Очікування отримання нових балів та бажання завершити денний цикл квестів стають додатковими стимулами, які підтримують регулярність використання додатка протягом тривалого часу. Це дозволяє оптимізувати особистий графік та виробити дисципліну, яка згодом переноситься і на інші сфери професійної чи освітньої діяльності.

Наведені дані показують, що поєднання психологічних принципів мотивації з простими ігровими механіками є перспективним напрямком для розвитку персональних систем управління часом. Запропонована структура системи, що базується на системі квестів та накопиченні досвіду, демонструє вищу життєздатність порівняно з класичними методами завдяки активній взаємодії з користувачем. Подальша робота над проєктом може бути спрямована на вдосконалення балансу нарахування балів залежно від складності завдань, а також на покращення інтерфейсу для більш чіткої візуалізації особистих досягнень.

Створення такого інструменту дозволяє не просто фіксувати список справ, а й будувати персоналізований простір, де продуктивність стає процесом постійного розвитку та вдосконалення власних навичок [3].

Список літератури

1. Sailor M., Homner L. The Gamification of Learning: a Meta-analysis. Educational Psychology Review. 2020. Vol. 32. P. 77–112. DOI: https://doi.org/10.1007/s10648-019-09498-w.

2. Кайдан Н., Тараненко Г. Мотивація освітнього процесу засобами гейміфікації. Збірник наукових праць фізико-математичного факультету ДДПУ. 2023. Р. 74–78. DOI: https://doi.org/10.31865/2413-26672415-3079132023295357.

3. Галицька-Дідух Т. В., Гречановська О. В., Батарейна І. О., Гурська В. А., Бабік І. В. Гейміфікація як засіб індивідуалізації навчання XXI століття. 2025. Р. 90–124. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.17407316.

МОДЕЛЬ ЗАСТОСУНКУ, ОРІЄНТОВАНОГО НА ТРЕКІНГ ІНТЕРЕСІВ

Бурда М.О., Філімончук Т.В.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

В наш час користувачі активно споживають різноманітні види медіаконтенту, серед яких виділяються фільми, книги, серіали, подкасти та онлайн-курси. Розвиток цифрових платформ та поширення мобільних пристроїв сприяють одночасній взаємодії користувачів із декількома сервісами, що призводить до формування складних цифрових слідів, які відображають інтереси, переваги та поведінкові патерни користувачів і стають об'єктом дослідження у галузі соціальних та поведінкових наук [1-3]. Актуальність задачі систематизації медіаконтенту зумовлена необхідністю формування цілісного профілю користувача та оптимізації процесів персоналізованого обслуговування в межах цифрових платформ.

Сучасні сервіси для обліку медіаактивності характеризуються вузькою спеціалізацією. Наприклад, платформа Letterboxd орієнтована виключно на кіно, тоді як Goodreads зосереджена на літературі. Такий підхід призводить до фрагментації даних та ускладнює створення комплексного профілю користувача, особливо у випадках, коли інтереси охоплюють декілька типів контенту одночасно. Крім того, більшість платформ не передбачають гнучких механізмів керування приватністю на рівні окремого запису, орієнтуючись переважно на публічну взаємодію. Як наслідок, користувачі змушені вести декілька незалежних облікових записів, що підвищує ризик дублювання інформації, втрати даних та ускладнює процес інтеграції цифрових слідів [3].

Метою доповіді є розробка структури вебзастосунку, який призначено для централізованого обліку різнотипного медіаконтенту з можливістю об'єднання даних у межах єдиної платформи.

Користувач отримує можливість фіксувати переглянуті фільми, прочитані книги, серіали, подкасти та інший контент, залишати оцінки та особисті нотатки. В основі запропонованого рішення використано уніфіковану модель даних, яка охоплює різні типи контенту з відповідними метаданими. Кожен запис належить конкретному користувачу і може мати статус приватного або публічного залежно від того, чи хоче він ділитися цією інформацією з іншими. Цей статус можна змінювати в будь-який момент без необхідності створення додаткових акаунтів. Публічні записи доступні для перегляду та коментування іншими користувачами платформи, що формує соціальну складову сервісу.

Класифікація контенту за типами, жанрами та рейтингами дозволяє формувати персоналізовані рекомендації та надавати аналітичні звіти: динаміку переглядів, розподіл за жанрами, порівняння з трендами спільноти. Соціальні функції (підписки, коментування, спільні списки) підтримують взаємодію між користувачами зі схожими інтересами. Інтеграція різнотипного контенту в єдину модель даних відкриває можливості для крос-типового

аналізу поведінки користувачів, зокрема виявлення взаємозв'язків між різними видами активності, наприклад, між читацькими та кінематографічними вподобаннями, що має практичне значення для досліджень у сфері поведінкової економіки та цифрової соціології [3]. Практична цінність розробленого рішення полягає у створенні універсального інструменту для ведення історії медіаспоживання, який поєднує персональний облік та соціальну взаємодію. Платформа може застосовуватися для освітніх, наукових та маркетингових досліджень, а також слугувати основою для подальшого розвитку систем рекомендацій та аналітичних інструментів [4].

Технічна реалізація застосунку базується на сучасному стеку технологій, який забезпечує високу продуктивність, масштабованість та зручність розробки. Використання фреймворку Next.js дозволяє створювати швидкі та SEO-оптимізовані вебзастосунки завдяки серверному рендерингу (SSR) та статичній генерації (SSG).

Такий підхід спрощує маршрутизацію, роботу з API та інтеграцію клієнтської і серверної логіки в єдиному проєкті. Для роботи з БД застосовується Prisma – сучасний ORM, який надає типобезпечний доступ до даних і значно спрощує написання запитів.

Prisma дозволяє легко моделювати структуру бази даних, виконувати міграції та підтримувати чистоту коду завдяки автогенерації типів. У ролі бекенду та інфраструктури використовується Supabase, який забезпечує готові рішення для автентифікації користувачів, зберігання даних (PostgreSQL) та роботи з файлами. Використання Supabase дозволяє значно скоротити час розробки, оскільки багато базових функцій уже реалізовано "з коробки".

Запропонована модель застосунку усуває фрагментацію існуючих сервісів обліку медіаконтенту та створює основу для комплексного аналізу цифрових слідів користувачів, підвищуючи ефективність персоналізованого підходу та відкриваючи нові перспективи у вивченні поведінки користувачів. Практична цінність роботи полягає у впровадженні інтегрованої платформи, яка об'єднує різнотипний медіаконтент, що відрізняє її від існуючих вузькоспеціалізованих рішень.

Список літератури

1. Backlinko Team. Social Media Usage Statistics. URL: https://backlinko.com/social-media-users (дата звернення: 02.04.2026).

2. Lazer D., Pentland A., Adamic L., Aral S. Computational social science. *Science*. 2009. Vol. 323, №5915. P. 721–723. DOI: https://doi.org/10.1126/science.1167742

3. Ohme J., Araujo T., Boeschoten L., Freelon D., Ram N., Reeves B.B., Robinson T.N. Digital trace data collection for social media effects research: APIs, data donation, and (screen) tracking. *Communication Methods and Measures*. 2024. Vol. 18, № 2. P. 124–141. DOI: https://doi.org/10.1080/19312458.2023.2181319

4. Zangerle E., Bauer C. Evaluating recommender systems: survey and framework. ACM Computing Surveys. 2022. Vol. 55, No. 8. Article 170. P. 1–38. DOI: https://doi.org/10.1145/3556536

МОДУЛЬ, ЩО ВІДПОВІДАЄ ЗА РОЗПОДІЛ ЗАВДАНЬ НА ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ РЕСУРСИ

Лук'янов Я.І., Філімончук Т.В.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Ефективність функціонування сучасних систем розподілу значною мірою визначається обраними стратегіями управління ресурсами, які впливають на швидкість обробки завдань, рівень використання обчислювальних ресурсів та загальну продуктивність системи [1].

У складних багаторівневих середовищах, де ресурси можуть бути гетерогенними, а потоки завдань динамічними та нерівномірними, задача оптимального планування набуває особливої актуальності.

Метою доповіді є представлення структури модуля, що забезпечує розподіл завдань між ресурсами в імітаційному середовищі, яке побудоване за модульним принципом.

Такий підхід дає змогу масштабувати стратегії планування та аналізувати їхню ефективність для різних типів навантаження.

В ході роботи в структуру модуля було інтегровано різні типи методів:

- прості методи диспетчеризації завдань: FIFO, LIFO;
- метод HPF, де вибір відбувається за принципом пріоритетності;
- метод Round Robin, де вибір здійснюється циклічним перебором;
- метод Penguin, який адаптується до змін умов роботи системи розподілу.

Для верифікації розробленого модуля було використано імітаційне середовище (ІС), яке спеціалізується на моделюванні гетерогенних систем. Налаштування середовища включали створення моделі гетерогенної мережі з різною пропускною здатністю каналів зв'язку, що дозволило детально оцінити накладні витрати на передачу завдань між вузлами при використанні різних стратегій диспетчеризації.

Програмна архітектура розробленого модуля включає логіку моніторингу та логіку прийняття рішень. Модуль включає в себе блок збору метрик, який у реальному часі отримує дані про стан черги (кількість завдань, їхні пріоритети) та стан доступних обчислювальних вузлів (поточне завантаження CPU, обсяг вільної пам'яті).

Використання об'єктно-орієнтованого підходу дозволило реалізувати кожен метод розподілу як окремий підмодуль, що полегшує порівняльний аналіз алгоритмів у межах одного експерименту.

Особлива увага в модулі приділена адаптивному методу Penguin, який реалізовано через алгоритм оптимізації колонії імператорських пінгвінів [2]. У запропонованій структурі даний метод використовується для знаходження «найкращого» з можливих рішень при розподілі ресурсів у великих хмарних середовищах, де кількість можливих комбінацій «завдання-ресурс» є занадто великою для класичних алгоритмів перебору. Такий підхід дозволяє враховувати не лише швидкість виконання, а й енергозалежні характеристики вузлів, що є критичним для сучасних центрів з обробки даних.

Алгоритмічна основа модуля, зокрема методу Penguin, орієнтована на досягнення загальносистемного оптимуму в умовах обмеження обчислювальних ресурсів. На відміну від статичних методів, адаптивний підхід дозволяє мінімізувати час простою окремих вузлів шляхом інтелектуального прогнозування стану черги, що стає можливим завдяки ітераційному пошуку оптимізованого стану системи і гарантує баланс між швидкістю обробки даних та витратами електроенергії [2].

Наведені методи було інтегровано в структуру ІС, що дозволило провести серію експериментів для оцінки їх ефективності за низкою метрик. Під час моделювання враховувалися такі показники, як середній час перебування завдання в системі та коефіцієнт завантаження обчислювальних вузлів. Для отримання достовірних даних було сформовано декілька сценаріїв вхідного потоку з різною інтенсивністю надходження запитів, що імітували реальні умови роботи. Аналіз цих даних дозволив встановити граничні умови застосування кожного з методів залежно від типу навантаження та пріоритетності поточних обчислювальних задач. Під час аналізу результатів було виявлено, що використання методу HPF дозволяє суттєво скоротити середній час очікування для критично важливих процесів, тоді як метод FIFO забезпечує найкращий розподіл серед однотипних потоків завдань [1].

Процес інтеграції методів у імітаційне середовище передбачає використання спеціалізованих інтерфейсів, які забезпечують точну передачу даних про стан ресурсів до планувальника, шо дозволяє проводити детальний моніторинг виконання кожного завдання та фіксувати відхилення від цільових показників продуктивності в режимі реального часу.

Таким чином, розроблена структура модуля стає надійним фундаментом для подальшого розширення та тестування нових алгоритмів у гетерогенних середовищах.

Проведені експерименти підтвердили, що адаптивний вибір методу розподілу, з використанням нового підходу Penguin, залежно від поточного стану черги та характеристик вузлів дозволяє зменшити час простою ресурсів, підвищити загальну пропускну здатність системи та забезпечити високу енергоефективність процесу планування. Такий підхід дозволяє досягти оптимального балансу між продуктивністю системи та енергозатратами, що є критичним для сучасних систем розподілу, а також хмарних середовищ [2].

Список літератури

1. T. Filimonchuk, M. Volk, I. Ruban, V. Tkachov. Development of information technology of tasks distribution for grid-systems using the GRASS simulation environment. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Information and controlling system. Vol.3/9 (81). 2016. P.45–53. DOI: doi.org/10.15587/1729-4061.2016.71892

2. Mansour R.F., Alhumyani H., Khalek S.A, Saeed R.A., Gupta D. Design of cultural emperor penguin optimizer for energy-efficient resource scheduling in green cloud computing environment. Cluster computing. 2022. P. 575–586. DOI: doi.org/10.1007/s10586-022-03608-0.

МОДЕЛЬ ВЕРИФІКАЦІЇ РІШЕНЬ ФІНАНСОВИХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ

Баранєй Д.І., Філімончук Т.В.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

На даний час фінансовий сектор активно використовує інтелектуальні системи для автоматизації кредитного аналізу, виявлення шахрайства, управління ризиками та підтримки прийняття рішень. Такі системи, побудовані на основі сучасних методів машинного навчання та глибинних нейронних мереж та дозволяють значно підвищити ефективність обробки великих обсягів даних, зменшити вплив людського фактору та скоротити час ухвалення рішень. Водночас зростання складності моделей призвело до формування так званої проблеми «чорної скриньки», що істотно ускладнює інтерпретацію, аудит та верифікацію прийнятих рішень [1]. Це особливо критично у фінансовій сфері, де будь-яке рішення повинно бути не лише точним, обґрунтованим та прозорим, а й таким, що відповідає регуляторним вимогам.

У наукових дослідженнях та практиці фінансових установ основна увага наразі зосереджена на підходах Explainable AI (xAI), які спрямовані на підвищення прозорості моделей шляхом пояснення отриманих результатів [2]. Зокрема, застосовуються такі методи, як локальні пояснення (LIME), адитивні моделі внесків ознак (SHAP), візуалізація важливості ознак, а також побудова сурогатних моделей. Вони дозволяють отримати уявлення про те, які фактори вплинули на конкретне рішення моделі.

Однак існуючі методи здебільшого забезпечують пояснення, а не повноцінну верифікацію рішень, що пов’язано з відсутністю єдиного підходу до визначення критеріїв пояснюваності, інтерпретованості та достовірності моделей.

У науковій спільноті відзначається розмитість цих понять та відсутність узгоджених метрик оцінювання, що ускладнює порівняння підходів та побудову універсальних моделей верифікації [2]. Крім того, пояснення, отримані за допомогою xAI-методів, можуть бути нестабільними або вводити в оману щодо реальної логіки роботи моделі, оскільки вони часто є лише апроксимацією її поведінки [3].

Це створює ризики при використанні таких методів у високоризикових фінансових застосуваннях, зокрема у кредитному скорингу, боротьбі з відмиванням коштів та оцінці інвестиційних ризиків.

Таким чином, існуючий стан розвитку характеризується переходом від простих інтерпретованих моделей до складних високоточних, але непрозорих систем, для яких класичні підходи пояснення є недостатніми. Це зумовлює необхідність розроблення нових підходів до верифікації рішень, які забезпечують не лише інтерпретацію, а й формальне підтвердження їх коректності, узгодженості та відповідності предметній області.

У цьому контексті перспективним напрямом є використання онтологічних моделей та нейросимвольних підходів, які дозволяють поєднати статистичні

методи машинного навчання з формалізованими знаннями предметної області. Подальші дослідження у цьому напрямі можуть бути спрямовані на розроблення гібридних архітектур, які забезпечують інтеграцію пояснюваності, верифікації та відповідності нормативним вимогам, а також на створення стандартизованих метрик оцінювання якості пояснень і достовірності рішень. Це сприятиме формуванню більш надійних, прозорих і відповідальних інтелектуальних систем у фінансовому секторі.

Метою доповіді є обґрунтування складових багаторівневої онтологічної моделі представлення знань про процеси формування автоматизованих аналітичних результатів.

Запропонований підхід орієнтований на інтеграцію різнорідних джерел знань та забезпечення узгодженого опису як внутрішніх характеристик моделей штучного інтелекту, так і зовнішніх обмежень предметної області.

На відміну від існуючих рішень, розроблена модель передбачає спільне представлення метаданих інтерпретації моделей штучного інтелекту та нормативних вимог, що регламентують процес прийняття рішень, що дозволяє поєднати формалізовані описи алгоритмічних процедур із експертними знаннями, які зазвичай мають детермінований характер та задаються у вигляді правил, обмежень або категорій.

Важливою особливістю моделі є забезпечення узгодження між стохастичною природою параметрів моделей машинного навчання та детермінованими характеристиками предметної області. Завдяки цьому стає можливим формалізувати логічні зв'язки між результатами обчислювальних процедур та експертними інтерпретаціями, що підвищує прозорість та пояснюваність отриманих результатів.

Запропонований підхід створює цілісний методологічний базис для семантичної верифікації результатів інтелектуального аналізу даних, що сприяє підвищенню довіри до автоматизованих систем, забезпечує можливість контролю їх відповідності нормативним вимогам та відкриває перспективи для подальшого розвитку систем підтримки прийняття рішень на основі штучного інтелекту.

Список літератури

1. John I. Explainable AI Models for Financial Decision Systems. – 2024. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/393453395_Explainable_AI_Models_for_Financial_Decision_Systems (дата звернення: 10.04.2026).

2. Černevičienė J., Kabašinskas A. Explainable artificial intelligence (XAI) in finance: a systematic literature review. Artificial Intelligence Review. Vol. 57, article number 216, 2024. DOI: https://doi.org/10.1007/s10462-024-10854-8

3. Evite P.M., Svetlova E., Bucur D. Trade-offs in Financial AI: Explainability in a Trilemma with Accuracy and Compliance. arXiv preprint arXiv:2602.01368v1. 2025. DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.2602.01368

МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ПОБУДОВИ АДАПТИВНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ З ЕЛЕМЕНТАМИ КОГНІТИВНОЇ ОБРОБКИ ДАНИХ

Шостак М.В., Показій К.О.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Сучасні інформаційні системи функціонують в умовах постійного зростання обсягів даних, що потребує використання нових підходів до їх обробки та аналізу. Традиційні методи часто не забезпечують необхідної ефективності, особливо при роботі з неструктурованими або слабо структурованими даними. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває використання когнітивних методів у поєднанні з адаптивними механізмами обробки інформації.

Когнітивні методи базуються на моделюванні процесів мислення людини та включають використання штучних нейронних мереж, систем машинного навчання, семантичного аналізу та обробки природної мови. Це дозволяє системам аналізувати дані на більш глибокому рівні, враховувати контекст і формувати узагальнення на основі отриманої інформації [1].

Адаптивність системи забезпечується за рахунок використання алгоритмів самонавчання, які дозволяють змінювати параметри моделей у процесі роботи.

Це забезпечує підвищення точності обробки даних і здатність системи пристосовуватися до змін у середовищі. Важливу роль відіграють також методи підкріплювального навчання, які дозволяють оптимізувати процес прийняття рішень на основі зворотного зв'язку [2].

Застосування когнітивних методів у поєднанні з технологіями Big Data дозволяє обробляти значні обсяги інформації в режимі реального часу. Це відкриває можливості для використання таких систем у різних галузях, включаючи фінанси, медицину, транспорт та управління складними технічними об'єктами [3].

Однією з важливих задач є забезпечення масштабованості системи. Використання розподілених обчислювальних середовищ і хмарних технологій дозволяє ефективно розподіляти обчислювальні ресурси та забезпечувати високу продуктивність системи [4].

Крім того, важливим є питання інтеграції когнітивних систем із існуючими інформаційними системами. Це потребує розробки стандартизованих інтерфейсів і протоколів взаємодії, що забезпечують сумісність і ефективний обмін даними [5].

Метою доповіді є дослідження застосування когнітивних методів у адаптивних інформаційних системах для обробки великих даних, а також визначення основних напрямів підвищення їх ефективності та масштабованості.

У доповіді проаналізовано сучасні підходи до використання когнітивних технологій, розглянуто методи адаптації систем до змін середовища та

запропоновано перспективні напрями розвитку інтелектуальних інформаційних систем.

Список літератури

1. Бондаренко О.М. Методи машинного навчання. Харків: ХНУРЕ, 2023. DOI: https://doi.org/10.34725/kharkiv.ml.2023.001
2. Коваленко А.В. Когнітивні інформаційні системи. Київ: НАУ, 2022. DOI: https://doi.org/10.34725/nau.cognitive.2022.002
3. Bishop C. Pattern Recognition and Machine Learning. 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/prml.2023.003
4. Mitchell T. Machine Learning. 2022. DOI: https://doi.org/10.1007/ml.2022.004
5. Davenport T. Cognitive Computing. 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/cognitive.2023.005

АКТУАЛЬНІСТЬ АГРЕГУЮЧИХ ЗАСТОСУНКІВ-ПЛАНУВАЛЬНИКІВ ДЛЯ ПРОДОВОЛЬЧОЇ СФЕРИ

Полятичко Б. В., Холєв В. О.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

На сьогоднішній день, в умовах воєнного стану в Україні, особливої актуальності набуває питання ефективного планування придбання продовольчих товарів. Це зумовлено необхідністю мінімізації часу перебування у громадських місцях та підвищення рівня безпеки населення. Важливим є оперативне отримання інформації щодо наявності та асортименту продуктів у магазинах, розташованих поблизу користувача. Це дозволяє уникнути неефективного пошуку товарів та забезпечує впевненість у їх наявності перед відвідуванням торгової точки.

Одним із перспективних рішень є використання агрегуючих застосунків-планувальників, які поєднують функції формування списку покупок та моніторингу наявності товарів у різних магазинах. Такі системи є невід'ємною частиною сучасних управлінських інформаційних систем, що допомагають цифровізувати взаємодію користувача з ринком [1].

Аналіз існуючих рішень показав відсутність подібних застосунків, які б одночасно реалізовували функції агрегування асортименту і цін, планування покупок (з експортуванням у документ, на пошту, чи у чат-бот Telegram) та аналізу кошику (за калоріями та історією покупок) у межах одного сервісу, що вимагає застосування комплексних методів програмної інженерії для їх проектування [2, 3]. Проблема ускладнюється високою динамічністю цін, акційних пропозицій та залишком товару на складах, що змінюються щогодини. А моніторинг різних торговельних мереж власноруч створює надмірне інформаційне навантаження на споживача, що часто призводить до помилок у плануванні та зайвих витрат часу. Автоматизація процесу агрегації даних із різних джерел дозволяє перетворити розрізнену інформацію на структуровану, для швидкого аналізу та прийняття рішень користувачем.

Метою доповіді є розробка архітектури програмного застосунку-планувальника для формування списку покупок продовольчих товарів, з урахуванням їх наявності у вибраних магазинах.

У доповіді передбачається опис системи, що дозволить користувачам ефективно планувати покупки, експортувати їх список покупок у зручному форматі, та зменшити час на їх здійснення.

Для реалізації обрано мову C# та платформу .NET Framework [4]. Взаємодія з даними забезпечується через нереляційну СУБД MongoDB, що дозволяє гнучко працювати з динамічними структурами даних про товари [5]. Архітектура системи базується на паттерні MVVM, а інтерфейс користувача розробляється з урахуванням принципів Usability Engineering для забезпечення комфортної роботи на десктопних платформах [6].

Одним із ключових викликів при створенні таких систем є нормалізація даних, отриманих із гетерогенних джерел (API різних маркетів, веб-ресурси). Оскільки кожна торговельна мережа використовує власні стандарти опису товарів, застосунок має реалізовувати алгоритми уніфікації атрибутів. Це забезпечить можливість релевантного порівняння цін та коректного сортування пропозицій. Саме використання нереляційного підходу до зберігання даних у MongoDB дозволяє ефективно оперувати такими слабоструктурованими масивами, зберігаючи високу швидкість відгуку системи [5]. Але на етапі проєктування буде використано ручне заповнення даних адміністратором, бо, на даному етапі, великі корпорації супермаркетів не дадуть згоду на використання їх закритих API. Тому, створення даного застосунку буде потужною базою для подальшого розвитку у майбутньому.

Таким чином, розробка запропонованого застосунку-планувальника дозволить не лише автоматизувати процес моніторингу цін та наявності товарів, а й суттєво підвищити рівень особистої безпеки користувачів за рахунок мінімізації часу перебування у громадських місцях. Використання обраного технологічного стеку, у поєднанні зі зберіганням у базі даних, та розгортанням власного API серверу, забезпечує високу швидкість роботи та масштабованість системи. Створення такого інтегрованого інструменту є актуальним кроком у напрямку цифровізації побутової логістики, що має реальний потенціал для впровадження та відповідає нагальним потребам сучасного українського суспільства.

Список літератури

1. Laudon K. C., Laudon J. P. Management Information Systems: Managing the Digital Firm. 16th ed. Pearson. 2020. 669 p.
2. K Sommerville I. Software Engineering. 10th ed. Pearson Education Limited. 2016. 816 p.
3. Pressman R. S., Maxim B. R. Software Engineering: A Practitioner's Approach. 8th ed. McGraw-Hill Education. 2014. 970 p.
4. Microsoft. .NET Documentation. URL: https://learn.microsoft.com/dotnet.
5. MongoDB Inc. MongoDB Documentation. URL: https://www.mongodb.com/docs.
6. Nielsen J. Usability Engineering. Morgan Kaufmann Publishers. 1994. 362 p.

ЗНАЧЕННЯ ПРОЄКТНОЇ ТА ВЕРИФІКАЦІЙНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ В РОЗРОБЦІ ЦИФРОВИХ АПАРАТНИХ СИСТЕМ

Васильєв О.Ю., Філіппенко О.І.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Метою дослідження є визначення ролі проєктної та верифікаційної документації в процесі розробки цифрових апаратних систем на базі ПЛІС та ASIC, а також обґрунтування її значення як засобу інформаційної підтримки етапів проєктування, верифікації, перевірки готового пристрою та подальшого супроводу.

Зміст дослідження. У процесі розробки цифрових апаратних систем важливе значення має не лише створення RTL-описів, тестового оточення та засобів функціональної перевірки, а й формування впорядкованого інформаційного середовища проєкту. Одним із ключових його елементів, незалежно від критичності системи що розробляється, є проєктна та верифікаційна документація, що забезпечує фіксацію вимог, структури системи, логіки взаємодії модулів, критеріїв перевірки та умов прийняття результатів [1,2]. У цьому контексті документація виступає не як формальний супровідний додаток, а як інструмент організації розробки, що забезпечує узгодженість між етапами специфікації, проєктування, реалізації, верифікації та супроводу цифрового виробу.

До основних видів документації в апаратних проєктах належать специфікація вимог, архітектурний документ, дизайн-документ, опис інтерфейсів, обмежень і режимів роботи, а також верифікаційний план і матеріали аналізу результатів перевірки. Архітектурний документ визначає верхній рівень організації системи, склад функціональних блоків, принципи їх взаємодії та ключові технічні обмеження. Дизайн-документ деталізує реалізаційні рішення на рівні модулів, форматів даних, сигналів керування та особливостей інтеграції [1,2]. У сукупності такі документи формують структуроване подання знань про систему та створюють основу для узгодженої роботи між розробниками, верифікаторами й інтеграторами.

Окрему роль відіграє верифікаційна документація, насамперед план верифікації, у якому формалізуються цілі перевірки, перелік функцій і режимів, що підлягають підтвердженню, тестові сценарії, критерії покриття та умови завершення верифікації. Наявність такого документа дає змогу встановити зв’язок між вимогами, архітектурними рішеннями, реалізацією та процедурами перевірки. Це підвищує прозорість процесу верифікації, спрощує виявлення непокритих функцій і покращує контроль повноти перевірки на різних рівнях ієрархії цифрової системи [3,4]. Для розробки на базі ПЛІС та ASIC це особливо важливо, оскільки складність сучасних апаратних рішень вимагає системного підтвердження відповідності реалізації початковим вимогам.

Проєктна та верифікаційна документація також виконує важливу інформаційно-комунікаційну функцію. Вона забезпечує єдине трактування

технічних рішень, полегшує передачу знань між учасниками розробки та створює основу для використання систем керування версіями, засобів трасування змін і інструментів автоматизованої перевірки [2]. Використання таких генераторів документації, як Doxygen або Sphinx, дозволяє інтегрувати опис архітектури безпосередньо у процес розробки, що забезпечує не лише технічний зміст, а й інформаційну підтримку життєвого циклу системи.

Значення таких документів не обмежується етапом безпосередньої розробки. Після завершення створення цифрового пристрою документація залишається корисною під час його перевірки, зіставлення фактичної поведінки з початковими вимогами, аналізу коректності інтеграції та проведення приймальних випробувань. За наявності дефектів або потреби внесення змін вона дає змогу швидко відновити контекст прийнятих рішень, оцінити вплив модифікацій на суміжні блоки та визначити, які процедури перевірки необхідно виконати повторно [4].

Не менш вагомою є роль документації на етапі підтримки готового виробу. Для цифрових апаратних систем на ПЛІС та ASIC після введення в експлуатацію актуальними залишаються задачі супроводу, локалізації відмов, модернізації окремих вузлів, адаптації до нових вимог і повторного використання частини рішень у наступних проєктах.

У таких умовах документація забезпечує збереження технічного знання про виріб, підтримує простежуваність зв’язків між вимогами, архітектурою, реалізацією і результатами перевірки та знижує ризик втрати критично важливої інформації при зміні складу команди.

Проєктна та верифікаційна документація є важливим засобом організації та інформаційної підтримки розробки цифрових апаратних систем на базі ПЛІС та ASIC. Її наявність забезпечує узгодженість між етапами проєктування, реалізації, верифікації та підтримки, спрощує перевірку завершеного пристрою та зберігає практичну цінність на подальших етапах життєвого циклу апаратного проєкту.

Список літератури

1. DO-254 for the FPGA Designer (WP401). AMD Xilinx White Paper. 2012. Revision 1.0.1. URL: https://docs.amd.com/v/u/en-US/wp401_DO254_FPGA_Designer (дата звернення: 30.03.2026).

2. Cirstea M., Benkrid K., Dinu A., Ghiriti R., Petreus D. Digital Electronic System-on-Chip Design: Methodologies, Tools, Evolution, and Trends. Micromachines. 2024. Vol. 15, No. 2. Art. 247. DOI: 10.3390/mi15020247.

3. Witharana H., Lyu Y., Charles S., Mishra P. A Survey on Assertion-Based Hardware Verification. ACM Computing Surveys. 2023. Vol. 54, No. 11s. Art. 164. DOI: 10.1145/3510578.

4. Ceesay-Seitz K., Boukabache H., Perrin D. A Functional Verification Methodology for Highly Parametrizable, Continuously Operating Safety-Critical FPGA Designs: Applied to the CERN RadiatiOn Monitoring Electronics (CROME). In: Computer Safety, Reliability, and Security (SAFECOMP 2020). Lecture Notes in Computer Science. Cham: Springer, 2020. Vol. 12234. P. 67–81. DOI: 10.1007/978-3-030-54549-9_5.

ПОРТАТИВНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ СЕРЦЕВОГО РИТМУ

Рожнова Т.Г., Васищев О.І.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Контроль показників діяльності серця людини є вкрай важливим для діагностики та лікування серцевих захворювань. Наукові дослідження в галузі кардіології характеризуються динамічним розвитком і впровадженням інноваційних технологій, що сприяє вдосконаленню методів діагностики серцево-судинних захворювань (ССЗ), під якими розуміється патологічні стани, які вражають серце та кровоносні судини. Сучасні технології для постійного моніторингу забезпечують можливість їх виявлення на доклінічних стадіях розвитку.

Отже в сучасних умовах спостерігається перехід до нової парадигми охорони здоров'я людини, що грунтується на профілактичному, персоналізованому та прогностичному підходах. Профілактичний підхід передбачає своєчасне виявлення факторів ризику та запобігання розвитку захворювань; персоналізований підхід передбачає адаптацію діагностичних і лікувальних стратегій до індивідуальних особливостей людини; та саме, прогностичний підхід використовує аналітичні моделі і цифрові технології для оцінювання ймовірності виникнення патологічних станів у майбутньому [1].

Реалізація цих трьох підходів передбачає систематичний моніторинг функціонального стану організму людини, навіть за відсутності клінічних проявів серцевих захворювань. Бачимо, що у цьому контексті особливої уваги набуває контроль показників серцевої діяльності, а саме частоту серцевих скорочень, варіабельність серцевого ритму, показники артеріального тиску та дані електрокардіографії.

Протягом останніх десятиліть розробляються системи моніторингу, що носяться постійно, мотивовані необхідністю контролювати стан здоров'я людини поза лікарнею.

Така система може надавати інформацію про стан здоров'я в режимі реального часу як самому собі, так і лікарю в лікарні, або навіть попереджати людину про можливі неминучі загрози здоров'ю. Крім того, системи біосенсорів, що носиться, пропонують також чудову альтернативу для вирішення питань лікування та моніторингу хронічних захворювань, людей похилого віку, пацієнтів після операційної реабілітації та осіб з особливими можливостями [2].

Розроблено систему моніторингу серцевого ритму, що призначена для відслідковування серцевих скорочень та передачі даних на мобільний пристрій користувача та інформуванню про виявлення критичних показників пульсу.

Система складається з пристрою який людина буде носити на собі притуленим до частин тіла на яких краще всього зчитувати пульс – це пальці, або передпліччя рук, а також з Android додатка, який встановлюється на смартфон користувача. Під час розробки пристрою використано технології проектування на базі Arduino та методи розробки Android додатків,

застосовано засоби передачі даних через Bluetooth та сервіси для фонової роботи.

Для постійного моніторингу серцевого ритму була розроблена своя імплементація Foreground Service, до якої в якості залежностей приходять всі необхідні об'єкти для зчитування та відображення даних.

В Android Foreground Service буде працювати безперервно після його запуску. Відповідно до функціоналу в додатку є необхідність повідомлення обраних користувачів про критичні показники. Для цього використовується сервіс для «Push» повідомлень – Firebase Cloud Messaging. За допомогою Firebase реалізується як відправка повідомлень так і їх отримання на додатку (рис. 1).

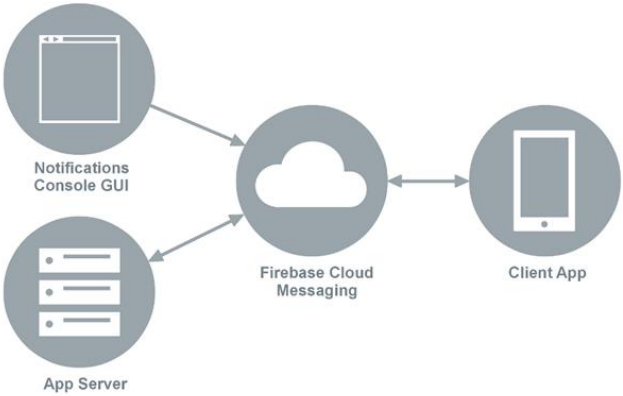

Рисунок 1 – Принцип роботи Firebase Cloud Messaging

Для перевірки правильного зчитування показників система була протестована на точність зчитування показників та безперебійність роботи.

Інтеграція інформаційних технологій у сферу кардіології створює широкі передумови для підвищення якості своєчасної медичної допомоги, зниження рівня захворюваності та смертності від ССЗ, а також переходу до більше ефективного, превентивно-орієнтованого типу моделі охорони здоров'я людини. Особливої актуальності набуває використання портативних комп'ютеризованих систем моніторингу показників серцевої діяльності людини.

Список літератури

1. Серцево-судинні захворювання (ССЗ). URL: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds) (дата звернення: 10.04.2026).

2. A Survey on Wearable Biosensor Systems for Health Monitoring. / Alexandros Pantelopoulos and Nikolaos Bourbakis. // 30th Annual International IEEE EMBS Conference Vancouver, British Columbia, Canada, August 20-24, 2008. URL: https://www.dhi.ac.uk/san/waysofbeing/data/health-jones-pantelopoulos-2008b.pdf (дата звернення: 10.04.2026).

ПРАКТИЧНІ ПРОБЛЕМИ ОРКЕСТРАЦІЇ МУЛЬТИАГЕНТНИХ СИСТЕМ У ЗАДАЧАХ АВТОМАТИЗАЦІЇ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ КОРИСТУВАЧІВ В РАМКАХ SaaS-ПРОДУКТУ

Рєзник М.О., Чумаченко С.В.
ТОВ «Праймкор», Харків, Україна
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Автоматизація бізнес-процесів у сучасних SaaS-рішеннях на основі штучного інтелекту переходить від виконання окремих детермінованих операцій до підтримки багатокрокових сценаріїв, у межах яких система повинна аналізувати контекст, обирати послідовність дій, розподіляти ролі між спеціалізованими компонентами та адаптувати логіку виконання до змінних умов. У таких сценаріях мультиагентні системи є доцільними, оскільки дають змогу розподіляти функції планування, аналізу, валідації, маршрутизації та інтеграції між окремими агентами. Практична ефективність такого підходу визначається не стільки можливостями окремого агента, скільки якістю оркестрації всієї системи. Для множини агентів критичними стають сумісність ролей, повторюваність результатів, своєчасне оновлення логіки та керованість змін [1, 2].

У межах SaaS-продукту оркестрація має виконувати функцію окремого керівного шару, який задає послідовність дій, правила передавання контексту, умови переходів між станами, механізми блокування конфліктних операцій, ресурсні обмеження, порядок залучення людини до процесу та завершення сценарію. За відсутності такого шару мультиагентна архітектура породжує координаційні витрати: дублювання задач, конфлікти станів, втрату бізнес-контексту, непрозорість маршруту та неконтрольоване споживання ресурсів. Практичні приклади мультиагентних систем показують, що атомарне призначення задач, ієрархія цілей і контроль бюджету є не допоміжними опціями, а базовими умовами стабільної роботи [2, 3].

Однією з базових проблем є вибір моделі оркестрації. Динамічна оркестрація через великі мовні моделі забезпечує високу адаптивність, оскільки план формується безпосередньо під час виконання. Проте слабкість цього підходу полягає в тому, що якість усього маршруту залежить від формулювання запиту, а будь-яка зміна вхідних умов може призвести до появи нового плану або іншого формату результату. Така модель ускладнює аудит, тестування та пояснення того, чому було обрано саме цей сценарій [1, 3]. Окрему небезпеку становлять галюцинації та каскадне поширення семантичної помилки, коли хибний висновок одного агента стає основою для коректно виконаних, але змістовно неправильних наступних кроків [1, 2].

Детермінована оркестрація, навпаки, спирається на формально задані переходи, умови та контрольні точки. Вона краще підтримує стабільність, регресійне тестування, трасування та відповідність регламентованим бізнес-процесам. Її обмеженням є низька гнучкість: зміна маршруту, виняткової умови або інтеграції потребує перегляду процесної логіки [1, 3]. Тому повністю жорстка схема також не є універсальним рішенням для SaaS-продуктів, де бізнес-процеси

користувачів відрізняються за структурою та правилами. Найбільш доцільною є гібридна оркестрація, у якій BPMN або подібний процесний рушій задає формальний каркас процесу, а агенти виконують інтелектуальні функції всередині контрольованого сценарію [1–3]. Саме такий підхід дозволяє перевіряти рішення агентів у контрольних точках, підтримувати потоки повідомлень і реалізовувати участь людини в контурі керування, а також підтримку довготривалих процесів [2, 3].

Практичні проблеми оркестрації в SaaS-продуктах концентруються в кількох взаємопов'язаних вузлах.

1. Керованість міжагентної взаємодії. Зі збільшенням кількості агентів ускладнюється маршрутизація задач, зростає кількість службових повідомлень і підвищується ризик беззмістовного дроблення роботи. Якщо глобальна ціль сформульована нечітко, система починає генерувати надмірну кількість підзадач і імітувати активність без пропорційного зростання корисного результату. Отже, оркестрація повинна формалізувати дерево цілей, ролі агентів та межі їхньої самостійності [1, 3].

2. Дублювання та конкурентне виконання задач. У мультиагентному середовищі кілька агентів можуть одночасно взяти в роботу одну й ту саму сутність, що збільшує витрати на обчислення та спотворює стан процесу. Практичним рішенням є атомарне призначення задач, блокування конкурентного доступу та фіксація статусів виконання [2, 3].

3. Ізоляція агентів. Розміщення всіх агентів у межах одного сервісу спрощує обмін контекстом, але зменшує контроль і збільшує радіус ураження у разі ін'єкції вхідних інструкцій або локальної помилки. Саме тому доцільною є ізоляція агентів у відокремлених середовищах, зокрема в контейнерах, із розділенням контекстів, ресурсних квот, журналів і метрик [1, 3].

4. Трасованість рішень. Бізнес-процес вимагає можливості відновити, який агент ініціював дію, на основі яких даних вона була виконана, який маршрут проходження мав запит і скільки було повторних спроб. Практика показує, що для цього недостатньо довільного обміну повідомленнями; потрібен структурований протокол взаємодії з кореляційними ідентифікаторами, часовими обмеженнями, параметрами життєвого циклу контексту, ключами ідемпотентності та наскрізним моніторингом. У мікросервісному SaaS-середовищі часто доцільніше будувати власний протокол поверх наявної шини повідомлень, ніж покладатися на універсальні схеми, оскільки це дає змогу точніше налаштувати маршрутизацію, корисне навантаження та аудит [1, 3].

5. Ресурсний контроль. Мультиагентна система здатна швидко збільшувати кількість викликів моделей, повторних спроб і допоміжних кроків. Якщо агент потрапляє в цикл помилок або безрезультатних уточнень, бюджет може бути вичерпано за короткий час. Тому бюджетні обмеження, механізми автоматичної паузи, періодичного контролю стану та політики зупинки неефективних сценаріїв є частиною оркестраційної логіки, а не лише інфраструктурним засобом [2], [3].

6. Підтримка довготривалих процесів і людського втручання. Частина бізнес-процесів включає очікування відповіді користувача, зовнішніх інтеграцій,

погоджень, тайм-аутів і відкладеного відновлення. У таких випадках процесний рушій повинен переводити схему в режим очікування, зберігати контекст і коректно відновлювати сценарій після події чи підтвердження. Аналогічно, у критичних точках, за низької впевненості моделі або за юридично чи фінансово значущих дій, система має передавати керування людині без руйнування процесної логіки [2, 3].

Окрему прикладну проблему становить розрізненість навіть типових бізнес-процесів у різних компаніях. Однакові за назвою процеси - онбординг клієнта, погодження документа, обробка звернення або маршрутизація заявки - у різних організаціях відрізняються складом етапів, послідовністю переходів, правилами ескалації, ролями учасників, винятками та зовнішніми інтеграціями. Це унеможливлює використання однієї жорсткої універсальної схеми автоматизації в межах SaaS-продукту.

Відповідно, оркестраційний шар повинен підтримувати налаштування під специфічний процесний конвеєр конкретної компанії без повного перепроєктування системи.

При цьому така гнучкість має поєднуватися з формальними обмеженнями, валідацією конфігурацій і контрольованими межами кастомізації, інакше налаштовуваність призведе до втрати цілісності процесу. Це додатково підсилює доцільність гібридної моделі, у якій змінними є параметри та окремі елементи процесу, а не самі базові принципи його керування [1, 3].

Отже, практичні проблеми оркестрації мультиагентних систем у SaaS-продуктах зосереджені навколо таких вузлів: керованість міжагентної взаємодії, дублювання і конкурентне виконання задач, ізоляція агентів, трасованість рішень, ресурсний контроль, підтримка довготривалих процесів і варіативність бізнес-процесів між компаніями. Найбільш доцільною архітектурною відповіддю на ці виклики є гібридна оркестрація, у якій формалізований процесний каркас, контрольні точки та правила безпеки поєднуються з агентною адаптивністю на рівні окремих інтелектуальних задач [1–3].

Саме така модель створює підґрунтя для побудови SaaS-продуктів, здатних автоматизувати специфічні користувацькі процесні конвеєри без втрати керованості, відтворюваності та масштабованості [1, 3].

Список літератури

1. Li X., Wang S., Zeng S., Wu Y., Yang Y. A survey on LLM-based multi-agent systems: workflow, infrastructure, and challenges // Vicinagearth. 2024. Vol. 1, No. 1. DOI: 10.1007/s44336-024-00009-2.

2. Wu Q., Bansal G., Zhang J., Wu Y., Li B., Zhu E., Jiang L., Zhang X., Zhang S., Liu J., Awadallah A. H., White R. W., Burger D., Wang C. AutoGen: Enabling next-gen LLM applications via multi-agent conversation // arXiv preprint. 2023. arXiv:2308.08155. DOI: 10.48550/arXiv.2308.08155.

3. Tran K.-T., Dao D., Nguyen M.-D., Pham Q.-V., O'Sullivan B., Nguyen H. D. Multi-agent collaboration mechanisms: A survey of LLMs // CoRR. 2025. abs/2501.06322. DOI: 10.48550/arXiv.2501.06322.

АДАПТИВНА МОДЕЛЬ РУХУ КІНЦІВКИ ДЛЯ НЕЙРОРЕАБІЛІТАЦІЇ

Кулак Е.М., Мірошник А.М., Кулак Г.К.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Пошук підходів, які забезпечують максимально наближене до природного відтворення рухів руки під час взаємодії з визначеною точкою у просторі, становить один із ключових напрямів розвитку сучасних роботизованих систем. Актуальність таких досліджень обумовлена зростанням потреби у технологіях, здатних ефективно доповнювати та підтримувати діяльність людини в медичній, соціальній і виробничій сферах.

Зокрема, зазначені рішення мають значний потенціал у галузі моторної реабілітації, включаючи створення навчальних і допоміжних протезів для осіб із частковою або повною втратою контролю над рухами кінцівок, зокрема внаслідок нейродегенеративних патологій.

Класичний контролю над рухами кінцівок базується на поданні кінцівки як сукупності взаємопов'язаних ланок, організованих у ієрархічну структуру типу «предок–нащадок» (наприклад, плече – передпліччя), де передача руху відбувається від кінцевого елемента до базового [1]. Такий підхід зворотної кінематики набув широкого застосування в робототехніці, зокрема для реалізації просторових переміщень маніпулятора без необхідності індивідуального керування кожним його сегментом. Водночас суттєвим недоліком цього методу є обмежена природність сформованих траєкторій у порівнянні з рухами людини.

Альтернативою є теорія перцептивного контролю, яка інтерпретує поведінку біологічних систем як результат функціонування замкнених контурів регуляції з негативним зворотним зв'язком [2, 3]. У межах цього підходу стабілізація контрольованої величини досягається шляхом компенсації відхилень через взаємодію з навколишнім середовищем. На відміну від технічних систем, де значення параметрів задаються зовнішнім оператором, у живих організмах еталонні (референтні) значення формуються внутрішньо. Найпростішими проявами таких механізмів є рефлекторні реакції та процеси гомеостазу [4].

Метою доповіді є адаптивна модель руху кінцівки для реабілітації при нейродегенеративних патологіях. Вона необхідна для створювання пристрою, який багаторазово рухатиме малорухливу руку пацієнта, торкаючись якихось точок у просторі, змушуючи пацієнта формувати нові нейронні зв'язки у його мозку.

Для моделювання руху людської руки необхідно враховувати її кінематичні характеристики, зокрема швидкість і траєкторію. Експериментальні дослідження свідчать, що швидкість руху має нелінійний характер [5]: тангенціальна швидкість під час досягнення цілі наближається до нормального розподілу — спочатку зростає, досягає максимуму, після чого зменшується, що відповідає природному уповільненню для підвищення точності. Урахування цих особливостей дозволяє підвищити біоміметичність рухів роботизованих систем.

У роботі запропоновано відмовитися від класичних підходів, зокрема оберненої кінематики та безперервного обчислення кутів у суглобах, і застосувати принципи теорії перцептивного керування. Даний підхід базується на використанні контурів із негативним зворотним зв'язком, що забезпечують підтримання контрольованої змінної на заданому рівні за рахунок взаємодії із зовнішнім середовищем.

На відміну від інженерних систем, у біологічних організмах еталонні значення формуються внутрішньо, що відображає природні механізми регуляції, зокрема рефлекси.

Для реалізації природного руху маніпулятора запропоновано використовувати вимірювання відстані до цільового об'єкта, зокрема за допомогою сенсора, розміщеного на кінцевому ефекторі. Такий підхід є доцільним для реабілітаційних застосувань, де робот забезпечує повторювані рухи кінцівки пацієнта, сприяючи формуванню нових нейронних зв'язків. У цьому випадку ключовим є відтворення траєкторії кінцевої точки (пальця), тоді як необхідні кути в суглобах формуються природним чином.

Запропонована модель керування має ієрархічну структуру. На верхньому рівні функціонує таймер, що задає дискретні інтервали часу для вимірювання та корекції руху. Нижчий рівень реалізує вимірювання відстані до цілі та передає відповідні дані до обчислювального модуля, який визначає швидкість і прискорення.

Отримані параметри використовуються для керування приводами маніпулятора.

Розроблено алгоритм обчислення швидкісних характеристик, який може бути реалізований програмно або у вигляді ітераційного керуючого автомата.

Список літератури

1. D'Souza. Learning inverse kinematics / D'Souza, Aaron, Sethu Vijayakumar, and Stefan Schaal // Proceedings 2001 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. Expanding the Societal Role of Robotics in the the Next Millennium (Cat. No. 01CH37180). Vol. 1. IEEE, 2001, pp. 298-303.

2. Mansell, W. 2022. An Integrative Control Theory Perspective on Consciousness. Psychological Review. https://doi.org/10.1037/rev0000384.

3. Floegel, Mareike; Kasper, Johannes; Perrier, Pascal; Kell, Christian A. (30 March 2023). «How the conception of control influences our understanding of actions». Nature Reviews Neuroscience. 24 (5): 313–329. DOI:10.1038/s41583-023-00691-z. PMID 36997716. S2CID 257857085.

4. Marken Richard. Behavioral illusions: The Snark is a Boojum / Richard Marken, Richard Kennaway, Tauseef Gulrez // Theory & Psychology 2022, Vol. 32(3) pp. 491–514. DOI:10.1177/09593543211070271.

5. Atkeson Christopher G. Kinematic Features of Unrestrained Vertical Arm Movements / Christopher G. Atkeson and John M. Hollerbach, Artificial Intelligence Laboratory and Department of Psychology, Massachusetts Institute of Technology. Cambridge, Massachusetts // The Journal of Neuroscience Vol. 5, No. 9, September 1985, pp. 2318-2330.

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ

Тарасенко Д.П., Порошенко А.І.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Сучасні комп'ютерні мережі відіграють ключову роль у забезпеченні передачі великих обсягів інформації, що є основою функціонування економічних і соціальних систем.

Зростання кількості користувачів, підключених пристроїв і цифрових сервісів призводить до значного збільшення навантаження на мережеву інфраструктуру.

Обмеженість ресурсів, затримки передачі даних та перевантаження каналів можуть суттєво знижувати ефективність роботи мереж. У зв'язку з цим підвищення пропускної здатності комп'ютерних мереж є критично важливим завданням для забезпечення стабільного та якісного обслуговування користувачів [1].

Підвищення пропускної здатності мереж досягається за рахунок використання сучасних технологій і методів.

Зокрема, технологія SDN дозволяє ефективно розподіляти ресурси мережі та зменшувати перевантаження за рахунок централізованого управління трафіком [2].

Поєднання SDN та NFV забезпечує підвищення продуктивності, зменшення затримок і збільшення пропускної здатності мереж за рахунок віртуалізації мережевих функцій [3, 4].

Метою доповіді є аналіз основних методів підвищення пропускної здатності комп'ютерних мереж та визначення ефективних підходів до їх реалізації в умовах зростаючих вимог до швидкості, надійності та якості передачі даних.

Показано, що застосування алгоритмів балансування навантаження та інтелектуального управління трафіком дозволяє оптимізувати використання мережевих ресурсів і підвищити якість обслуговування.

Список літератури

1. Zhang B., Liu X. SDN Control Strategy and QoS Optimization Simulation Performance Based on Improved Algorithm // Wireless Communications and Mobile Computing. – 2022.

2. Khan A., et al. An overview of QoS-aware load balancing techniques in SDN-based IoT networks // Journal of Cloud Computing. – 2024.

3. Al-Jawad A., et al. Integrated SDN-NFV 5G Network Performance and Management-Complexity Evaluation // Future Internet. – 2022.

4. William Stallings – Foundations of Modern Networking: SDN, NFV, QoE, IoT, and Cloud, Pearson, 2016.

АНАЛІЗ ПРИНЦИПІВ МАРШРУТИЗАЦІЇ В IP-МЕРЕЖАХ

Сущенко А.О., Гончаренко Б.М., Порошенко А.І.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Маршрутизація в IP-мережах є базовим механізмом забезпечення зв'язності, масштабованості та якості передавання даних у сучасній цифровій інфраструктурі. На внутрішньому рівні зазвичай використовуються протоколи класу IGP, зокрема OSPF, тоді як на міждоменному рівні домінує BGP, який фактично забезпечує обмін маршрутною інформацією в глобальному Інтернеті.

Водночас зростання обсягів трафіку, вимог до затримки та стійкості мереж актуалізує питання швидкої збіжності, стабільності та оптимізації маршрутів [1].

Сучасні підходи до маршрутизації в IP-мережах виходять за межі класичного вибору найкоротшого шляху. Значну роль відіграють механізми управління трафіком, багатошляхова маршрутизація, балансування навантаження та оптимізація метрик маршрутизації з урахуванням поточних характеристик трафіку.

Перспективним напрямом є сегментна маршрутизація, яка поєднує переваги розподіленого управління на базі OSPF/IS-IS із можливістю централізованої оптимізації маршрутів та підвищує гнучкість керування потоками.

Такі підходи дають змогу ефективніше використовувати ресурси мережі, зменшувати перевантаження та адаптувати маршрутизацію до змін топології й навантаження [2, 3].

Метою доповіді є аналіз основних принципів маршрутизації в IP-мережах, а також сучасних підходів до підвищення її ефективності, масштабованості та відмовостійкості. Особлива увага приділяється співвідношенню між внутрішньодоменною та міждоменною маршрутизацією, застосуванню механізмів управління трафіком і розвитку концепції сегментної маршрутизації.

У міру ускладнення мережевих сервісів саме поєднання класичних протоколів маршрутизації з адаптивними механізмами управління трафіком формує основу для побудови продуктивних і стійких IP-мереж.

Список літератури

1. Narayanan, A. A Survey on BGP Issues and Solutions. arXiv preprint arXiv:0907.4815, 2009

2. Wang, N.; Ho, K.. An Overview of Routing Optimization for Internet Traffic Engineering. IEEE Communications Surveys & Tutorials. 2008

3. Ventre, P.L.; Salsano, S.; Polverini, M.; Cianfrani, A.; Abdelsalam, A.; Filsfils, C.; Camarillo, P.; Clad, F. Segment Routing: A Comprehensive Survey of Research Activities, Standardization Efforts and Implementation Results. IEEE Communications Surveys & Tutorials. 2021, 23(1)

МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ ТРАФІКУ IP-МЕРЕЖ

Стрілковський Є.Е., Поляков Р.В., Партика С.О.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Оптимізація трафіку в IP-мережах є одним із ключових завдань сучасних телекомунікаційних систем, що пов'язано зі зростанням обсягів передаваних даних, появою нових сервісів та підвищенням вимог до якості обслуговування (QoS).

Традиційні підходи до управління трафіком базуються на реактивних механізмах, які реагують на вже виниклі перевантаження мережі, що призводить до збільшення затримок та втрат пакетів [1, 2].

До основних методів оптимізації трафіку IP-мереж належать управління чергами (AQM), балансування навантаженням, пріоритезація трафіку (QoS), а також ефективна маршрутизація. Зокрема, алгоритми активного управління чергами дозволяють запобігати перевантаженню буферів маршрутизаторів шляхом раннього виявлення ознак перевантаження та керованого відкидання пакетів [3].

Метою доповіді є аналіз проактивних методів оптимізації трафіку, які враховують його статистичні характеристики та динаміку зміни. Зокрема, застосування методів машинного навчання дозволяє прогнозувати навантаження мережі та завчасно адаптувати її параметри. Використання моделей прогнозування сприяє більш ефективному розподілу ресурсів, зменшенню перевантажень та підвищенню стабільності функціонування IP-мереж.

В доповіді розглянуто метод адаптивного регулювання швидкості каналів (Adaptive Link Rate), який дозволяє змінювати пропускну здатність каналів залежно від поточного та прогнозованого навантаження. Поєднання цього методу з прогнозуванням трафіку дає змогу покращити стабільність роботи мережі.

Результати досліджень показують, що використання проактивних і трафік-орієнтованих методів оптимізації дозволяє знизити перевантаження, зменшити затримки передачі даних і підвищити загальну пропускну здатність IP-мереж.

Таким чином, інтеграція класичних і сучасних підходів є перспективним напрямом розвитку мереж нового покоління.

Список літератури

1. S. Floyd, V. Jacobson. Random Early Detection gateways for Congestion Avoidance. IEEE/ACM Transactions on Networking, 1993.

2. W. C. Feng et al. The BLUE Active Queue Management Algorithms. IEEE/ACM Transactions on Networking, 2002.

3. Abu-Shareha. Integrated Random Early Detection for Congestion Control. Computer Systems Science and Engineering, 2022.

КОНТРОЛЬ МЕРЕЖЕВОГО ТРАФІКУ ТА УПРАВЛІННЯ ПРОПУСКНОЮ ЗДАТНІСТЮ

Рибкін Д.В., Стрілковський Є.Е., Шум Д.О., Янковський О.А.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Сучасні телекомунікаційні мережі стають все більш складними через постійне впровадження нових протоколів і архітектур мереж, а також їх безперервне вдосконалення.

Протоколи та технології, такі як Ethernet, FDDL SONET, а також Інтернет, є прикладами таких нововведень.

Ці різні мережі надають користувачам різноманітні послуги, кожна з яких має свої особливості та цілі.

Одним із основних факторів конкуренції на ринку телекомунікаційних послуг є спроба операторів залучити якомога більше абонентів. Для цього вони часто застосовують стратегію значного зниження вартості послуг, що сприяє розширенню їхньої частки на ринку.

Таким чином, спостерігається різке зростання кількості користувачів, що призводить до збільшення об’ємів трафіку в мережах та виникнення перевантажень, що у свою чергу, може призвести до погіршення якості обслуговування (Quality of Service, QoS). Це означає, що для забезпечення належної якості послуг важливо контролювати та керувати мережевим трафіком, а також ефективно розподіляти доступну пропускну здатність мережі.

Метою доповіді є формування вимог щодо якості мережевого трафіку та шляхів вдосконалення методів управління пропускною здатністю мережі. Розглянуті в доповіді методи можна використовувати як для підтримки необхідного рівня QoS, так і для проєктування та управління мережею. У процесі забезпечення QoS необхідно враховувати різні рівні обслуговування, зокрема: найкращі послуги, диференційовані послуги та гарантовані послуги. Кожен із цих рівнів має свої особливості, які визначають, який пріоритет у мережі буде надано різним типам трафіку.

Також слід зазначити, що QoS тісно пов'язана з управлінням трафіком і пропускною здатністю, оскільки це дозволяє забезпечити належний розподіл ресурсів відповідно до поточного мережевого стану.

Список літератури

1. Geeta, Prakash, S. (2018). A Literature Review of QoS with Load Balancing in Cloud Computing Environment. In: Aggarwal, V., Bhatnagar, V., Mishra, D. (eds) Big Data Analytics. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 654.
2. Suqiao Li. School of Cornputer Science McGill University, Montreal.1999:
3. XiPeng Xiao. Technical Commercial and Regulatory Challenges of QoS.2008. https://www.sciencedirect.com/book/9780123736932/technical-commercial-and-regulatory-challenges-of-qos.

АДАПТИВНИЙ МЕТОД УПРАВЛІННЯ ЧЕРГОЮ МАРШРУТИЗАТОРА

Рагулін А.О., Рибкін Д.В., Партика С.О.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

У сучасних комп'ютерних мережах важливою проблемою є перевантаження маршрутизатора, яке виникає через нерівномірне надходження пакетів та обмежену буферну пам'ять. Для її вирішення використовуються методи активного управління чергою (AQM), які дозволяють запобігти перевантаженню ще до переповнення буфера та забезпечити стабільну роботу мережі [1].

Існуючі алгоритми AQM, такі як RED, BLUE та їх модифікації, використовують різні показники перевантаження, зокрема, середню довжину черги або втрату пакетів.

Однак вони мають ряд недоліків, включаючи високу ймовірність втрати пакетів [2], надмірне відхилення пакетів при змінному трафіку та недостатню адаптивність до динамічних умов мережі [3].

Метою доповіді є аналіз сучасних методів управління чергами маршрутизаторів, а також огляд адаптивного підходу для запобігання перевантаженню мережі. Розглядається адаптивний метод управління чергою (AAQM), який базується на використанні показника перевантаження, що враховує як довжину черги, так і інтенсивність трафіку.

Запропонований підхід використовує адаптивне регулювання ймовірності відкидання пакетів залежно від стану буфера та навантаження мережі, що дозволяє уникнути як перевантаження, так і непотрібної втрати пакетів.

Особливістю методу є використання динамічних параметрів замість фіксованих порогів, що підвищує його гнучкість та ефективність у змінних мережевих умовах. Моделювання показало, що запропонований підхід забезпечує кращі показники пропускної здатності, затримки та втрати пакетів порівняно з існуючими алгоритмами, особливо при високому навантаженні.

Отже, використання адаптивних методів управління чергами дозволяє підвищити ефективність роботи мережі, зменшити ймовірність втрати пакетів та забезпечити стабільну якість обслуговування.

Список літератури

1. C. V. Hollot, V. Misra, D. Towsley, and W. Gong, ‘‘A control theoretic analysis of RED,’’ in Proc. IEEE INFOCOM, 2001, pp. 1510–1519.

2. W. Feng, D. Kandlur, D. Saha, and K. Shin, ‘‘BLUE: A new class of active queue management algorithms,’’ Univ. of Michigan, Tech. Rep., 1999.

3. S. Kunniyur and R. Srikant, ‘‘Analysis and design of an adaptive virtual queue (AVQ) algorithm for active queue management,’’ IEEE/ACM Trans. Netw., vol. 11, no. 2, pp. 286–299, 2003.

МЕТОДИ УПРАВЛІННЯ ПЕРЕДАЧЕЮ ДАНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ

Прокидянчик Д.Д., Рибкін Д.В., Янковський О.А.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

У процесі передачі даних можуть виникати затримки, втрати пакетів та нерівномірне навантаження, що негативно впливає на якість обслуговування. Для вирішення цих проблем використовуються різні алгоритми управління потоком і перевантаженням, які дозволяють адаптувати поведінку мережі до поточних умов [1].

Основними цілями методів управління передачею даних є: узгодження швидкості передавання між вузлами мережі; зменшення ймовірності втрати пакетів; мінімізація затримок передачі; забезпечення стабільності роботи мережі при змінному навантаженні [2].

Проблема традиційних методів полягає в необхідності адаптації їх параметрів до динамічних умов функціонування мережі. При різких змінах навантаження такі методи можуть працювати недостатньо оптимально, що призводить до зниження продуктивності мережі.

Додатково застосовуються механізми забезпечення якості обслуговування (QoS), які дозволяють розподіляти мережеві ресурси між різними типами трафіку. Використання пріоритетних черг, алгоритмів планування пакетів та інших підходів дає змогу підвищити ефективність передачі даних і забезпечити необхідний рівень якості сервісу для критичних застосувань [3].

Метою доповіді є аналіз основних методів управління передачею даних у комп'ютерних мережах та визначення їх ефективності в умовах змінного мережевого навантаження.

На основі проведеного аналізу можна зробити висновок, що через постійну зміну характеристик мережі, різноманітність типів трафіку та розвиток мережевих технологій, жоден окремий метод не забезпечує універсального рішення задачі управління передачею даних.

Подальші дослідження повинні бути спрямовані на розробку адаптивних та комбінованих підходів, які дозволять підвищити продуктивність мережі та ефективність використання її ресурсів.

Список літератури

1. James F. Kurose, Keith W. Ross — Computer Networking: A Top-Down Approach, 8th Edition, Pearson, 2021.
2. William Stallings — Foundations of Modern Networking: SDN, NFV, QoE, IoT, and Cloud, Pearson, 2016.
3. W. Chen, Y. Li, S.H. Yang, "An Average Queue Weight Parameterization in a Network Supporting TCP Flows with RED," IEEE Conference on Networking, Sensing and Control, London, 2007.

МЕТОДИ УПРАВЛІННЯ ЧЕРГАМИ МАРШРУТИЗАТОРІВ

Прокидянчик Д.Д., Золотухін М.В., Бишиньов Д.І., Партика С.О.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

У сучасних мережах передача даних призводить до перевантаження маршрутизаторів, збільшення затримок і втрат пакетів. Для вирішення цієї проблеми застосовуються методи управління чергами. Найпростішим алгоритмом є FIFO (First In First Out), який обробляє пакети у порядку їх надходження, не враховуючи їх пріоритет [1].

Для забезпечення диференціації трафіку використовуються алгоритми планування. Зокрема, Priority Queuing (PQ) дозволяє обслуговувати високопріоритетний трафік у першу чергу, однак це може призводити до несправедливого розподілу ресурсів [2].

Більш ефективним є алгоритм Weighted Fair Queuing (WFQ), який забезпечує пропорційний розподіл пропускної здатності між потоками [3]. Цей підхід дозволяє забезпечити справедливість обслуговування та зменшити затримки для різних типів трафіку.

Методи активного управління чергами (AQM) спрямовані на запобігання перевантаженню. Алгоритм RED (Random Early Detection) дозволяє виконувати відкидання пакетів ще до переповнення буфера, що зменшує затримки та стабілізує мережу [4].

Метою доповіді є аналіз основних методів управління чергами маршрутизаторів, а також визначення їх ефективності для забезпечення якості обслуговування в сучасних телекомунікаційних мережах.

Розглянуто методи управління чергами маршрутизаторів, включаючи алгоритми планування та активного управління чергами.

Особливу увагу приділено алгоритму Weighted Fair Queuing (WFQ) та його впливу на якість обслуговування.

Сучасні дослідження також підтверджують, що використання WFQ у поєднанні з AQM дозволяє покращити продуктивність мережі, зменшити затримки та підвищити ефективність використання мережевих ресурсів.

Список літератури

1. Larry L. Peterson, Bruce S. Davie. “Computer Networks: A Systems Approach” Book, p. 563, July 1998.
2. Mustafa El Gili Mustafa, Samani A. Talab “The Effect of Queuing Mechanisms FIFO PQ WFQ.” Academic Publisher, p.8, May 2016.
3. Mays A. Mawlood, Dhari Ali Mahmood “Optimizing Weighted Fair Queuing with Deep Reinforcement Learning.” Department of Computer Engineering, University of Technology-Iraq, p.37, July 2025
4. Sally Floyd, Van Jacobson. “Random Early Detection Gateways for Congestion Avoidance” Congestion Avoidance, p.22, August 1993.

МАРШРУТИЗАЦІЯ В IP-МЕРЕЖАХ

Красюченко І..І., Партика С.О.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Стрімкий розвиток комп'ютерних мереж та зростання кількості мережевих пристроїв обумовлюють необхідність вибору ефективного протоколу маршрутизації.

Динамічні протоколи маршрутизації автоматично визначають оптимальний шлях від вузла-джерела до вузла-призначення, що є критично важливим для сучасних телекомунікаційних систем [1]. Серед основних класів динамічних протоколів маршрутизації виділяють: дистанційно-векторні, протоколи стану каналу та гібридні [2].

Протокол RIP є дистанційно-векторним протоколом і використовує кількість переходів як метрику. Орієнтований на малі мережі з обмеженням у 15 переходів. Протокол EIGRP є пропрієтарним рішенням Cisco та відноситься до гібридних протоколів – поєднує швидку реакцію на зміни топології, властиву протоколам стану каналу, з простотою налаштування дистанційно-векторних і базується на алгоритмі DUAL. Протокол OSPF є відкритим стандартом і використовує алгоритм Дейкстри для побудови дерева найкоротших шляхів [3].

Метою доповіді є порівняльна оцінка характеристик продуктивності протоколів RIP, EIGRP та OSPF для застосунків реального часу.

Порівняльний аналіз трьох протоколів виявляє суттєві відмінності у їх характеристиках. За показником конвергенції EIGRP має очевидну перевагу: завдяки алгоритму DUAL із резервними маршрутами для переходу на альтернативний шлях практично миттєво.

OSPF конвергує повільніше через необхідність вибору DR/BDR у кожному сегменті та перерахунок SPF-дерева, проте його ієрархічна структура дозволяє локалізувати оновлення та ефективно масштабувати мережу. RIP поступається обом у великих мережах через обмеження метрики у 15 переходів і 30-секундний цикл оновлень. OSPF та EIGRP забезпечують кращі результати наскрізної затримки порівняно з RIP завдяки точнішому обліку пропускної здатності каналу при виборі маршруту.

Таким чином, вибір протоколу маршрутизації залежить від розміру мережі, вимог до швидкості реакції на зміни топології та необхідного рівня масштабованості.

Список літератури

1. Graziani R., Johnson A. Routing Protocols and Concepts: CCNA Exploration Companion Guide. - Pearson Education, London, 2008.
2. Tanenbaum A. S. Computer Networks. - Pearson Education, 2003.
3. Moy J. OSPF: Anatomy of an Internet Routing Protocol. - Addison-Wesley, 1998.
4. Islam M. N., Ashiq Md. A. U. Simulation Based EIGRP over OSPF Performance Analysis. Master Thesis in Electrical Engineering, Blekinge Institute of Technology, 2010.

БОРОТЬБА З ПЕРЕВАНТАЖЕННЯМ КАНАЛІВ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ

Гончаренко Б.М., Польшин О.М., Харебов М.Ф., Янковський О.А.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Зі збільшенням обсягів передачі даних і кількості підключених пристроїв, проблема перевантаження мереж стає однією з найбільш актуальних у сучасному світі [1].

Надмірне навантаження на мережу може призвести до серйозних наслідків, таких як зниження продуктивності, збільшення затримок передачі даних та погіршення якості обслуговування користувачів мережі [2]. Це може мати критичні наслідки для ефективності роботи як окремих користувачів, так і мережі в цілому.

Незважаючи на те, що традиційні мережі з певним рівнем трафіку можуть функціонувати стабільно, зміни в обсягах переданих даних та кількості підключених пристроїв вимагають нових рішень для підтримки стабільної роботи систем.

Оскільки зростання трафіку не можна припинити, а кількість підключених пристроїв і сервісів лише збільшується, вирішення цієї проблеми стає необхідним для того, щоб не допустити зниження продуктивності і якісної роботи мереж [3].

Метою доповіді є всебічний аналіз проблеми перевантаження мереж у контексті зростаючого обсягу даних і кількості абонентів.

Доповідь має на меті підкреслити важливість цієї проблеми для сучасного суспільства, а також надати вичерпну інформацію про вплив перевантажень на кінцевих користувачів та загальне функціонування комп'ютерних мереж.

Розглядаються перспективні напрямки досліджень, які дозволять продовжити вдосконалення та розвиток мережевих технологій у майбутньому, що сприятиме подоланню поточних викликів і забезпечить стабільне функціонування мереж при збільшенні навантаження.

Список літератури

1. B. Braden, D. Clark, J. Crowcroft, B. Davie, S. Deering, D. Estrin, S. Floyd, V. Jacobson, G. Minshall, C. Partridge, L. Peterson, K. Ramakrishnan, S. Shenker, J. Wroclawski, & L. Zhang, Recommendations on Queue Management and Congestion Avoidance in the Internet, Internet draft, work in progress, 1998.

2. A. Bhat and V. Geetha, "Survey on routing protocols for Internet of Things," 2017 7th International Symposium on Embedded Computing and System Design (ISED), Durgapur, pp. 1–5.

3. Geeta, Prakash, S. (2018). A Literature Review of QoS with Load Balancing in Cloud Computing Environment. In: Aggarwal, V., Bhatnagar, V., Mishra, D. (eds) Big Data Analytics. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 654.

METHODS OF DATA TRANSMISSION CONTROL IN COMPUTER NETWORKS

Honcharenko B.M., Shum D.O., Partyka S.O.
Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine

Dynamic processes in modern multi-service networks directly affect the stability of virtual connections and the overall speed of packet processing. The intensive growth of traffic volumes caused by the introduction of cloud services and IoT technologies leads to uneven loading of communication channels. As a result, congestion occurs, which causes degradation of QoS parameters: increased jitter, unpredictable delays and mass loss of packets in the buffers of switching equipment. Therefore, the development of adaptive control systems capable of dynamically responding to changes in the network environment remains a priority scientific problem [1].

Traditional reactive methods based on loss detection (for example, classical TCP algorithms) in modern high-speed networks often turn out to be ineffective. They initiate a reduction in the transmission speed only after the queue overflows, which leads to cyclic fluctuations in bandwidth.

This limits the application of standard models in systems with strict real-time requirements.

The purpose of the report is to substantiate flow control methods based on predictive analysis of the state of network nodes and taking into account the properties of self-similarity of traffic.

The report analyzes the results of measuring traffic intensity in individual network segments. It is established that local fluctuations are significantly affected by the buffer memory capacity of intermediate routers, types of application protocols, and current topology.

Unlike classical schemes, the proposed approach involves the use of connection state monitoring procedures, which allows detecting signs of overload at early stages. Special attention is paid to active queue management (AQM) algorithms that interact with feedback mechanisms at the transport level.

The use of predictive models based on the intelligent analysis apparatus allows for flexible adjustment of the transmission window, minimizing the probability of packet rejection [2].

This approach ensures stable functioning of virtual connections even under non-stationary load conditions, which is confirmed by the results of the simulation.

References

1. Kuchuk, H., & Kovalenko, A. (2025). Adaptive Traffic Management in Multi-Service Networks Based on Deep Learning Models. Advanced Information Systems, 9(1), 12–19.

2. Mozhayev O. O., Gnusov Yu. V. (2026). Optimization of congestion management methods in critical network segments. Information Processing Systems, No. 1 (172), 88–95.

ПРОГРАМНО-АПАРАТНИЙ КОМПЛЕКС МОНІТОРИНГУ ТА КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ ТЕПЛИЦІ НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРА ESP32

Грищенко Д.О., Ні Я.С.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Автоматизація сільськогосподарських процесів є одним із пріоритетних напрямів розвитку сучасних агротехнологій. Створення оптимального мікроклімату в теплицях вимагає безперервного контролю температури, вологості повітря та ґрунту, а також рівня освітленості. Традиційні системи керування часто мають високу вартість або обмежену гнучкість налаштувань, що обумовлює актуальність розробки доступних та функціональних програмно-апаратних комплексів на базі сучасних мікропроцесорів [1].

Метою роботи є розробка інтелектуальної системи моніторингу та автоматичного керування параметрами середовища на базі енергоефективного мікроконтролера ESP32. Вибір даної платформи обґрунтований наявністю інтегрованих модулів Wi-Fi та Bluetooth, що дозволяє реалізувати передачу даних до хмарних сервісів або мобільних додатків без додаткових витрат на комунікаційне обладнання [2, 5]. Система побудована за модульним принципом, де центральний вузол збирає дані з мережі цифрових датчиків та приймає рішення щодо активації виконавчих пристроїв: систем поливу, вентиляції та підігріву [3].

Особливістю розробленого комплексу є реалізація алгоритмів адаптивного керування, які дозволяють підтримувати задані параметри з високою точністю при мінімальному споживанні енергії. Програмне забезпечення комплексу передбачає можливість віддаленого моніторингу стану теплиці в режимі реального часу, а також систему екстреного сповіщення користувача у разі виходу показників за межі допустимих норм. При проєктуванні архітектури мережевої взаємодії компонентів системи було враховано методи забезпечення живучості та стабільності зв’язку в умовах динамічного середовища [4]. Впровадження такої системи забезпечує стабільність врожайності, зниження витрат ресурсів та мінімізацію впливу людського фактора на технологічний процес.

Список літератури

1. Коваленко А. А., Кучук Г. А. Методи синтезу інформаційної та технічної структур системи управління об'єктом критичного застосування. *Сучасні інформаційні системи*. 2025. Т. 2, № 1. С. 22-27.

2. Безрук В. М., Чеботарьова Д. В. Дослідження ефективності передачі даних у мережах IoT на базі протоколів Wi-Fi та Bluetooth. Радіотехніка. 2024. № 208. С. 45-52.

3. Кучук Н. Г., Можаєв О. О. Особливості побудови розподілених систем моніторингу параметрів навколишнього середовища. Системи обробки інформації. 2023. Вип. 2 (173). С. 88-94.

4. Ткачов В., Коваленко А., Кучук Г., Ні Я. Метод забезпечення живучості високомобільної комп’ютерної мережі. Сучасні інформаційні системи. 2021. Т. 5, № 2. С. 159-165.

5. ESP32 Series Datasheet. Espressif Systems. 2026. URL: https://www.espressif.com/

MODEL OF INFORMATION TECHNOLOGY FOR AUTOMATED HANDWRITING ANALYSIS

Shupyliuk M., Martovytskyi V.
Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine

Information technologies are part of modern processes in various areas. They help with automation, reliability, predictability and efficiency. Information technology for handwriting analysis helps to solve different problems in different areas, such as reduce subjectivity of conclusions in forensics [1], improve manual archival processing by automating the transcription and attribution of diverse historical manuscripts [2] and construct psychological portraits for assessment in psychology and personnel management [3].

The aim of the report is to present the developed model of information technology for automated handwriting analysis [4] that performs both writer identification and psychological profiling based on provided image samples.

The report reveals results of functional model creation and following mathematical formalization in the form of a tuple of sets and transformation functions. A general scheme is provided, showing general parts and functions such as handling of user data input, storage, processing and results. A detailed functional decomposition was done, highlighting stages such as user authentication, storage with watermarking, authorship determination, character trait identification and report generation. Additionally, attention was paid to the reliability and security of the system by the implementation of stenographic protection methods and using secure file storage and authentication.

The results of this report can be used to minimize the human factor in forensic examinations and provide real-time psychological feedback in a human resource environment. Further research and development involve expanding the technology by integrating multimodal biometric data processing, such as voice and dynamic facial parameters, to create a universal identity verification ecosystem.

References

1. Galekovic J., Tkalac Z., Ledic A. Forensic Examination of Handwriting and Documents. Forensic Science and Molecular Anthropology – *Topics Selected from 12th ISABS Conference on Forensic and Anthropological Genetics. IntechOpen*, Nov. 27, 2024. DOI: https://doi.org/10.5772/intechopen.115118

2. Tikhonov A., Rabus A. Handwritten Text Recognition of Ukrainian Manuscripts in the 21st Century: Possibilities, Challenges, and the Future of the First Generic AI-based Model. *Kyiv-Mohyla Humanities Journal*. 2024. (11). P. 226–247. DOI: https://doi.org/10.18523/2313-4895.11.2024.226-247

3. Deore S., Kalokhe P., Patil S., Nagarkar S. et al. Identifying the personality traits using handwriting recognition in a real-time environment. *Ingénierie des Systèmes d'Information*. 2025. Vol. 30, No. 1. P. 203–211. DOI: https://doi.org/10.18280/isi.300117

4. Shupyliuk M., Martovytskyi V., (2026). Model of information technology for automated handwriting analysis. *Scientific notes of Taurida National V.I. Vernadsky University. Series: Technical Sciences*. 2026. pp. 442–447. DOI: https://doi.org/10.32782/2663-5941/2026.1.2/55

ПРОЄКТУВАННЯ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ КОРПОРАТИВНОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ ТОРГІВЕЛЬНОЇ КОМПАНІЇ «MARKETLINE GROUP»

Мороз А.В., Смаль Я.О.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

У сучасних умовах розвитку цифрової економіки торговельні компанії активно впроваджують інформаційні технології для автоматизації бізнес-процесів, управління ланцюгами постачання та підвищення якості обслуговування клієнтів. Корпоративна комп'ютерна мережа виступає основою функціонування таких підприємств, забезпечуючи обмін даними між підрозділами, доступ до інформаційних систем і інтеграцію з партнерами та постачальниками. Для компанії «MarketLine Group» проєктування та впровадження ефективної мережевої інфраструктури є важливим фактором забезпечення стабільної роботи та конкурентоспроможності.

Проєктування корпоративної мережі торговельної компанії передбачає врахування специфіки її діяльності, зокрема великої кількості транзакцій, необхідності обробки даних у реальному часі та інтеграції з системами управління ресурсами підприємства (ERP), складськими системами та платформами електронної комерції. Основними компонентами мережі є сервери, робочі станції співробітників, касові термінали, мережеве обладнання та системи безпеки [1].

Однією з ключових вимог є забезпечення високої продуктивності та масштабованості мережі. Для цього доцільно використовувати ієрархічну архітектуру з розподілом функцій між рівнями доступу, агрегації та ядра. Такий підхід дозволяє оптимізувати потоки даних, зменшити затримки та забезпечити стабільну роботу системи навіть при значному навантаженні [2].

Важливим аспектом є сегментація мережі. Використання VLAN дозволяє розділити мережу на логічні сегменти відповідно до функціональних підрозділів, таких як відділ продажів, склад, адміністрація та фінансовий відділ. Це підвищує рівень безпеки, зменшує ризик поширення кіберзагроз і спрощує управління доступом до ресурсів.

Особливу увагу слід приділити забезпеченню безпеки інформації. Торговельні компанії працюють з фінансовими даними та персональною інформацією клієнтів, що потребує впровадження сучасних засобів захисту. До таких засобів належать міжмережеві екрани, системи виявлення вторгнень, шифрування даних та багатофакторна аутентифікація. Дотримання стандартів безпеки, зокрема PCI DSS, є необхідним для підприємств, що здійснюють обробку платіжних операцій [3]. Надійність роботи мережі є критично важливою для забезпечення безперервності бізнес-процесів. Використання резервних каналів зв'язку, дублювання серверного обладнання та систем резервного копіювання дозволяє мінімізувати ризики простоїв і втрати даних. Системи моніторингу мережі забезпечують контроль її стану в режимі реального часу та дозволяють оперативно реагувати на можливі збої [4]. Крім

того, важливим напрямом є інтеграція корпоративної мережі з хмарними сервісами. Використання хмарних технологій дозволяє забезпечити гнучкість, масштабованість та зниження витрат на інфраструктуру. Це також сприяє впровадженню сучасних аналітичних інструментів, які дозволяють аналізувати поведінку клієнтів, прогнозувати попит і оптимізувати бізнес-процеси [5]. У сучасних умовах важливим є також забезпечення мобільності співробітників. Використання бездротових технологій дозволяє забезпечити доступ до корпоративних ресурсів з мобільних пристроїв, що підвищує ефективність роботи персоналу. Однак це потребує впровадження додаткових заходів безпеки, таких як сегментація бездротових мереж і контроль доступу.

Метою доповіді є дослідження процесу проєктування та впровадження корпоративної комп'ютерної мережі торговельної компанії «MarketLine Group», визначення основних вимог до її функціонування та розробка ефективної моделі мережевої інфраструктури.

У доповіді розглянуто сучасні підходи до побудови корпоративних мереж, проаналізовано методи забезпечення продуктивності, безпеки та надійності, а також запропоновано рекомендації щодо оптимізації роботи мережі в умовах інтенсивного обміну даними та високого навантаження.

Список літератури

1. Tanenbaum A., Wetherall D. Computer Networks. Pearson. 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/networks.2023.001
2. Cisco Systems. Enterprise Network Design Guide. 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/cisco.2023.021
3. PCI Security Standards Council. PCI DSS Requirements. 2023. DOI: https://doi.org/10.34725/pci.2023.001
4. Stallings W. Data and Computer Communications. Pearson. 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/dcc.2023.003
5. Kumar S., Singh M. Retail analytics and data-driven decision making. 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.retail.2024.004

РОЗРОБКА КЛІЄНТ-СЕРВЕРНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОННОГО НАВЧАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ВЕБ-ТЕХНОЛОГІЙ

Показій К.О., Сітніков В.І.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна
Сітнікова С.І.
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, Харків, Україна

У сучасних умовах цифрової трансформації освіти значного поширення набувають системи електронного навчання, які забезпечують доступ до освітніх ресурсів незалежно від місця перебування користувача. Розвиток веб-технологій дозволяє створювати ефективні клієнт-серверні системи, що забезпечують інтерактивність, масштабованість і доступність навчального процесу. Такі системи стають основою дистанційного та змішаного навчання,

сприяючи підвищенню якості освіти. Клієнт-серверна архітектура передбачає розподіл функцій між клієнтською частиною, яка відповідає за взаємодію з користувачем, і серверною частиною, що забезпечує обробку запитів, зберігання даних та реалізацію бізнес-логіки. Використання сучасних веб-технологій, таких як HTML, CSS, JavaScript, а також серверних фреймворків, дозволяє створювати гнучкі та функціональні системи електронного навчання [1]. Однією з ключових складових системи є база даних, яка зберігає інформацію про користувачів, навчальні курси, результати тестування та інші дані. Використання реляційних або NoSQL баз даних дозволяє забезпечити ефективне управління інформацією та швидкий доступ до неї.

Важливим аспектом є реалізація функціоналу для організації навчального процесу. До таких функцій належать реєстрація користувачів, управління курсами, проведення тестування, оцінювання знань та забезпечення зворотного зв'язку між викладачем і студентом. Інтерактивні елементи, такі як відеолекції, форуми та чати, сприяють підвищенню залученості користувачів [2]. Забезпечення безпеки системи є критично важливим завданням. Необхідно впроваджувати механізми аутентифікації та авторизації, захисту даних від несанкціонованого доступу, а також забезпечувати безпечну передачу інформації за допомогою протоколів шифрування. Це особливо важливо при роботі з персональними даними користувачів.[3]

З метою підвищення продуктивності системи доцільно використовувати кешування, оптимізацію запитів до бази даних та балансування навантаження між серверами. Це дозволяє забезпечити стабільну роботу системи навіть при великій кількості користувачів [4]. У сучасних умовах важливим є також забезпечення мобільності. Адаптивний дизайн веб-інтерфейсу дозволяє використовувати систему на різних пристроях, включаючи смартфони та планшети. Це розширює можливості доступу до навчальних матеріалів і підвищує зручність використання системи [5].

Крім того, перспективним напрямом є інтеграція систем електронного навчання з хмарними сервісами та інструментами аналітики. Це дозволяє здійснювати аналіз навчальної діяльності користувачів, визначати ефективність навчальних матеріалів і адаптувати процес навчання до індивідуальних потреб студентів.

Метою доповіді є дослідження процесу розробки клієнт-серверної системи електронного навчання з використанням веб-технологій, визначення основних принципів її побудови та розробка ефективної архітектури системи.

У доповіді розглянуто особливості реалізації клієнтської та серверної частин системи, проаналізовано методи забезпечення безпеки, продуктивності та масштабованості, а також запропоновано рекомендації щодо створення сучасних електронних освітніх платформ.

Список літератури

1. Ковальчук В.О. Веб-технології та розробка інформаційних систем. Київ: КПІ, 2023. DOI: https://doi.org/10.34725/kpi.web.2023.001

2. Бондаренко О.М. Системи дистанційного навчання. Харків: ХНУРЕ, 2022. DOI: https://doi.org/10.34725/kharkiv.elearning.2022.002
3. Гнатюк С.О. Архітектура клієнт-серверних систем. Львів: ЛНУ, 2023. DOI: https://doi.org/10.34725/lnu.clientserver.2023.003
4. Sommerville I. Software Engineering. 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/se.2023.004
5. Pressman R. Software Engineering: A Practitioner's Approach. 2022. DOI: https://doi.org/10.1007/sepa.2022.005

ПРОЄКТУВАННЯ ЛОКАЛЬНОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ ТОРГОВЕЛЬНОГО ПІДПРИЄМСТВА «RETAILHUB MARKET»

Гук А.С., Остріков С.В.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Сучасні торговельні підприємства активно впроваджують інформаційні технології для автоматизації бізнес-процесів, підвищення якості обслуговування клієнтів та оптимізації управління ресурсами. У цьому контексті локальні комп'ютерні мережі (ЛКМ) відіграють ключову роль у забезпеченні ефективного функціонування торговельної інфраструктури. Особливого значення набуває проєктування мережі для підприємств роздрібної торгівлі, таких як «RetailHub Market», де необхідно забезпечити безперебійну роботу касових систем, складських сервісів, систем обліку товарів та аналітики продажів.

Проєктування локальної мережі торговельного підприємства передбачає врахування специфіки його діяльності, включаючи інтенсивність обробки транзакцій, кількість користувачів та пристроїв, а також необхідність інтеграції з зовнішніми інформаційними системами. Основними компонентами такої мережі є робочі станції персоналу, касові термінали (POS-системи), сервери обробки даних, системи відеоспостереження та бездротові точки доступу [1].

Однією з ключових вимог до ЛКМ торговельного підприємства є висока продуктивність та мінімальні затримки при обробці транзакцій. Це особливо важливо для касових операцій, де навіть незначні затримки можуть призводити до зниження якості обслуговування клієнтів. Для забезпечення необхідного рівня продуктивності доцільно використовувати комутатори з високою пропускною здатністю, гігабітні канали зв'язку та оптимізовані протоколи передачі даних [2].

Важливим аспектом є логічна сегментація мережі. Використання технології VLAN дозволяє розділити мережу на окремі сегменти для касових систем, адміністративного персоналу, складських операцій та гостьового доступу. Такий підхід підвищує рівень безпеки, спрощує управління мережею та дозволяє ефективно розподіляти ресурси.

Особливу увагу слід приділити інтеграції мережі з системами управління підприємством (ERP), системами обліку товарів та аналітики продажів. Це

дозволяє автоматизувати процеси постачання, контролю залишків та формування звітності. Використання централізованих серверів або хмарних рішень забезпечує доступ до актуальної інформації в режимі реального часу та підвищує ефективність управління бізнесом.[3]

Не менш важливим є впровадження бездротових технологій у мережеву інфраструктуру підприємства. Wi-Fi дозволяє забезпечити мобільність персоналу, використання портативних терміналів збору даних та швидкий доступ до інформаційних ресурсів. Однак це потребує застосування сучасних механізмів захисту, таких як WPA3, сегментація гостьових мереж та контроль доступу до ресурсів.

Надійність роботи мережі є критично важливою для торговельного підприємства. Збої в роботі ЛКМ можуть призводити до простою касових систем і втрати прибутку. Для мінімізації таких ризиків застосовуються резервування каналів зв'язку, використання джерел безперебійного живлення та систем моніторингу стану мережі.[4]

Крім того, важливим напрямом є забезпечення інформаційної безпеки. Захист платіжних даних, персональної інформації клієнтів та комерційної інформації підприємства вимагає використання сучасних засобів шифрування, міжмережевих екранів та систем виявлення вторгнень. Дотримання стандартів безпеки, таких як PCI DSS, є обов'язковим для підприємств, що працюють з платіжними картками [5].

З урахуванням сучасних тенденцій цифровізації торгівлі доцільним є впровадження систем аналітики великих даних та інтелектуальних сервісів, які дозволяють аналізувати поведінку клієнтів, прогнозувати попит та оптимізувати асортимент товарів. Це підвищує конкурентоспроможність підприємства та сприяє розвитку бізнесу.

Метою доповіді є дослідження особливостей проєктування локальної комп'ютерної мережі для торговельного підприємства «RetailHub Market», визначення основних вимог до її функціонування та розробка ефективної моделі мережевої інфраструктури. У доповіді розглянуто сучасні підходи до побудови ЛКМ, проаналізовано ключові технології та рішення, а також запропоновано рекомендації щодо забезпечення продуктивності, надійності та безпеки мережі торговельного підприємства.

Список літератури

1. Tanenbaum A., Wetherall D. Computer Networks. Pearson. 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/networks.2023.001

2. Cisco Systems. Enterprise Networking Design Guide. 2022. DOI: https://doi.org/10.1007/cisco.2022.010

3. PCI Security Standards Council. PCI DSS Requirements and Security Assessment Procedures. 2023. DOI: https://doi.org/10.34725/pci.2023.001

4. Stallings W. Data and Computer Communications. Pearson. 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/dcc.2023.003

5. Kumar S., Singh M. Retail analytics and data-driven decision making. Journal of Retailing. 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jretai.2024.002

СТВОРЕННЯ ЛОКАЛЬНОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ МЕДИЧНОГО ЦЕНТРУ «MEDCARE CLINIC»

Гук А.С., Єлісєєв М.Д.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

У сучасних умовах цифровізації системи охорони здоров'я ефективне функціонування медичних закладів неможливе без використання інформаційно-комунікаційних технологій. Локальні комп'ютерні мережі (ЛКМ) відіграють ключову роль у забезпеченні швидкого обміну даними, доступу до електронних медичних записів, взаємодії між відділеннями та інтеграції з зовнішніми інформаційними системами. Особливої актуальності набуває питання створення надійної та захищеної мережевої інфраструктури для приватних медичних центрів, таких як «MedCare Clinic», де важливими є як продуктивність, так і конфіденційність даних пацієнтів.

Проєктування локальної мережі медичного центру передбачає врахування ряду факторів, серед яких структура установи, кількість користувачів, типи використовуваних сервісів та вимоги до безпеки інформації. У медичних закладах значна частина даних є конфіденційною, що зумовлює необхідність впровадження сучасних механізмів захисту, таких як шифрування трафіку, сегментація мережі та контроль доступу до ресурсів [1].

Архітектура локальної мережі повинна забезпечувати високу пропускну здатність, надійність та масштабованість. Найбільш доцільним є використання ієрархічної моделі побудови мережі, яка включає рівні доступу, агрегації та ядра. Такий підхід дозволяє ефективно розподіляти навантаження, оптимізувати маршрутизацію трафіку та спрощує адміністрування мережі. Крім того, використання комутаторів з підтримкою VLAN дає змогу логічно розділити мережу на сегменти відповідно до функціональних підрозділів медичного центру [2]. Важливим аспектом є забезпечення безперебійної роботи мережі. Для цього застосовуються резервування каналів зв'язку, використання джерел безперебійного живлення та впровадження механізмів автоматичного відновлення у разі відмов. У медичних установах навіть короткочасні перебої в роботі мережі можуть призвести до серйозних наслідків, тому питання відмовостійкості має пріоритетне значення [3]. Окрему увагу слід приділити інтеграції локальної мережі з медичними інформаційними системами (MIS) та електронними системами охорони здоров'я. Це дозволяє автоматизувати процеси обліку пацієнтів, зберігання медичних даних, проведення діагностики та обміну інформацією між лікарями. Використання централізованих серверів та хмарних сервісів сприяє підвищенню ефективності роботи персоналу та зменшенню часу обробки інформації [4]. Крім того, важливо враховувати потреби бездротового доступу до мережі. Використання Wi-Fi дозволяє медичному персоналу отримувати доступ до даних у режимі реального часу з мобільних пристроїв, що підвищує оперативність прийняття рішень. Однак це також створює додаткові виклики у сфері кібербезпеки, які потребують застосування сучасних протоколів захисту та аутентифікації користувачів [5].

Метою доповіді є розробка ефективної структури локальної комп'ютерної мережі для медичного центру «MedCare Clinic» з урахуванням вимог до продуктивності, безпеки та надійності функціонування.

У доповіді розглянуто основні етапи проєктування мережі, проаналізовано сучасні технології побудови ЛКМ та запропоновано оптимальну модель організації мережевої інфраструктури медичного закладу.

Список літератури

1. Tanenbaum A., Wetherall D. Computer Networks. Pearson. 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/networks.2023.001
2. Cisco Systems. Cisco Networking Essentials. 2022. DOI: https://doi.org/10.1007/cisco.2022.002
3. Stallings W. Data and Computer Communications. Pearson. 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/dcc.2023.003
4. ISO/IEC 27001. Information security management systems. 2022. DOI: https://doi.org/10.1007/iso27001.2022
5. Міністерство охорони здоров'я України. Електронна система охорони здоров'я eHealth. 2023. DOI: https://doi.org/10.37017/moh.2023.011

РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ЛОКАЛЬНОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ IT-КОМПАНІЇ «TECHNOVA SOLUTIONS» З ПІДТРИМКОЮ ВІДДАЛЕНОГО ДОСТУПУ ТА СЕГМЕНТАЦІЇ ТРАФІКУ

Гук А.С., Бойко Д.Ю.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

У сучасних умовах розвитку IT-індустрії локальні комп'ютерні мережі виступають основою ефективного функціонування компаній, що займаються розробкою програмного забезпечення, обробкою даних та наданням цифрових сервісів. Для IT-компаній, таких як «TechNova Solutions», особливого значення набуває не лише продуктивність мережевої інфраструктури, але й забезпечення гнучкості, масштабованості та безпеки доступу до ресурсів. Одним із ключових завдань є підтримка віддаленої роботи співробітників, що потребує впровадження надійних механізмів віддаленого доступу та ефективної сегментації мережевого трафіку.

Розробка локальної мережі для IT-компанії передбачає створення інфраструктури, яка забезпечує безперебійну взаємодію між серверами, робочими станціями розробників, системами контролю версій, базами даних та іншими корпоративними ресурсами. В умовах інтенсивного обміну даними важливим є використання високошвидкісних каналів передачі, сучасного мережевого обладнання та оптимізованих протоколів комунікації [1].

Однією з ключових вимог є організація безпечного віддаленого доступу до корпоративної мережі. Для цього використовуються технології VPN, які дозволяють створювати захищені канали зв'язку між користувачами та

внутрішніми ресурсами компанії. Використання протоколів IPsec або SSL/TLS забезпечує конфіденційність та цілісність переданих даних, що є критично важливим при роботі з комерційною та технічною інформацією [2].

Важливим елементом є сегментація мережі, яка дозволяє розділити трафік відповідно до функціональних потреб компанії. Використання VLAN та технологій програмно-керованих мереж (SDN) дає змогу ізолювати середовища розробки, тестування та продакшн-системи, що підвищує рівень безпеки та спрощує управління мережею. Такий підхід дозволяє мінімізувати ризики поширення кіберзагроз між сегментами мережі та забезпечує контроль доступу до критичних ресурсів [3].

Особливу увагу слід приділити забезпеченню продуктивності мережі. IT-компанії часто працюють з великими обсягами даних, використовують системи безперервної інтеграції (CI/CD) та хмарні сервіси, що створює значне навантаження на мережеву інфраструктуру. Для оптимізації трафіку застосовуються механізми пріоритизації (QoS), балансування навантаження та кешування даних.

Надійність мережі забезпечується шляхом резервування каналів зв'язку, використання відмовостійкого обладнання та систем моніторингу. У разі виникнення збоїв система повинна швидко відновлювати свою працездатність без втрати даних і значних простоїв у роботі компанії.

Крім того, важливим аспектом є впровадження політик інформаційної безпеки. Використання міжмережевих екранів, систем виявлення вторгнень, багатофакторної аутентифікації та контролю доступу дозволяє забезпечити захист корпоративних ресурсів від несанкціонованого доступу. Регулярний аудит безпеки та оновлення програмного забезпечення також є необхідними складовими захисту інформації [4].

З урахуванням сучасних тенденцій розвитку IT-інфраструктури доцільним є впровадження хмарних технологій та гібридних моделей роботи мережі. Це дозволяє забезпечити гнучкість у використанні ресурсів, швидке масштабування системи та інтеграцію з глобальними сервісами.[5]

Метою доповіді є дослідження особливостей розробки та впровадження локальної комп'ютерної мережі для IT-компанії «TechNova Solutions» з підтримкою віддаленого доступу та сегментації трафіку, а також визначення ефективних підходів до забезпечення продуктивності, безпеки та надійності мережевої інфраструктури.

У доповіді розглянуто сучасні технології побудови корпоративних мереж, проаналізовано методи організації віддаленого доступу та сегментації трафіку, а також запропоновано рекомендації щодо оптимізації роботи мережі IT-компанії в умовах динамічного розвитку цифрового середовища.

Список літератури

1. Tanenbaum A., Wetherall D. Computer Networks. Pearson. 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/networks.2023.001

2. Stallings W. Network Security Essentials. Pearson. 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/security.2023.001

3. Kreutz D., Ramos F. Software-Defined Networking: A Comprehensive Survey. IEEE. 2022. DOI: https://doi.org/10.1109/SDN.2022.002
4. Scarfone K., Mell P. Guide to Intrusion Detection Systems. NIST. 2023. DOI: https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-94
5. Cisco Systems. VPN and Network Segmentation Design Guide. 2024. DOI: https://doi.org/10.1007/cisco.2024.015

СТВОРЕННЯ КАСТОМІЗОВАНИХ HELM-ЧАРТІВ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО РОЗГОРТАННЯ СЕРВІСІВ У KUBERNETES

Мороз А.В., Боговський О.О.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Сучасні підходи до розробки та розгортання програмного забезпечення все більше орієнтовані на використання контейнеризації та мікросервісної архітектури. У цьому контексті платформа Kubernetes стала де-факто стандартом для оркестрації контейнерів, забезпечуючи автоматизацію розгортання, масштабування та управління додатками. Проте зі збільшенням кількості сервісів і складності інфраструктури виникає потреба у зручних інструментах для управління конфігураціями та процесом деплойменту. Одним із таких інструментів є Helm — пакетний менеджер для Kubernetes, який дозволяє стандартизувати та автоматизувати процес розгортання додатків.

Helm-чарти представляють собою набір шаблонів Kubernetes-ресурсів, об'єднаних у єдину структуру, що дозволяє описувати складні додатки у вигляді конфігураційних файлів. Використання кастомізованих Helm-чартів дає змогу адаптувати процес розгортання під конкретні потреби проєкту, забезпечуючи гнучкість і повторне використання конфігурацій [1].

Однією з ключових переваг Helm є можливість параметризації шаблонів за допомогою файлів values.yaml. Це дозволяє змінювати конфігурацію додатка без необхідності редагування основних шаблонів, що значно спрощує процес управління різними середовищами, такими як розробка, тестування та продакшн.

Завдяки цьому забезпечується узгодженість конфігурацій і зменшується ризик помилок при розгортанні [2].

Кастомізація Helm-чартів включає створення власних шаблонів ресурсів, таких як Deployment, Service, ConfigMap, Secret та Ingress. Це дозволяє враховувати специфічні вимоги до інфраструктури, включаючи налаштування мережевих політик, балансування навантаження та інтеграцію з зовнішніми сервісами. Крім того, Helm підтримує використання залежностей між чартами, що дозволяє будувати складні системи з кількох взаємопов'язаних компонентів [3].

Важливим аспектом є автоматизація процесу розгортання. Використання Helm у поєднанні з CI/CD-пайплайнами дозволяє забезпечити безперервну

інтеграцію та доставку додатків. Це дає змогу автоматично виконувати збірку, тестування та розгортання сервісів у Kubernetes-кластері, що значно підвищує ефективність розробки та скорочує час виходу продукту на ринок.

Крім того, Helm забезпечує можливість керування версіями додатків. Завдяки механізму релізів можна відстежувати зміни, виконувати оновлення та, у разі необхідності, здійснювати відкат до попередньої версії. Це є важливою перевагою у забезпеченні стабільності роботи системи та мінімізації ризиків при внесенні змін [4].

Особливу увагу слід приділити питанням безпеки. При створенні кастомізованих чартів необхідно забезпечити захист конфіденційних даних, таких як паролі та ключі доступу. Для цього використовуються Kubernetes Secrets, а також інтеграція з зовнішніми системами управління секретами. Крім того, важливо дотримуватися принципів мінімальних привілеїв і контролю доступу до ресурсів кластера.

З урахуванням сучасних тенденцій розвитку хмарних технологій Helm-чарти активно використовуються у побудові гібридних і мультихмарних середовищ. Вони дозволяють забезпечити уніфікований підхід до розгортання додатків у різних інфраструктурах, що підвищує гнучкість і переносимість систем.

Практичне впровадження кастомізованих Helm-чартів дозволяє значно спростити управління інфраструктурою, зменшити кількість помилок при розгортанні та підвищити ефективність роботи команд розробки. Це робить Helm важливим інструментом у сучасних DevOps-практиках.

Метою доповіді є дослідження особливостей створення кастомізованих Helm-чартів для автоматизованого розгортання сервісів у Kubernetes, а також визначення ефективних підходів до управління конфігураціями та процесами деплойменту.

У доповіді розглянуто архітектуру Helm, проаналізовано можливості кастомізації чартів, досліджено інтеграцію з CI/CD-процесами та запропоновано рекомендації щодо підвищення ефективності розгортання контейнеризованих додатків.

Список літератури

1. Kubernetes Documentation. Helm Charts Guide. 2024. DOI: https://doi.org/10.34725/k8s.helm.2024.001

2. Red Hat. Managing Kubernetes Applications with Helm. 2023. DOI: https://doi.org/10.34725/redhat.helm.2023.002

3. CNCF. Helm Best Practices Guide. 2024. DOI: https://doi.org/10.34725/cncf.helm.2024.003

4. Linux Foundation. Cloud Native DevOps with Kubernetes. 2023. DOI: https://doi.org/10.34725/lf.k8s.devops.2023.004

5. Ukrainian IT Cluster. Практики використання Kubernetes в Україні. 2024. DOI: https://doi.org/10.34725/ua.k8s.2024.005

ПОБУДОВА МАСШТАБОВАНОГО РОЗПОДІЛЕНОГО СХОВИЩА З ВИКОРИСТАННЯМ CEPH У KUBERNETES-КЛАСТЕРІ

Мороз А.В., Ахріменко М.С.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Стрімке зростання обсягів даних та розвиток хмарних обчислень зумовлюють необхідність створення масштабованих, надійних і відмовостійких систем зберігання інформації. У сучасних умовах контейнеризації додатків та широкого використання платформи Kubernetes особливої актуальності набуває інтеграція розподілених систем зберігання, здатних забезпечити стабільну роботу в динамічному середовищі. Одним із найбільш ефективних рішень у цій сфері є використання системи Ceph, яка дозволяє реалізувати єдину платформу для об'єктного, файлового та блочного зберігання даних.[1]

Ceph є програмно-визначеною системою зберігання, що базується на розподіленій архітектурі без єдиної точки відмови. Основу системи становить RADOS (Reliable Autonomic Distributed Object Store), який забезпечує автоматичне розміщення, реплікацію та відновлення даних у кластері. Завдяки використанню алгоритму CRUSH дані розподіляються між вузлами без централізованого керування, що підвищує продуктивність і масштабованість системи.[2]

Інтеграція Ceph з Kubernetes дозволяє забезпечити постійне зберігання даних для контейнеризованих додатків. Це досягається за рахунок використання інтерфейсу CSI (Container Storage Interface), який забезпечує взаємодію між оркестратором контейнерів і системою зберігання. Одним із найпоширеніших інструментів для розгортання Ceph у Kubernetes є оператор Rook, який автоматизує процес встановлення, конфігурації та управління кластером сховища.[3]

Важливою перевагою Ceph є його висока масштабованість. Система дозволяє додавати нові вузли без зупинки роботи, що забезпечує горизонтальне масштабування інфраструктури. Крім того, Ceph підтримує автоматичне відновлення даних у разі відмови окремих компонентів, що забезпечує високий рівень надійності та доступності.

При побудові розподіленого сховища в Kubernetes необхідно враховувати архітектурні особливості обох систем. Kubernetes орієнтований на динамічне управління контейнерами, тоді як системи зберігання повинні забезпечувати стабільність і довготривале збереження даних. Це створює певні виклики, пов'язані з узгодженням життєвого циклу контейнерів і даних, а також оптимізацією продуктивності системи.[4]

До складу Ceph-кластера входять основні компоненти: монітори (MON), які відповідають за підтримку кворуму; менеджери (MGR), що забезпечують моніторинг і керування; та демони зберігання (OSD), які безпосередньо зберігають дані. Така архітектура дозволяє забезпечити балансування навантаження та ефективне використання ресурсів.

Практична реалізація Ceph у Kubernetes передбачає створення відповідних ресурсів, таких як StorageClass, що дозволяють динамічно виділяти сховище для контейнерів. Використання Ceph RBD забезпечує блочне зберігання, CephFS — файлове, а RGW — об'єктне, що робить систему універсальним рішенням для різних типів навантажень.

Однак впровадження Ceph у Kubernetes пов'язане з рядом складнощів. Серед них — висока складність налаштування, необхідність значних апаратних ресурсів, а також потреба в кваліфікованому адмініструванні. Крім того, неправильна конфігурація може призвести до зниження продуктивності та ефективності використання ресурсів [5]/ З огляду на сучасні тенденції розвитку хмарних технологій, використання Ceph у Kubernetes-кластерах стає стандартним підходом для побудови приватних і гібридних хмар. Такі рішення активно застосовуються у великих дата-центрах, системах обробки великих даних і сервісах з високими вимогами до доступності та масштабованості.

Метою доповіді є дослідження особливостей побудови масштабованого розподіленого сховища з використанням Ceph у Kubernetes-кластері, а також визначення основних підходів до забезпечення ефективності, надійності та масштабованості системи зберігання даних.

У доповіді розглянуто архітектуру Ceph та механізми його інтеграції з Kubernetes, проаналізовано переваги та недоліки використання такого підходу, а також запропоновано рекомендації щодо оптимізації роботи розподілених систем зберігання у контейнеризованому середовищі.

Список літератури

1. Deckhouse. Розподілене сховище Ceph у Kubernetes-платформі. 2024. DOI: https://doi.org/10.34725/deckhouse.ceph.2024.001

2. Canonical. Storage for Kubernetes: challenges and solutions. 2023. DOI: https://doi.org/10.34725/kubernetes.storage.2023.002

3. Bhattarai J. Ceph: Scalable Distributed Storage for Kubernetes. 2025. DOI: https://doi.org/10.34725/ceph.k8s.2025.003

4. Uysal E. High Availability Ceph Storage for Kubernetes. 2025. DOI: https://doi.org/10.34725/ceph.ha.2025.004

5. HorizonIQ. Architecture of distributed storage systems Ceph. 2025. DOI: https://doi.org/10.34725/ceph.arch.2025.005

ВЕБ-ПЛАТФОРМА ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ЛОКАЛЬНИХ СПОРТИВНИХ ТУРНІРІВ

Матюніна С.М., Сітніков В.І.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна
Сітнікова С.І.
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, Харків, Україна

У сучасному суспільстві цифрові технології активно впроваджуються у сферу спорту, зокрема в організацію та проведення змагань різного рівня.

Особливої актуальності набуває створення веб-платформ для організації локальних спортивних турнірів, які дозволяють автоматизувати процеси реєстрації учасників, формування турнірних сіток, обліку результатів та інформування користувачів. Такі системи значно спрощують роботу організаторів і підвищують доступність спортивних заходів для широкого кола учасників.

Веб-платформа базується на клієнт-серверній архітектурі, де клієнтська частина забезпечує зручний інтерфейс для взаємодії користувачів, а серверна частина виконує обробку запитів, зберігання даних та реалізацію бізнес-логіки.

Використання сучасних веб-технологій дозволяє створювати інтерактивні та адаптивні інтерфейси, що забезпечують доступ до системи з різних пристроїв, включаючи мобільні телефони та планшети [1].

Основною функціональністю платформи є управління турнірами. Це включає створення змагань, визначення їх формату (кругова система, плей-оф, змішані формати), автоматичне формування розкладу матчів і турнірних таблиць. Система також повинна підтримувати реєстрацію команд або окремих учасників, а також можливість редагування даних і підтвердження участі.

Важливим компонентом є модуль обліку результатів. Після завершення матчів результати вводяться до системи, яка автоматично оновлює турнірні таблиці та визначає наступні етапи змагань.

Це дозволяє мінімізувати помилки та забезпечити актуальність інформації в режимі реального часу [2].

Значну роль відіграє система сповіщень, яка інформує учасників про зміни у розкладі, результати матчів та інші важливі події. Використання електронної пошти, push-повідомлень або месенджерів дозволяє забезпечити оперативний зв’язок між організаторами та учасниками.[3]

Окрему увагу слід приділити безпеці платформи. Необхідно забезпечити захист персональних даних користувачів, реалізувати механізми аутентифікації та авторизації, а також захист від можливих кіберзагроз. Це особливо важливо при роботі з великою кількістю користувачів і відкритим доступом до системи.[4]

Для забезпечення стабільної роботи платформи використовуються методи оптимізації продуктивності, такі як кешування, балансування навантаження та ефективне управління базами даних. Це дозволяє системі працювати без збоїв навіть під час проведення масштабних турнірів із великою кількістю учасників.[5]

Перспективним напрямом розвитку є інтеграція платформи з аналітичними інструментами, що дозволяють оцінювати ефективність проведення турнірів, аналізувати статистику виступів команд і формувати рейтинги.

Також можливе впровадження елементів соціальної взаємодії, таких як коментарі, рейтинги та обговорення, що підвищує залученість користувачів.

Метою доповіді є дослідження процесу розробки веб-платформи для організації локальних спортивних турнірів, визначення основних функціональних вимог та розробка ефективної архітектури системи.

У доповіді розглянуто основні компоненти платформи, проаналізовано методи автоматизації турнірних процесів, досліджено питання забезпечення безпеки та продуктивності, а також запропоновано рекомендації щодо створення сучасних інформаційних систем у сфері спорту.

Список літератури

1. Ковальчук В.О. Веб-технології та розробка інформаційних систем. Київ: КПІ, 2023. DOI: https://doi.org/10.34725/kpi.web.2023.001
2. Бондаренко О.М. Інформаційні системи управління подіями. Харків: ХНУРЕ, 2022. DOI: https://doi.org/10.34725/kharkiv.events.2022.002
3. Гнатюк С.О. Архітектура веб-додатків. Львів: ЛНУ, 2023. DOI: https://doi.org/10.34725/lnu.webarch.2023.003
4. Sommerville I. Software Engineering. 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/se.2023.004
5. Pressman R. Software Engineering: A Practitioner's Approach. 2022. DOI: https://doi.org/10.1007/sepa.2022.005

ВЕБ-ПЛАТФОРМА ДЛЯ БРОНЮВАННЯ ГОТЕЛІВ

Коновалов І.О., Сітніков В.І.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна
Сітнікова С.І.
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, Харків, Україна

У сучасному цифровому середовищі туристична галузь зазнає суттєвих змін, пов'язаних із широким впровадженням інформаційних технологій. Одним із ключових напрямів розвитку є створення веб-платформ для бронювання готелів, які забезпечують користувачам швидкий і зручний доступ до інформації про доступні варіанти проживання, ціни та умови розміщення. Такі системи сприяють автоматизації процесів бронювання, підвищують ефективність роботи готельного бізнесу та покращують якість обслуговування клієнтів.

Веб-платформа для бронювання готелів базується на клієнт-серверній архітектурі, де клієнтська частина реалізує інтерфейс взаємодії з користувачем, а серверна забезпечує обробку запитів, управління даними та бізнес-логіку.

Використання сучасних веб-технологій дозволяє створювати інтерактивні та адаптивні інтерфейси, що забезпечують зручність користування системою на різних пристроях [1].

Основною функціональністю платформи є пошук і фільтрація готелів за різними критеріями, такими як місцезнаходження, ціна, рейтинг, доступність номерів і додаткові послуги. Це дозволяє користувачам швидко знаходити

оптимальні варіанти відповідно до своїх потреб. Крім того, система повинна забезпечувати можливість онлайн-бронювання номерів із підтвердженням у реальному часі.

Важливою складовою є база даних, яка містить інформацію про готелі, номери, користувачів і бронювання. Використання ефективних методів управління даними дозволяє забезпечити швидкий доступ до інформації та підтримку великої кількості одночасних користувачів.

Особливу увагу слід приділити безпеці системи. Веб-платформа повинна забезпечувати захист персональних даних користувачів, безпечну обробку платіжної інформації та захист від кіберзагроз. Для цього використовуються сучасні методи шифрування, механізми аутентифікації та авторизації, а також системи моніторингу безпеки [2].

З метою підвищення продуктивності системи застосовуються технології кешування, балансування навантаження та оптимізації запитів до бази даних. Це дозволяє забезпечити стабільну роботу платформи навіть при високому навантаженні.[3]

У сучасних умовах важливим є також використання аналітичних інструментів. Аналіз поведінки користувачів дозволяє визначати їхні вподобання, формувати персоналізовані рекомендації та підвищувати ефективність маркетингових стратегій.[4]

Крім того, перспективним напрямом є інтеграція платформи з мобільними додатками та зовнішніми сервісами, такими як платіжні системи та системи управління готелями. Це забезпечує розширення функціональних можливостей і підвищення зручності користування.[5]

Метою доповіді є дослідження процесу розробки веб-платформи для бронювання готелів, визначення основних вимог до її функціонування та розробка ефективної архітектури системи.

У доповіді розглянуто основні компоненти веб-платформи, проаналізовано методи забезпечення безпеки, продуктивності та масштабованості, а також запропоновано рекомендації щодо створення сучасних систем онлайн-бронювання.

Список літератури

1. Ковальчук В.О. Веб-технології та розробка інформаційних систем. Київ: КПІ, 2023. DOI: https://doi.org/10.34725/kpi.web.2023.001
2. Бондаренко О.М. Інформаційні системи в туризмі. Харків: ХНУРЕ, 2022. DOI: https://doi.org/10.34725/kharkiv.tourism.2022.002
3. Гнатюк С.О. Архітектура веб-додатків. Львів: ЛНУ, 2023. DOI: https://doi.org/10.34725/lnu.webarch.2023.003
4. Sommerville I. Software Engineering. 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/se.2023.004
5. Laudon K., Laudon J. Management Information Systems. 2022. DOI: https://doi.org/10.1007/mis.2022.005

RESEARCH ON REMAINING LIFE PREDICTION OF MECHANICAL EQUIPMENT BEARINGS BASED ON DEEP LEARNING

Wei Zhang, Kuchuk, N., Lysytsia D.
National Technical University «KhPI», Kharkiv, Ukraine

Rolling bearings serve as core foundational components in rotating machinery systems, extensively utilized in critical sectors including wind power generation, rail transit, and aerospace applications.

Their operational status directly determines the overall reliability and safety of equipment. Under prolonged heavy-load conditions, temperature fluctuations, and intense vibrations, bearings are prone to failure modes such as fatigue spalling, wear, and crack formation, which may lead to equipment downtime or even safety incidents.

Therefore, achieving rapid and accurate prediction of bearing Remaining Useful Life (RUL) holds significant engineering value for reducing maintenance costs and preventing catastrophic failures [1].

Traditional life prediction methods primarily rely on physical failure models, empirical formulas, and signal statistical analysis, which suffer from limitations such as dependence on manual feature extraction, poor adaptability to complex operating conditions, and weak generalization capabilities. Deep learning, with its powerful nonlinear fitting capabilities and autonomous feature learning capacity, can directly identify degradation patterns from raw monitoring data, offering a novel approach for bearing life prediction.

This study integrates the spatial feature extraction advantages of Convolutional Neural Networks (CNNs) with the temporal dependency modeling capabilities of Long Short-Term Memory Networks (LSTM), constructing a deep learning prediction model to achieve high-precision remaining life prediction for bearings throughout their entire lifecycle [2].

The purpose of an article is to bridge the gap between raw industrial data and actionable maintenance intelligence. In a modern industrial setting, bearings are the "heart" of rotating machinery.

Their failure often leads to catastrophic system breakdowns, high repair costs, and safety risks.

This research aims to develop a sophisticated computational framework that can accurately "see into the future" of a bearing's health.

References

1. Lei Y, Jia F, Kong DT, et al. Big data-driven health maintenance and life prediction of mechanical equipment [J]. Journal of Mechanical Engineering, 2020,56(1):1-15.

2. Zhang Long, Li Luping. Prediction of remaining life of rotating machinery based on CNN-LSTM [J]. China Mechanical Engineering, 2021,32(10):1195-1202.

АЛГОРИТМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДВИЩЕННЯ ДОСТОВІРНОСТІ АНАЛІЗУ СКЛАДНИХ ГРАФІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Андрусенко Ю.О.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна
Кучук Н.Г., Бельорін-Еррера О.М., Бречко В.О.
Національний технічний університет «ХПІ», Харків, Україна

Мета доповіді полягає у підвищенні точності та продуктивності алгоритмів аналізу та обробки складноструктурних зображень.

Об'єктом дослідження є процес аналізу та обробки растрових складноструктурних зображень.

Предметом дослідження є моделі та підвищення точності та продуктивності алгоритмів аналізу та обробки складноструктурних зображень.

Такі наукові галузі, як комп'ютерний зір, машинний зір та обробка зображень, що тісно пов'язані між собою.

Обробка зображень має на увазі переробку та аналіз цифрових зображень без знань про зміст таких зображень [1]. Для комп'ютерного зору деякі знання вже є необхідними, оскільки відбувається процес як обробки, а й розуміння те, що відбувається на зображенні.

Машинний зір, що застосовується на виробництві, повністю пов'язаний із зображеннями певного типу, наприклад, робот-маніпулятор відстежує переміщення деталей, що конкретно виглядають по конвеєру. Тому в задачі розпізнавання ССЗ необхідно користуватися методами обробки зображень на початковій стадії, коли ми ще не користуємося спеціальними знаннями, а потім переходити в область комп'ютерного зору [2].

Послідовність етапів обробки є наступною: передобробка, редукція даних, сегментація, розпізнавання образів та аналіз сцен; всі етапи мають супроводжуватися оптимізацією.

Відповідно, проблемами є отримання репрезентативної вибірки зображень для машинного навчання, вибір образів для розпізнавання, адаптація алгоритмів, узагальнення та оцінка якості виконаних алгоритмів.

Список літератури

1. Yan, X. A graph convolutional neural network for classification of building pat-terns using spatial vector data / X. Yan et al. // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. – 2019. – V. 150. – Pp. 259-273. – doi:10.1016/j.isprsjprs.2019.02.010

2. Zhang, Zh. MKANet: An Efficient Network with Sobel Boundary Loss for Land-Cover Classification of Satellite Remote Sensing Imagery // Remote Sens. – 2022. – №. 18:4514. – doi:10.3390/rs14184514

МЕХАНІЗМ ДИНАМІЧНОГО ПЕРЕРОЗПОДІЛУ ДАНИХ МІЖ СЕГМЕНТАМИ БЛОКЧЕЙН-МЕРЕЖІ

Радченко В.О.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна
Даценко С.С., Кучук Н.Г.
Національній технічний університет «ХПІ», Харків, Україна

Мета доповіді полягає у підвищенні продуктивності децентралізованих інформаційних систем на базі смарт-контрактів за рахунок удосконалення методу балансування для керування даними.

Вимоги до обробки даних у сучасних інформаційних системах з часом різко зростають у міру збільшення масштабів цих систем і розміру даних, що ними щодня генеруються.

У разі розподілених систем виникає необхідність балансування навантаження між вузлами системи, щоб уникнути проблем зі збільшенням навантаження на окремі вузли системи, кількості даних, що зберігаються в ній, а також кількості вузлів, де ці дані можуть зберігатися [1].

Рівномірне розподілення даних є складним завданням, оскільки об'єкти мають різні розміри і наявність великої кількості різнорідних об'єктів може призвести до високих вимог до ресурсів всіх вузлів системи, а також до пропускної спроможності між вузлами.

Відомі наукові підходи та поширені хмарні платформи не дозволяють балансувати навантаження без багаторазового дублювання даних на вузлах одночасно із збереженням можливості збільшення вузлів системи та кількості об'єктів у ній [2].

Основним елементом DApps є смарт-контракти, які можуть виконуватися на вузлах блокчейна і по суті є програмами, що самовиконуються. Саме за допомогою смарт-контрактів можна організувати балансування навантаження без участі користувача.

Однак у науковій літературі не описані підходи, які б вирішували таке завдання.

Насамперед це обумовлено наявністю технічних обмежень мови програмування смарт-контрактів.

Список літератури

1. Anand T. Ethereum Architecture and Overview // Blockchain and Ethereum Smart Contract Solution Development: Dapp Programming with Solidity. Apress, 2022. – С. 209–244. – DOI. 10.1007/978-1-4842-8164-2.

2. Yang C.-T., Chen C.-J., Chen T.-Y. Implementation of Ceph Storage with Big Data for Performance Comparison // Information Science and Applications 2017. под ред. K. Kim, N. Joukov, Singapore. Springer, 2017. – С. 625–633. – DOI. 10.1007/978-981-10-4154-9_72.

ТЕХНОЛОГІЯ ПРИСКОРЕННЯ АНАЛІЗУ ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ

Андрусенко Ю.О., Пироженко С.С.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна
Кучук Н.Г., Лисиця Д.О.
Національній технічний університет «ХПІ», Харків, Україна

Незважаючи на швидкі темпи розвитку інструментів статичного і динамічного аналізу програм і впровадження циклу розробки безпечного програмного забезпечення (ПЗ), що постійно розширюється, кількість наявних вразливостей щорічно тільки збільшується. Можна вказати кілька причин ситуації, що склалася.

По-перше, складність програмних систем постійно зростає; сучасні програмні системи, зокрема дистрибутиви ОС, можуть містити десятки, і навіть сотні мільйонів рядків коду [1]. Це призводить до помилок під час проектування систем, а також під час реалізації конкретного функціоналу.

По-друге, жорсткий графік реалізації проектів та серйозна конкуренція не дозволяють забезпечити повне покриття тестами [2].

По-третє, висока потреба в IT-фахівцях на ринку праці призводить до залучення до проектів фахівців з недостатньо високою кваліфікацією, що позначається на якості коду.

По-четверте, самі компілятори та інші засоби розробки можуть містити помилки, і з коректного коду може генеруватися бінарний код з дефектами, що, у свою чергу, породжує проблему аналізу безпосередньо бінарного коду, а це складніше, ніж аналіз вихідного коду [3].

Мета доповіді. Розробка та реалізація ефективних методів статичного та динамічного аналізу програм для виявлення помилок та вразливостей у програмному забезпеченні.

У процесі дослідження було проаналізовано голографічні послуги та голографічний тип комунікацій, а також напрями розвитку мереж зв'язку п'ятого та наступних поколінь для надання даних послуг.

Проведено дослідження характерних особливостей поведінки голографічного трафіка та процесів обслуговування різних варіантів формування трафіку 3D.

Список літератури

1. J. Johnson, "Identifying redundancy in source code using fingerprints", Centre for Advanced Studies on Collaborative Research, 2018.
2. D. Martin, J. Cordy, "Analyzing web service similarities using contextual clones", 5th International Workshop on Software Clones, 2021.
3. R. Wettel, R. Marinescu, "Archeology of code duplication: Recovering duplication chains from small duplication fragments", 7th International Symposium on Symbolic and Numeric Algorithms for Scientific Computing, 2020.

РОЗРОБКА АПАРАТНО-ПРОГРАМНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ БОРТОВОЇ СИСТЕМИ ДЕТЕКТУВАННЯ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПРЕДМЕТІВ

Лифар Д В., Стась А.М., Подорожняк А.О.
Національний технічний університет "ХПІ", Харків, Україна

В умовах гуманітарного розмінування в Україні використання безпілотних роботизованих засобів (БПРЗ) є стратегічним напрямом [1]. Проблемою є забезпечення стабільного відеозв'язку в умовах дії засобів радіоелектронної боротьби та при несприятливому рельєфі місцевості. Крім того, оператор фізично втомлюється під час тривалого аналізу відеопотоку, що призводить до пропусків вибухонебезпечних об'єктів (ВНО). Рішенням може бути перенесення аналізу даних на борт БПРЗ, що дозволить транслювати не «важке» відео, а лише координати та фото ВНО.

Метою роботи є розробка та програмна оптимізація бортового модуля виявлення ВНО на базі платформи Raspberry Pi та ШІ-прискорювача.

У ході створення програмної реалізації було вирішено такі ключові задачі:

– програмна оптимізація моделі: застосовано методи квантування та компіляцію потоку даних за допомогою Hailo Dataflow Compiler, що дозволило моделі YOLOv11s [2] працювати на борту БПРЗ у режимі реального часу;

– алгоритм умовної фіксації подій: реалізовано логіку тригера, який ініціює збереження кадру при позитивній детекції ВНО із заданим порогом впевненості із часовою фільтрацією для зменшення обчислювального навантаження;

– інтеграція навігаційних даних: розроблено програмний драйвер для парсингу даних з модуля GNSS через UART, що забезпечує синхронізацію GPS-координат із моментом детекції ВНО;

– забезпечення автономності: створено системні служби через systemd для автоматичного запуску ШІ-моделі при подачі живлення та механізм Watchdog для самовідновлення системи у разі збоїв.

Створена комплексна програмна архітектура забезпечує автономність обробки даних на борту БПРЗ без необхідності постійного зв'язку з оператором, формує точну карту ризиків на основі геотегованих зображень, значно пришвидшує та здешевлює процес первинної розвідки територій.

Список літератури

1. Podorozhniak A., Liubchenko N., Skorlupin O., Korolenko S., Stas A. Mobile explosive object detection system for humanitarian demining needs. *2025 IEEE 6th KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek)*, pp. 1-6. DOI: https://doi.org/10.1109/KhPIWeek61436.2025.11288620.

2. Ultralytics YOLOv11 Documentation. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://docs.ultralytics.com/.

3. Levchenko D., Podorozhniak A., Liubchenko N. Tools and methods for explosive objects detection using artificial intelligence and computer vision. Control, Navigation and Communication Systems. 2025. No. 3 (81). Pp. 117–121. DOI: https://doi.org/10.26906/SUNZ.2025.3.117

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ МОБІЛЬНИЙ ЗАСТОСУНОК ДЛЯ ГЕНЕРАЦІЇ ПРИВІТАНЬ

Єлізов С.С., Любченко Н.Ю., Подорожняк А.О.
Національний технічний університет "ХПІ", Харків, Україна

Сучасні досягнення у сфері штучного інтелекту (ШІ) та глибокого навчання сприяють активному розвитку систем автоматичної генерації тексту. Великі мовні моделі (LLM) демонструють високу ефективність у задачах обробки природної мови, включаючи створення зв'язного тексту, відповіді на запитання та генерацію персоналізованого контенту. Використання таких моделей відкриває нові можливості для створення інтелектуальних цифрових сервісів, орієнтованих на індивідуальні потреби користувачів [1].

Одним із перспективних напрямів застосування LLM є автоматична генерація персоналізованих текстових повідомлень. Сучасні підходи до генерації тексту на основі нейронних мереж забезпечують можливість створення природних та змістовних повідомлень, що наближені до текстів, написаних людиною. Більшість сучасних систем генерації тексту використовують хмарні сервіси та зовнішні API, що потребує постійного підключення до Інтернету та може створювати обмеження щодо конфіденційності даних і швидкості роботи. Альтернативним підходом є використання компактних мов-них моделей, здатних працювати безпосередньо на мобільних пристроях.

Метою дослідження є розробка інтелектуального мобільного застосунку для генерації персоналізованих привітань з використанням локальної мовної моделі.

Було використано мовну модель Gemma компанії Google на основі сімейства моделей Gemini [2]. Для адаптації моделі до генерації привітань українською мовою було виконано її донавчання на спеціально підготовленому наборі даних. Для зменшення вимог до обчислювальних ресурсів було застосовано квантизацію нейронних мереж, що суттєво зменшило розмір моделі та прискорило процес генерації повідомлень [3].

Досліджуються можливості застосування компактних LLM у мобільних застосунках із донавчанням та оптимізацією моделі. Очікується, що результати роботи сприятимуть розвитку автономних ШІ-застосунків та розширенню можливостей використання LLM у мобільному середовищі.

Список літератури

1. Vaswani A., Shazeer N., Parmar N., Uszkoreit J., Jones L. Attention Is All You Need. arXiv:1706.03762 [cs.CL], 2017. DOI: https://doi.org/10.48550/ARXIV.1706.03762.

2. Google DeepMind. Gemma: Open Models Based on Gemini Research and Technology. 2024. https://doi.org/10.48550/arXiv.2403.08295.

3. Подорожняк А. О., Любченко Н. Ю., Баленко О. І., Любченко О. В. Технології вбудованого штучного інтелекту. НТУ "ХПІ". Харків, 2026. 37 с. Електронний ресурс] – Режим доступу: https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/100028.

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ДОРОЖНІХ ЗНАКІВ У РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ

Волобуєв Д.Р., Пугачов Р.В., Подорожняк А.О.
Національний технічний університет «ХПІ», Харків, Україна

У сучасному світі вбудовані технології інтегруються в численні аспекти повсякденного життя, зокрема в автомобільний транспорт [1]. Активно триває розробка автономних транспортних засобів, де ключову роль відіграє розпізнавання дорожніх знаків [2].

Розпізнавання дорожніх знаків становить значні виклики в галузі комп'ютерного зору через вплив множинних факторів на видимість знаків, таких як погодні умови, освітлення, часткове перекриття сторонніми об'єктами чи навмисні спотворення [3].

Метою доповіді є результати дослідження методів розпізнавання дорожніх знаків та розробка програмного забезпечення на базі навченої моделі.

Для досягнення поставленої мети було обрано модель MobileNetV2 SSD FPN-Lite, яка забезпечує високу ефективність на обмежених обчислювальних ресурсах та прийнятну точність розпізнавання у реальному часі.

Навчання моделі проведено на датасеті German Traffic Sign Recognition Benchmark (GTSRB), що містить 40 класів і понад 40 тис. зображень різного розміру в різних погодних умовах, що сприяє підвищенню робастності моделі [4].

Програмне забезпечення реалізовано з використанням мови програмування Python та бібліотек TensorFlow і OpenCV для навчання моделі, обробки відеопотоків і зчитування даних з камери в реальному часі.

Метою подальших досліджень є підвищення якості розпізнавання дорожніх знаків у реальному часі на різних бортових обчислювальних платформах.

Список літератури

1. Podorozhniak A., Puhachov R., Liubchenko N., Lisova D. YOLOv8 based model for Ukrainian license plate recognition. 2025 IEEE 6th KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek), Kharkiv, Ukraine, 2025, pp. 1-5. DOI: https://doi.org/10.1109/KhPIWeek61436.2025.11288712.

2. Dhaif Z. S., El Abbadi N. K. Road Signs Detection Using SSD MobileNetV2. Karbala International Journal of Modern Science, 2024. Vol. 10. Iss. 4. Article 1. DOI: https://doi.org/10.33640/2405-609X.3373.

3. Dharma A. S., Pardosi C. N. S., Silaen Z. P. Comparative Performance of Yolov8 and Ssd-mobilenet Algorithms for Road Damage Detection in Mobile Applications. Sinkron, 2025. Vol. 9. No. 3. Pp. 1159 - 1169. https://doi.org/10.33395/sinkron.v9i3.15008

4. German Traffic Sign Recognition Benchmark (GTSRB): – Режим доступу: https://benchmark.ini.rub.de/gtsrb_dataset.html.

ВИКЛИКИ І ОБМЕЖЕННЯ В ЗАДАЧАХ ВИЯВЛЕННЯ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПРЕДМЕТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА КОМП'ЮТЕРНОГО БАЧЕННЯ

Левченко Д.В., Подорожняк А.О.
Національний технічний університет «ХПІ», Харків, Україна

Виявлення вибухонебезпечних предметів за допомогою штучного інтелекту та комп'ютерного зору є складним і критично важливим завданням для безпеки. Вибухові небезпеки, такі як наземні міни, боєприпаси, що не розірвалися, і саморобні вибухові пристрої, як правило, невеликі, візуально нечіткі та часто приховані в складних середовищах [1]. На зображеннях, зроблених безпілотними літальними апаратами (БПЛА), наземними роботами або мультиспектральними датчиками, ці об'єкти часто виглядають як низькоконтрастні елементи, які зливаються з навколишнім середовищем, що робить надійне виявлення особливо складним [2, 3].

Фундаментальна складність полягає в обмеженій доступній візуальній інформації. Вибухові об'єкти часто не мають чітких текстур, країв або характерних кольорів і можуть займати лише кілька пікселів у зображенні, що призводить до слабкого представлення ознак. Їх видимість ще більше знижується через оклюзію, оскільки об'єкти можуть бути частково або повністю вкриті ґрунтом, рослинністю, сміттям або снігом. Умови навколишнього середовища, такі як погане освітлення, тіні, туман, пил і розмиття руху, ще більше погіршують якість зображення та збільшують ймовірність помилкових негативів.

Іншою серйозною проблемою є точна локалізація, яка є важливою для уникнення, маркування та нейтралізації. Через невеликі розміри вибухонебезпечних предметів навіть незначні відхилення в прогнозованих обмежувальних коробках можуть призвести до збою виявлення. Ця проблема посилюється мінливістю масштабу, спричиненою змінами висоти датчика, кута камери, геометрії місцевості та глибини поховання, що ускладнює ефективне узагальнення стандартних механізмів виявлення [4].

Продуктивність виявлення також обмежена домінуванням фону та втратою функцій. Природні середовища, такі як ґрунт, рослинність і щебінь, створюють візуально складні сцени, в яких вибухонебезпечні предмети легко закриваються. Згорткові нейронні мережі (CNN), хоча й ефективні в загальному виявленні об'єктів, часто втрачають дрібні просторові деталі через зниження дискретизації, що є критичним при виявленні малих об'єктів.

Подальші обмеження виникають через архітектуру моделі та обчислювальні обмеження. Багато існуючих моделей виявлення не оптимізовані для невеликих цілей з низьким контрастом. Хоча зображення з високою роздільною здатністю можуть підвищити точність виявлення, це значно збільшує обчислювальні витрати, обмежуючи розгортання в реальному часі на БПЛА та крайових пристроях. Крім того, відсутність високоякісних

даних залишається головним вузьким місцем, оскільки набори даних зазвичай невеликі, незбалансовані та їх важко отримати.

Ці виклики можна підсумувати таким чином:

– обмежена візуальна інформація: малий розмір, низька контрастність, відсутність відмінних рис;

– оклюзія: часткове або повне приховування рельєфом, рослинністю або сміттям;

– мінливість шкали: зміни через висоту датчика, кут огляду та глибину заритого об’єкту;

– домінування фону: складні середовища зменшують відношення сигнал/шум;

– архітектурні обмеження: моделі не оптимізовані для виявлення малих об'єктів;

– обмеження даних: обмежені, незбалансовані та упереджені набори даних.

Останні досягнення в глибокому навчанні пропонують багатообіцяючі рішення. Архітектура трансформер покращує розуміння глобального контексту, а гібридні моделі CNN–Transformer поєднують локальне та глобальне виділення функцій. Крім того, методи надвисокої роздільної здатності покращують чіткість зображення, а легкі моделі з дистиляцією знань забезпечують ефективне розгортання в реальному часі.

Підсумовуючи, виявлення вибухонебезпечних об’єктів залишається складною, але критичною сферою досліджень через сукупний вплив характеристик об’єктів, складності навколишнього середовища та системних обмежень. Майбутня робота має бути зосереджена на покращенні узагальнення в різних умовах, зменшенні розриву між синтетичними та реальними даними та оптимізації моделей для надійного розгортання в реальному часі. Досягнення цих цілей має важливе значення для розробки надійних, практичних і рятівних систем виявлення.

Список літератури

1. Kim J.-H., Kwon G.-R. Anti-Personnel Landmine Detection Using Long-Wave Infrared Imagery and Deep Learning. Applied Sciences. 2025. Vol. 15, iss. 15. Article 8613. DOI: https://doi.org/10.3390/app15158613.

2. Levchenko D., Podorozhniak A., Liubchenko N. Tools and Methods for Explosive Objects Detection Using Artificial Intelligence and Computer Vision. Системи управління навігації та зв’язку. Збірник наукових праць. 2025. Vol. 3(81). P. 117–121. DOI: https://doi.org/10.26906/SUNZ.2025.3.117.

3. Gallagher J. E., Oughton E. J., Kosecka J. Multi-temporal Adaptive Red-Green-Blue and Long-Wave Infrared Fusion for You Only Look Once-Based Landmine Detection from Unmanned Aerial Systems. arXiv:2512.20487 [cs.CV], 2025. DOI: https://arxiv.org/abs/2512.20487.

4. Podorozhniak A., Liubchenko N., Skorlupin O., Korolenko S., Stas A. Mobile explosive object detection system for humanitarian demining needs. 2025 IEEE 6th KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek), pp. 1-6. DOI: https://doi.org/10.1109/KhPIWeek61436.2025.11288620.

РОЗРОБКА СЕРВЕРНОЇ ЧАСТИНИ ДЛЯ МОБІЛЬНОГО ЗАСТОСУНКУ FOOD FRIEND З ІНТЕГРАЦІЄЮ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Лавка О.О., Кучук Г.А.
Національний технічний університет «ХПІ», Харків, Україна

Інтеграція великих мовних моделей у прикладне програмне забезпечення є одним із ключових напрямів сучасної розробки програмних систем [1]. Попри широке розповсюдження AI-сервісів, більшість реалізацій використовують штучний інтелект як ізольований зовнішній компонент: модель отримує текстовий запит і повертає відповідь, яка не включається у подальші бізнес-процеси системи. Такий підхід не дозволяє повною мірою розкрити потенціал моделей, оскільки якість результату безпосередньо залежить від того, наскільки точно і структуровано сервер формує вхідні дані та визначає роль моделі у конкретному процесі [2]. Це актуалізує дослідження архітектурних патернів, за яких AI-функції є повноцінною частиною серверної бізнес-логіки: модель отримує підготовлені доменні дані, діє в межах визначеної ролі та повертає результат у структурованому форматі, який сервер безпосередньо використовує у подальшій обробці.

Метою доповіді є дослідження та практична реалізація архітектури серверної частини мобільного застосунку Food Friend, в якій штучний інтелект структурно вбудований у бізнес-процеси системи. Розглядається підхід, за якого виклики до моделі здійснюються у форматі **строгої JSON-схеми** з визначеними ролями та контекстом, що забезпечує детермінований контракт між моделлю та серверною логікою, а результати AI безпосередньо використовуються у подальших етапах обробки даних.

У доповіді наводяться результати проектування та реалізації чотирьох AI-функцій із різними режимами взаємодії з моделлю. Досліджується **гібридна стратегія**: сервер самостійно виконує доменну роботу – фільтрацію, обчислення релевантності, підбір кандидатів – і передає моделі вже підготовлені структуровані дані з конкретним завданням, тоді як ШІ відповідає виключно за інтерпретацію та генерацію контенту. Розглядаються реалізації генерації природномовних пояснень до детермінованих рекомендацій, vision-аналізу зображень із розпізнаванням страви та подальшим матчингом інгредієнтів у базі даних, генерації зображень із публікацією у хмарному сховищі, а також автоматичного багатомовного перекладу контенту у фоновому режимі.

У комплексі з AI-функціями реалізовано інтеграцію з пошуковим рушієм **Meilisearch**, що забезпечує високошвидкісний повнотекстовий пошук по рецептах і продуктах із автоматичною синхронізацією індексів при змінах даних. Окремо висвітлюється архітектура **асинхронної обробки AI-задач** на базі черги повідомлень із керованим life-cycle та механізмами retry, що забезпечує стійкість системи у разі недоступності зовнішнього API – основна функціональність продовжує працювати, а модель виконує роль збагачення

контенту. Наводиться порівняльний аналіз із існуючими рішеннями та обґрунтовуються переваги запропонованого підходу.

Список літератури

1. Kuchuk, H. and Matvieiev, M. (2025), "Modeling the process of loading 3D models in a client application", Advanced Information Systems, vol. 9(4), pp. 11–16, doi: https://doi.org/10.20998/2522-9052.2025.4.02

2. Dotsenko, N., Chumachenko, I., Galkin, A., Kuchuk, H. and Chumachenko, D. (2023), "Modeling the Transformation of Configuration Management Processes in a Multi-Project Environment", *Sustainability (Switzerland)*, Vol. 15(19), 14308, doi: https://doi.org/10.3390/su151914308

МЕТОД ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО КЕРУВАННЯ ПЕРЕДАЧЕЮ ДАНИХ У МОБІЛЬНІЙ КОМПОНЕНТІ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

Кучук Г.А., Винник О.С.
Національний технічний університет «ХПІ», Харків, Україна

У доповіді наведені результати комплексного аналізу мобільної компоненти Інтернету речей, зокрема розглянуто сучасну багаторівневу архітектуру IoT-систем, яка включає граничний (edge), туманний (fog) та хмарний (cloud) шари [1, 2]. Визначено функціональне призначення кожного з рівнів та їх взаємодію в процесі збору, обробки та передачі даних. Детально досліджено роль мобільних вузлів, які виступають джерелами даних і характеризуються високою динамічністю, автономністю та обмеженими ресурсами. Показано, що саме мобільна складова IoT є найбільш вразливою з точки зору енергоспоживання та стабільності функціонування. Розглянуто особливості передачі даних у мобільних IoT-системах, включаючи вплив мобільності вузлів на зміну топології мережі, варіативність якості каналів зв'язку, збільшення затримок і ймовірність втрат пакетів. Проаналізовано фактори, що визначають ефективність передачі даних, серед яких інтенсивність трафіку, частота передачі, відстань до вузлів туманного шару та рівень завантаження мережі. Виявлено ключові проблеми енергоспоживання, пов'язані з нераціональним використанням радіоінтерфейсів, частими сеансами комунікації, дублюванням даних і неоптимальною маршрутизацією.

Проведено огляд існуючих методів енергоефективного керування передачею даних, включаючи адаптивні протоколи доступу до середовища, алгоритми енергозберігаючої маршрутизації, методи агрегації та фільтрації даних, а також підходи на основі штучного інтелекту. Встановлено, що більшість існуючих рішень не враховують комплексно багатокритеріальність задачі та динамічний характер мобільного середовища, що знижує їх ефективність у реальних умовах експлуатації. Запропоновано модель процесу керування передачею даних у мобільній компоненті Інтернету речей, яка базується на інтеграції граничного та туманного обчислювальних шарів. Визначено особливості їх взаємодії, зокрема розподіл обчислювальних задач,

буферизацію та попередню обробку даних на граничному рівні з подальшою передачею до вузлів туманного шару. Сформовано математичну модель процесу керування передачею даних, яка описує залежності між параметрами системи та цільовими показниками ефективності. У моделі враховано такі критерії оптимізації, як енергоспоживання мобільних вузлів, затримка передачі даних і ступінь завантаження мережевої інфраструктури. Введено систему обмежень, що відображає технічні характеристики пристроїв, пропускну здатність каналів зв'язку та вимоги до якості обслуговування.

На основі сформульованої моделі поставлено задачу багатокритеріальної оптимізації, для розв'язання якої використано підхід Парето-оптимальності. Це дозволяє визначати множину компромісних рішень без необхідності зведення критеріїв до єдиної функції. Для підвищення ефективності пошуку оптимальних рішень запропоновано модифікацію алгоритму мурашиної колонії, яка адаптована до умов мобільного IoT. Модифікація полягає у введенні динамічних коефіцієнтів ваги критеріїв, оновлених правил випаровування феромонів та врахуванні поточного стану мережі при побудові маршрутів. Розроблений модифікований алгоритм використано для задачі розподілу транзакцій IoT між шлюзами туманного шару. Запропонований підхід дозволяє адаптивно балансувати навантаження між вузлами, зменшувати кількість енерговитратних передач і уникати перевантаження окремих елементів мережі. У процесі моделювання враховано різні сценарії функціонування системи, включаючи зміну швидкості переміщення вузлів, щільність мережі та інтенсивність генерації даних. Проведена оцінка ефективності запропонованого методу показала його переваги порівняно з традиційними підходами. Зокрема, досягнуто зниження енергоспоживання мобільних вузлів, скорочення середньої затримки передачі даних, підвищення стабільності функціонування мережі та ефективніше використання ресурсів туманного шару. Доведено, що використання багатокритеріальної оптимізації у поєднанні з біоінспірованими алгоритмами є перспективним напрямом для підвищення ефективності IoT-систем. Отримані результати можуть бути використані при проєктуванні та впровадженні енергоефективних систем Інтернету речей у таких прикладних сферах, як розумні міста, транспортні системи, промисловий Інтернет речей, екологічний моніторинг та системи дистанційного контролю. Запропонований метод може бути адаптований до різних умов експлуатації та масштабів мережі, що робить його універсальним інструментом для підвищення ефективності мобільних IoT-рішень.

Список літератури

1. Kuchuk, H. and Malokhvii, E. (2024), "Integration of IoT with Cloud, Fog, and Edge Computing: A Review", *Advanced Information Systems*, vol. *8*(2), pp. 65–78, doi: https://doi.org/10.20998/2522-9052.2024.2.08.

2. Panchenko, V., Kuchuk, H., Noskov, V., Leonov, S., Lipchanska, O. (2026), "Method of test pool synthesis for an intelligent high-density IoT edge-layer gateway", *Advanced Information Systems*, vol. 10, no. 1, pp. 50–57, doi: https://doi.org/10.20998/2522-9052.2026.1.06

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ КЛІЄНТСЬКИХ ЗАСТОСУНКІВ

Кучук Г.А., Матвєєв М.І.
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна

Актуальність теми зумовлена стрімким розвитком інформаційних технологій і постійним зростанням вимог користувачів до швидкодії та стабільності програмного забезпечення. У сучасних умовах ефективність функціонування клієнтських застосунків безпосередньо впливає на якість користувацького досвіду, конкурентоспроможність продукту та рівень задоволеності користувачів. Навіть незначні затримки в роботі інтерфейсу можуть призводити небажаних результатів.

Метою дослідження є аналіз сучасних методів підвищення ефективності клієнтських застосунків, визначення їх переваг і обмежень, а також формування практичних рекомендацій щодо їх використання.

Особлива увага приділяється таким підходам, як кешування даних, оптимізація обробки ресурсів, мінімізація обсягу передаваних даних і покращення взаємодії з користувачем. Разом із тим існуючі методи підвищення ефективності мають певні недоліки. Багато з них є вузькоспеціалізованими і працюють ефективно лише за конкретних умов або для певних типів застосунків. Наприклад, кешування може бути неефективним у випадках частого оновлення даних, а складні алгоритми оптимізації можуть ускладнювати підтримку та масштабування програмного коду. Додатково, обмежені ресурси клієнтських пристроїв, особливо мобільних, накладають суттєві обмеження на застосування деяких підходів. Також відсутність універсальних стратегій оптимізації та недостатнє врахування реальних умов мережі й поведінки користувачів знижують ефективність навіть сучасних рішень. Необхідність подальших розробок у цій сфері зумовлена постійним ускладненням клієнтських застосунків і зростанням обсягів оброблюваних даних. Сучасні користувачі очікують миттєвого відгуку системи незалежно від типу пристрою чи якості інтернет-з'єднання. Це вимагає створення нових підходів до оптимізації, які будуть адаптивними та ефективними в різних умовах експлуатації. Крім того, розвиток мобільних технологій і веб-платформ потребує уніфікованих рішень для забезпечення стабільної роботи застосунків. Отже, подальші дослідження та розробки є необхідними для підвищення продуктивності, надійності та конкурентоспроможності програмних продуктів.

Список літератури

1. Matvieiev, M. and Kuchuk, H. (2025), "Development of a Method for Transmitted Multi-Model Augmented Reality Objects", *2025 IEEE 6th Khpi Week on Advanced Technology* (Khpiweek 2025), doi: https://doi.org/10.1109/KhPIWeek61436.2025.11288612
2. Kuchuk, H. and Matvieiev, M. (2025), "Modeling the process of loading 3D models in a client application", Advanced Information Systems, vol. 9(4), pp. 11–16, doi: https://doi.org/10.20998/2522-9052.2025.4.02

АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ, ЩО ВИНИКАЮТЬ ПРИ ОБРОБЦІ ІНФОРМАЦІЇ НА КІНЦЕВИХ ПРИСТРОЯХ ПРОМИСЛОВОГО ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

Кучук Г.А., Малохвій Е.Е.
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна

Проблеми обробки інформації на кінцевих пристроях промислового Інтернету речей виникають через обмежені обчислювальні ресурси, енергоспоживання та специфічні умови експлуатації. Такі пристрої часто працюють у реальному часі, що висуває високі вимоги до швидкодії та надійності обробки даних. Однією з ключових проблем є затримка передачі інформації між пристроями та центральними системами. Також важливим фактором є нестабільність мережевого з'єднання, особливо в промислових середовищах. Обмежений обсяг пам'яті ускладнює зберігання та обробку великих масивів даних. Додатковою проблемою є забезпечення кібербезпеки та захисту даних від несанкціонованого доступу. Часто виникають труднощі з інтеграцією різнорідних пристроїв і протоколів. Недостатня стандартизація у сфері промислового Інтернету речей також ускладнює ефективну обробку інформації. Крім того, вплив зовнішніх факторів, таких як температура або вібрації, може негативно позначатися на роботі пристроїв.

Метою дослідження є аналіз основних проблем, що виникають при обробці інформації на кінцевих пристроях промислового Інтернету речей, а також визначення шляхів їх подолання. У доповіді передбачається систематизація існуючих підходів до обробки даних у таких системах. Особлива увага приділяється методам підвищення ефективності обчислень на обмежених ресурсах. Також досліджуються підходи до зменшення затримок і підвищення надійності передачі даних. Важливим завданням є оцінка впливу різних факторів на продуктивність кінцевих пристроїв. Крім того, метою є визначення оптимальних стратегій управління даними в умовах розподілених систем. Результати дослідження можуть бути використані для вдосконалення існуючих рішень і розробки нових підходів.

Існуючі методи обробки інформації мають ряд недоліків, що обмежують їх ефективність у промислових умовах. Багато з них не враховують обмеженість ресурсів кінцевих пристроїв, що призводить до перевантаження системи. Централізовані підходи можуть спричиняти значні затримки через передачу великих обсягів даних у хмару. Також недоліком є високе енергоспоживання деяких алгоритмів обробки. Відсутність гнучкості у налаштуванні систем ускладнює їх адаптацію до змінних умов. Серед шляхів усунення цих недоліків варто виділити використання периферійних обчислень (edge computing). Це дозволяє обробляти дані безпосередньо на пристроях або поблизу них. Також перспективним є застосування алгоритмів з низьким енергоспоживанням. Важливим напрямом є впровадження стандартів і уніфікація протоколів. Отже, комплексне поєднання нових технологій і підходів дозволить підвищити ефективність обробки інформації в системах промислового Інтернету речей.

Список літератури

1. Panchenko, V., Kuchuk, H., Noskov, V., Leonov, S., Lipchanska, O. (2026), "Method of test pool synthesis for an intelligent high-density IoT edge-layer gateway", *Advanced Information Systems*, vol. 10, no. 1, pp. 50–57, doi: https://doi.org/10.20998/2522-9052.2026.1.06
2. Malokhvii, E. and Kuchuk, H. (2025), "Differential Evolution for Optimized Task Clustering and Scheduling in IoT Edge Computing", *2025 IEEE 6th Khpi Week on Advanced Technology* (Khpiweek 2025), doi: https://doi.org/10.1109/KhPIWeek61436.2025.11288695
3. Kuchuk, H. and Malokhvii, E. (2024), "Integration of IoT with Cloud, Fog, and Edge Computing: A Review", *Advanced Information Systems*, vol. *8*(2), pp. 65–78, doi: https://doi.org/10.20998/2522-9052.2024.2.08

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ВИЯВЛЕННЯ ФЕЙКОВИХ НОВИН

Кучук Г.А., Даценко С.С. (мол.)
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна

Проблема виявлення фейкових новин виникає через стрімке зростання обсягів інформації в цифровому просторі та легкість її поширення через соціальні мережі. Сучасні платформи дозволяють будь-якому користувачеві створювати та розповсюджувати контент без належної перевірки достовірності. Однією з ключових причин появи фейкових новин є політичні, економічні або соціальні маніпуляції. Також значну роль відіграє прагнення до отримання прибутку через клікбейт і рекламу. Проблемою є те, що фейкові новини часто мають емоційно забарвлений характер, що сприяє їх швидкому поширенню. Крім того, алгоритми рекомендацій можуть підсилювати поширення недостовірної інформації. Відсутність достатнього рівня медіаграмотності серед користувачів також ускладнює ситуацію. Ще однією проблемою є складність автоматичного розпізнавання неправдивої інформації через її схожість із правдивими новинами. Фейкові новини можуть містити частково правдиві факти, що ускладнює їх ідентифікацію. Також важливою проблемою є багатомовність інформаційного простору. Недостатня якість навчальних даних для алгоритмів також впливає на точність виявлення. Динамічний характер появи нових типів фейків ускладнює створення універсальних методів їх розпізнавання.

Метою дослідження є аналіз сучасних методів виявлення фейкових новин та оцінка їх ефективності.

У доповіді передбачається систематизація існуючих підходів до виявлення недостовірної інформації. Особлива увага приділяється методам машинного навчання та обробки природної мови. Одним із завдань є визначення критеріїв оцінювання достовірності новин. Дослідження також спрямоване на виявлення факторів, що впливають на ефективність алгоритмів. Важливим аспектом є аналіз можливостей комбінування різних методів. Крім того, метою є розробка рекомендацій щодо підвищення точності виявлення фейкових новин. Отримані

результати можуть бути використані для вдосконалення інформаційних систем і платформ. Методи виявлення фейкових новин можна класифікувати за різними підходами та ознаками. Одним із найпоширеніших є поділ за типом аналізованих даних. До першої групи належать методи, що базуються на аналізі текстового контенту. Вони використовують лінгвістичні характеристики, такі як стиль, тональність і структура тексту. Друга група включає методи, орієнтовані на аналіз джерела інформації. Такі підходи оцінюють репутацію автора або вебресурсу. Окремо виділяють методи, що аналізують поведінку користувачів у мережі. Вони враховують швидкість поширення новин і взаємодію аудиторії з контентом. Також існують методи, засновані на аналізі соціальних зв'язків. Вони досліджують структуру поширення інформації в соціальних мережах. Іншою важливою класифікаційною ознакою є використання технологій штучного інтелекту. Зокрема, виділяють методи машинного навчання та глибинного навчання. Традиційні підходи включають експертні системи та правила, створені фахівцями. Сучасні методи часто комбінують кілька підходів одночасно. Це дозволяє підвищити точність виявлення фейкових новин. Також методи класифікують за рівнем автоматизації. Існують повністю автоматизовані системи та системи з участю людини. Важливим є поділ за типом медіа, з якими працює метод. Деякі підходи орієнтовані лише на текст, інші - на мультимедійний контент.

Існуючі методи виявлення фейкових новин мають ряд недоліків. Багато алгоритмів залежать від якості та обсягу навчальних даних. Це може призводити до помилок у випадку нових або нетипових прикладів. Методи машинного навчання часто є складними для інтерпретації. Також вони можуть бути вразливими до навмисних маніпуляцій. Аналіз лише тексту не завжди дозволяє точно визначити достовірність інформації. Деякі методи не враховують контекст або джерело новини. Існує проблема упередженості алгоритмів. Серед шляхів усунення недоліків варто виділити гібридні підходи. Поєднання аналізу тексту, зображень і метаданих може підвищити точність. Також перспективним є використання штучного інтелекту. Важливим напрямом є постійне оновлення навчальних даних. Підвищення рівня медіаграмотності користувачів також сприятиме зменшенню впливу фейкових новин. Таким чином, комплексний підхід дозволить значно покращити ефективність їх виявлення.

Список літератури

1. Hu, B., Mao, Z. and Zhang, Y. (2025), "An overview of fake news detection: From a new perspective", *Fundamental Research*, vol. 5, is. 1, pp. 332–346, doi: https://doi.org/10.1016/j.array.2024.100327

2. Gao, Y., Li, L. *et al.* (2025), "Multi-modal fake news detection: A comprehensive survey on deep learning technology, advances, and challenges", *J. King Saud Univ. Comput. Inf. Sci.* vol. 37, doi: https://doi.org/10.1007/s44443-025-00317-7

3. Khan JY, Khondaker MT, Afroz S, Uddin G and Iqbal A (2021), "A benchmark study of machine learning models for online fake news detection", *Machine Learning with Applications*, vol..4, 100032, doi: https://doi.org/10.1016/j.mlwa.2021.100032

МОДЕЛЮВАННЯ ОЦІНЮВАННЯ ПОТУЖНОСТІ ГЕНЕРАТОРІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИГНАЛІВ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ЇХ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ

Герасимов С.В., Кот В.В.
Національний технічний університет «ХПІ», Харків, Україна

Генератори електричних сигналів знайшли широке застосування у зразках транспортної техніки – від автомобільного до морського та повітряного призначення. Крім того, останнім часом значно розширено сферу застосування генераторів електричних сигналів на основі відновлювальних джерел енергії. Функціонування генераторів електричних сигналів направлено на забезпечення стабільного електроживлення споживачів (вузлів і систем електрозабезпечення зразків транспортної техніки) [1, 2]. Наприклад, стрибки напруги (струму), зумовлені втратами потужності генераторів електричних сигналів, найчастіше призводять до виходу з ладу (несправності) електричних елементів (вхідних контурів живлення, мікросхем тощо) [2, 3]. Також, по-ява несправності генераторів електричних сигналів змінює якість сигналу, який генерується, що також може призвести до виходу із ладу електричних елементів і втрати зразка транспортної техніки, особливо повітряного призначення.

Тому актуальною задачею є удосконалення процедур діагностування генераторів електричних сигналів для визначення їх поточного технічного стану [4, 5].

Метою доповіді є розробка алгоритму моделювання оцінювання потужності генераторів електричних сигналів зразків транспортної техніки для діагностування їх технічного стану.

У доповіді наведено алгоритм оцінювання потужності, яку генерує генератор електричних сигналів, залежно від якості сигналу (його форми), що дозволяє оцінити потужність квазігармонійного електричного сигналу. Якість електричного сигналу залежить у тому числі від наявності гармонійних складових (вищих гармонік). Показано, що методи вимірювання потужності, яка споживається, засновані на перемноженні гармонійних сигналів напруги і струму. Наявність вищих гармонік у сигналах напруги та струму (квазігармонійних сигналах) впливає на точність вимірювання потужності споживаної електроенергії. Присутність вищих гармонік в електричних сигналах напруги та струму є причиною методичної похибки при вимірюванні потужності електричного сигналу. Наявність методичної похибки через вищі гармоніки гармонійного електричного сигналу призводить до неправильного оцінювання потужності електричних споживачів (приладів), що може призвести до виходу з ладу як генератору електричних сигналів, так і зразка транспортної техніки у цілому. При синтезі електричних схем зразків транспортної техніки (які на сьогодні мають у своєму складі як бортові комп'ютери, так й низку радіо-технічних систем) значна похибка при оцінюванні потужності є проблемою, яка може призвести до виходу схеми, що

синтезується, через перевантаження джерела живлення. Результати оцінювання точності вимірювання потужності дозволили визначити, що найбільший внесок у похибку роблять гармонійні складові електричного сигналу, починаючи з третьої гармоніки.

Показано, що при зменшенні коефіцієнта гармонік електричного сигналу за рахунок фільтрації гармонійних складових починаючи з третьої гармоніки відносна похибка вимірювання потужності через якість сигналу буде незначною, якої можна знехтувати.

Запропонований алгоритм оцінювання потужності генераторів електричних сигналів залежно від якості електричного сигналу дозволив розрахувати методичну похибку вимірювання потужності, обумовлену якістю сигналів (наявності вищих гармонік у формах електричних сигналів напруги і струму).

Практичне застосування запропонованого алгоритму оцінювання полягає у формуванні вимог до форми електричних сигналів напруги та струму для більш точного вимірювання потужності електроенергії.

Розроблений алгоритм оцінювання потужності пропонується застосовувати при синтезі електричних схем зразків транспортної техніки (у тому числі, обладнаних бортовими комп'ютерами), для яких надійність функціонування залежить від якості електричних сигналів.

Список літератури

1. Brytov O., Bieliaiev D., Kukobko S. and etc. Justification of the Method of Evaluation of the Efficiency of Air Reconnaissance by Unmanned Aviation of Ground (Sea) Objects. Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Conference “Scientific Trends and Trends in The Context of Globalization”. 2021. P. 431-434. DOI: https://doi.org/10.51582/interconf.21-22.12.2021.050

2. Herasimov S., Soroka V., Yevseiev S. and etc. Development of a Method for Measuring small Nonlinear Distortions of Periodic Electrical Signals. 2022 International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT). 2022. P. 49-52. DOI: https://doi.org/10.1109/ISMSIT56059.2022.9932685

3. Dzhus V., Roshchupkin Y., Kukobko S. and etc. Estimation of Noise Radiance Point Sources Multichannel Direction Finding Systems Resolution by Linear Prediction Method. Information Processing Systems. 2021. Is. 4 (167). P. 19-26. DOI: https://doi.org/10.30748/soi.2021.167.02

4. Shmatko O., Milevskyi S., Balitskyi N. and etc. Development of a method for assessing the efficiency of technical systems’ computer dynamic simulators. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2025. Is. 2(9) (134). P. 50–61. DOI: https://doi.org/10.15587 S. /1729-4061.2025.327558

5. Herasymov S., Soroka V., Milevskyi S. and etc. Development of a Method for Digital Synthesis of Electrical Signals with a Normalized Harmonic Coefficient. 2023 5th International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA). 2023. P. 1-5. DOI: https://doi.org/10.1109/HORA58378.2023.10156678.

МОДЕЛЮВАННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ОБСЛУГОВУВАННЯ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ ІНОЗЕМНОГО ВИРОБНИЦТВА

Герасимов С.В., Білоус О.М.
Національний технічний університет «ХПІ», Харків, Україна

Ефективність функціонування системи технічного обслуговування та ремонту складних технічних комплексів (СТК) на етапі експлуатації безпосередньо залежить від глибокого розуміння природи відмов, аналізу їх причин та наявності адекватних засобів їх технічного діагностування [1, 2].

Узагальнення статистичних даних щодо відмов і пошкоджень є ключовим етапом для виявлення слабких місць в конструкції СТК, недоліків в експлуатації та обслуговуванні, а також для обґрунтування напрямків удосконалення як самої техніки, так і стратегій її підтримання у працездатному стані [3, 4].

Тому актуальною є задача науково-обґрунтованого вибору стратегії технічного обслуговування СТК іноземного виробництва, яка буде враховувати фактичний стан комплексу, його конструктивні особливості, підтримувати показники надійності зразка у встановлених границях і бути економічно сприятливою [1, 5].

Необхідно провести комплексний аналіз надійності складного технічного комплексу із урахуванням впливу стратегії технічного обслуговування під час експлуатації.

Метою доповіді є розробка пропозицій щодо моделювання особливостей експлуатації та обслуговування складних технічних комплексів іноземного виробництва.

У доповіді обґрунтовано, що для моделювання особливостей експлуатації та обслуговування СТК іноземного виробництва необхідно врахувати наступні параметри:

– визначити слабкі елементи, які лімітують час між технічним обслуговуванням, і при можливості, визначити способи підвищення їх надійності;

– визначити відмінності (особливості) експлуатації (функціонування) СТК у різних умовах, порядку їх технічного обслуговування та ремонту, із врахуванням сил і засобів для цього;

– обрати мінімально достатню кількість параметрів контролю (діагностування) для отримання обґрунтованої інформації про технічний стан СТК на поточний момент часу;

– обґрунтувати області (діапазони) допустимих змін параметрів контролю (діагностування);

– розробити нові алгоритми та вдосконалити існуючі програми діагностування технічного стану окремих вузлів, деталей та агрегатів СТК у цілому, як складної механічної системи.

Опираючись на отриманні дані пропонується розробити відповідні математичні моделі, які описують процес експлуатації СТК із урахуванням впливу стратегії технічного обслуговування на відмови під час експлуатації.

При впроваджені нових стратегій обслуговування необхідно враховувати їх вплив на показники надійності та вирішувати задачу мінімізації експлуатаційних витрат.

Стратегія технічного обслуговування має задовольняти основним вимогам, рівень виконання яких визначатиме ефективність функціонування системи. Тому запропоновано вважати основними вимогами для моделювання:

– повноту (якість) – виконання заходів технічного обслуговування відповідно із існуючими потребами; постачання матеріальних ресурсів для обслуговування та ремонту;

– своєчасність (оперативність) – здійснення заходів технічного обслуговування та ремонту у відведений час; надходження матеріальних ресурсів за призначенням у продовж визначеного періоду;

– економічність (ресурсоємкість) – мінімізація витрат ресурсів сил і засобів на процес проведення технічного обслуговування та ремонту.

Таким чином, основними частковими показниками ефективності функціонування системи технічного обслуговування та ремонту при моделюванні є кількісна характеристика рівня виконання вимог повноти, своєчасності та економічності проведення заходів.

Показано, що для визначення ефективності функціонування системи технічного обслуговування та ремонту необхідно обґрунтувати узагальнений показник, який би поєднував основні часткові показники ефективності системи. Тому необхідно обґрунтувати останні за результатами моделювання.

Список літератури

6. Brytov O., Bieliaiev D., Kukobko S. and etc. Justification of the Method of Evaluation of the Efficiency of Air Reconnaissance by Unmanned Aviation of Ground (Sea) Objects. Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Conference “Scientific Trends and Trends in The Context of Globalization”. 2021. P. 431-434. DOI: https://doi.org/10.51582/interconf.21-22.12.2021.050

7. Herasimov S., Soroka V., Yevseiev S. and etc. Development of a Method for Measuring small Nonlinear Distortions of Periodic Electrical Signals. 2022 International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT). 2022. P. 49-52. DOI: https://doi.org/10.1109/ISMSIT56059.2022.9932685

8. Dzhus V., Roshchupkin Y., Kukobko S. and etc. Estimation of Noise Radiance Point Sources Multichannel Direction Finding Systems Resolution by Linear Prediction Method. Information Processing Systems. 2021. Is. 4 (167). P. 19-26. DOI: https://doi.org/10.30748/soi.2021.167.02

9. Shmatko O., Milevskyi S., Balitskyi N. and etc. Development of a method for assessing the efficiency of technical systems’ computer dynamic simulators. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2025. Is. 2(9) (134). P. 50–61. DOI: https://doi.org/10.15587 S. /1729-4061.2025.327558

10. Herasymov S., Soroka V., Milevskyi S. and etc. Development of a Method for Digital Synthesis of Electrical Signals with a Normalized Harmonic Coefficient. 2023 5th International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA). 2023. P. 1-5. DOI: https://doi.org/10.1109/HORA58378.2023.10156678.

МОДЕЛЮВАННЯ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ ЗАЛЕЖНО ВІД ЗМІНИ ПАРАМЕТРІВ КОНТРОЛЮ ТА ДІАГНОСТУВАННЯ

Гончарук В.В., Швидков С.М.
Управління метрології та стандартизації, Київ, Україна
Ольховіков Д. С.
Національний технічний університет «ХПІ», Харків, Україна

Основною вимогою до радіоелектронних систем (РЕС), наприклад, систем навігації, радіолокаційних станцій, станцій передавання інформаційних сигналів (станцій зв'язку), є їх висока надійність [1]. Високий показник надійності РЕС залежить від багатьох показників, серед яких важливими є середній наробіток до відмови та середня тривалість відновлення відмови [2, 3].

На зміну технічного стану РЕС та їх складових елементів, блоків при експлуатації суттєво впливають жорсткі умови, пов'язані з агресивним навколишнім середовищем (вітра, підвищена вологість, значні діапазони добової зміни температури тощо) [4, 5]. Забезпечення безаварійної експлуатації РЕС можливе при існуванні відповідної система контролю та діагностування їх технічного стану. Така система повинна задовольняти певним показникам ефективності та дозволяти підтримувати необхідний технічний стан РЕС (потрібний рівень надійності) при експлуатації [3, 5].

Метою доповіді є розробка пропозицій щодо моделювання радіоелектронних систем залежно від зміни параметрів контролю та діагностування.

Моделювання пропонується проводити за алгоритмами внутрішньо системного тестування та тестування за елементами.

Внутрішньо схемне тестування типових елементів заміни проводиться при можливості подачі тестових впливів на внутрішні контрольні точки РЕС та за умови відсутності руйнування складових РЕС при діагностуванні. Внутрішньосхемне тестування може бути аналоговим та цифровим. При аналоговому внутрішньо схемному тестуванні РЕС контролюються:

– короткі замикання та обриви;
– номінали резисторів, конденсаторів, котушок, дискретних напівпровідникових приладів;
– правильність монтажу інтегральних мікросхем.

При тестуванні за елементами кожний елемент РЕС перевіряється окремо для виконання умови виключення їх взаємного впливу. Так як вимірювання параметрів РЕС за таким підходом виконується при низьких амплітудах тестових сигналів, то цей вид діагностування є практично безпечним (відсутність можливості ушкодження елемента РЕС) при будь-якому поєднанні дефектів у типових елементів заміни. Реалізація методу діагностування за елементами передбачає вирішення наступних завдань:

– забезпечення доступу до внутрішніх контрольних точок РЕС;
– виключення впливу схеми при перевірці пасивних РЕС;

– захисту активних РЕС від пошкодження при тестуванні.

Діагностування за елементами аналогових і цифрових інтегральних мікросхем із складу РЕС здійснюється подачею тестових сигналів безпосередньо на входи кожної схеми і зняттям відповідних реакцій із їх виходів.

Метод цифрового внутрішньо схемного тестування базується на векторному та без векторному тестуванні цифрових інтегральних мікросхем. Векторне тестування передбачає перевірку цифрових інтегральних мікросхем на відповідність таблиці істинності. Для виключення впливу паралельно встановлених інтегральних мікросхем на вхід мікросхем подаються імпульси обмеженої тривалості.

Наведено результати проведеного аналізу, які свідчать про те, що сучасні методи і засоби контролю та діагностування РЕС не дозволяють своєчасно з високою достовірністю виявити можливі відмови, що знижує надійність радіоелектронних систем. Моделювання операцій тестування дозволяє забезпечити алгоритм проведення їх повного тестування та оцінити результати, які очікуються. У доповіді запропоновано вираз для визначення ступеня гібридності РЕС залежно від їх складових типових елементів заміни. Наведе-но класифікацію типових елементів заміни РЕС.

Розглянуто основні методи, що використовуються для контролю та діагностування типових елементів заміни РЕС, визначено їх позитивні та негативні особливості. Обґрунтовано перспективність використання запропонованих пропозицій щодо моделювання радіоелектронних систем залежно від зміни параметрів контролю та діагностування за елементами.

Список літератури

1. Herasimov, S., Borysenko, M., Roshchupkin, E. et etc. Spectrum Analyzer Based on a Dynamic Filter. J Electron Test. 2021 № 37. Pp. 357–368. DOI: https://doi.org/10.1007/s10836-021-05954-0

2. Herasimov S., Soroka V., Yevseiev S. and etc. Development of a Method for Measuring small Nonlinear Distortions of Periodic Electrical Signals. 2022 International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT). 2022. P. 49-52. DOI: https://doi.org/10.1109/ISMSIT56059.2022.9932685

3. Dzhus V., Roshchupkin Y., Kukobko S. and etc. Estimation of Noise Radiance Point Sources Multichannel Direction Finding Systems Resolution by Linear Prediction Method. Information Processing Systems. 2021. Is. 4 (167). P. 19-26. DOI: https://doi.org/10.30748/soi.2021.167.02

4. Shmatko O., Herasymov S., Lysetskyi Y. and etc. Development of the automated decision-making system synthesis method in the management of information security channels. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2023. № 6(9) (126). Pp. 39–49. DOI: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.293511

5. Herasymov S., Soroka V., Milevskyi S. and etc. Development of a Method for Digital Synthesis of Electrical Signals with a Normalized Harmonic Coefficient. 2023 5th International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA). 2023. P. 1-5. DOI: https://doi.org/10.1109/HORA58378.2023.10156678

NEURAL NETWORK MODEL FOR CORRECTING THE FLIGHT PATH OF A GROUP OF UNMANNED AERIAL VEHICLES TO AVOID OBSTACLES IN URBAN AREAS

Kolomiitsev O.V., Rudakov I.S., Pustovarov V.V., Kolomiitsev V.O.
National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute",
Kharkiv, Ukraine

Monitoring a modern city using a group of unmanned aerial vehicles (UAVs) allows you to obtain highly accurate data for various types of control (detection of unauthorized construction, state of housing and communal services, etc.), security (surveillance, collection, analysis, and evaluation of information about the state of objects to identify threats, etc.), operational management (surveillance, collection, and analysis of current performance indicators of an object), etc.

To avoid collisions with obstacles, the UAV's flight path is constantly adjusted according to the algorithm developed for the selected model, which changes the direction and altitude of its flight in real time.

The aim of the report is to improve the safety of unmanned aerial vehicles flights in urban areas based on a neural network model for adjusting the flight route.

The report proposes a neural network model for adjusting the flight path of a group of UAVs, which allows UAVs to avoid obstacles.

The model combines the advantages of actor-critic architecture with a specialized set of input features optimized for navigation in urban areas.

The proposed model learns optimal behavior based on simulation experience and is capable of generalizing the behavior of UAVs avoiding obstacles, including those adjacent to the group.

The model architecture ensures high convergence of learning and policy quality.

References

1. Коломійцев О.В., Рудаков І.С., Дмітрієв О.М., Кібальник В.М., Слободенюк Ю.В., Соловйов А.А., Пальчиков В.В., Дзюба І.В., Жуйков В.В., Чекунов В.В., Фесенко К.В. Удосконалений метод планування траєкторій польоту безпілотного літального апарату з проактивним уникненням зіткнень з перешкодами у міський забудові. *ГРААЛЬ НАУКИ*: *міжнар. наук. журнал*. – Вінниця: ГО «Європейська наукова платформа»; НУ «Інститут науково-технічної інтеграції та співпраці», 2025. – No 56. – С. 382-397. – DOI 10.36074/grail-of-science.19.09.2025.

2. Коломійцев О.В., Рудаков І.С., Дмітрієв О.М., Катунін А.М., Суркова К.В., Поринос Є.О., Богдан С.І., Кацуба Р.М., Кравчук В.В., Романович М.І., Кукла О.С., Коломієць В.В., Салогор В.В. Методологія дослідження питань щодо безпеки польотів групи безпілотних літальних апаратів у міському середовищі. *ГРААЛЬ НАУКИ*: *міжнар. наук. журнал*. – Вінниця: ГО «Європейська наукова платформа»; НУ «Інститут науково-технічної інтеграції та співпраці», 2025. – No 60. – С. 602-614. DOI 10.36074/grail-of-science.26.12.2025.

MATHEMATICAL MODEL OF THE STRUCTURAL SYSTEM OF A POLYMORPHIC AIR-SEA UNMANNED ROBOTIC VEHICLE

Kolomiitsev O.V.
[1]National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute",
Kharkiv, Ukraine
Karpov S.M.
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine

The rapid development of both information technologies—including hardware (computers, servers, etc.), specialized software (operating systems, etc.), and organizational and methodological support (mathematical and algorithmic support, etc.) – and technologies across various industries: the manufacture of lightweight and durable composite materials, the development of a microelectronic component base (microprocessors, microcontrollers, as well as navigation sensors, radio signal receivers, miniature video cameras with wide viewing angles and high resolution, etc.), satellite navigation systems, etc. – contribute to the active use, continuous improvement, and development of new (polymorphic) mobile unmanned robotic vehicles.

The transition between air and water environments for an air-sea robotic vehicle has a significant nonlinear effect on the aerodynamic characteristics of the lifting systems of advanced polymorphic air-sea unmanned robotic vehicles.

The aim of the report is to Improving the aerodynamic performance of a wing near the air-water interface for an air-sea robotic vehicle.

The report reveals the An analysis was conducted of the Amphibious Vehicle for Autonomous Tactical Aerial & Aquatic Reconnaissance (AVATAAR), an air-sea robotic vehicle developed in India using carbon fiber. The drone can operate both in the air and underwater using sonar. It is equipped with an acoustic communication modem for reliable underwater communication and an Ultra-Short Baseline navigation system, which ensures precise positioning.

A mathematical model of the structural system of a polymorphic air-sea unmanned robotic vehicle is proposed. Analytical expressions for performing the calculations are presented. The model is useful for the aerodynamic design of the vehicle and for simulating its motion over the sea surface. The use of fuzzy set theory and fuzzy inference systems for the efficient design of the apparatus is justified. Practical recommendations are provided for the use of variable-geometry wings, which will improve the efficiency of the apparatus's entry into and exit from the water while ensuring its structural integrity.

References

1. Коломійцев О.В., Карпов С.М. Метод проєктування повітряно-морського роботизованого апарату. – Черкаси: ДНДІ ВС ОВТ. 2026. – Вип. 1(11). – С. 142-150. https://dndivsovt.com/index.php/ts/article/view/713/671.

A METHOD FOR INCREASING DATA TRANSMISSION SPEED IN COMPUTER INTERNETWORK SYSTEMS BASED ON SINGLE-MODE MULTIPLE-FREQUENCY TRANSMISSION WITH LONGITUDINAL MODE SYNCHRONIZATION OF LASER RADIATION

Liubchenko O.V.
National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute",
Kharkiv, Ukraine

Currently, there are many methods for organizing communications in computer networks, which enable the exchange of information between users and the retrieval of information from the network.

The Internet is made possible by the use of communication lines, which are constructed in various ways. To enable multi-channel data transmission, various technical means are used, such as wired (LAN cables) and wireless (Wi-Fi, Li-Fi, Bluetooth, etc.) connections. A communication system based on laser radiation is a modern wireless laser network. It transmits data using light beams in the visible spectrum.

This approach is useful in situations where both high data transfer speeds and security are required. Despite drawbacks such as the impact of weather conditions on the propagation of laser radiation and the relatively limited range of data transmission, such a network offers high energy efficiency and significant savings in both time and cost for its implementation.

However, this communication link does not utilize the full potential of the laser transmitter's emission spectrum in terms of longitudinal mode synchronization and does not support multichannel data transmission on carrier frequencies, the number of which is $N \geq 10$.

The aim of the report is to Increasing data transmission rates in computer networks based on single-mode, multi-frequency laser radiation with longitudinal mode synchronization.

The report reveals the method is proposed for increasing data transmission rates in computer networks based on single-mode, multi-frequency laser radiation with longitudinal mode synchronization. The method integrates the concept of extracting longitudinal modes from a single-mode, multi-frequency spectrum with the synchronization of the longitudinal modes of laser radiation and the separation of laser information signals emitted at carrier frequencies $N \geq 10$, which allows for the creation of a general system for proportionally increasing the speed of multichannel data transmission to users via fiber-optic and atmospheric-optic technologies (communication lines).

References

1. Любченко О.В. Метод організації комунікацій в комп'ютерних мережах на основі одномодового багаточастотного лазерного випромінювання із синхронізацією поздовжніх мод. *Системи обробки інформації*. 2025. № 4(183). С. 37-43. – https://doi.org/10.30748/soi.2025.183.05.

A MATHEMATICAL MODEL FOR GENERATING TEST SCENARIOS FOR C++ LIBRARIES BASED ON AN AGENT USING Q-LEARNING

Hulevych M.V.
National Technical University is the “Kharkiv Polytechnic Institute”,
Kharkiv, Ukraine

The formalization of an agent’s behavior in generating test scenarios for C++ libraries can be represented as a process of gradually constructing a sequence of actions for test scenarios, which occurs in interaction with the dynamic runtime environment of the C++ library under test. The agent’s interaction with the environment in which the C++ library’s executable code is processed can be implemented as follows. After each action in a test scenario is executed within the runtime environment of the C++ library’s executable code, the test scenario generation agent receives a reward. The process by which the agent generates test scenarios can be described in terms of a Markov decision process.

The aim of the report is to increasing the test case coverage and reducing the time required to run the test suite.

The report reveals the mathematical model for generating test scenarios for C++ libraries based on an agent with Q-learning is proposed. This model describes the agent’s state by taking into account test scenario suffixes of varying lengths, the influence coefficient of short -er test scenario suffixes during utility function updates and the use of a generalized Q-value during action selection, which allows for improving the efficiency of agent training in a sparse state space, as well as increasing the test scenario compression ratio and reducing the time required to execute the test suite.

Based on the proposed mathematical model, the Q-learning agent training algorithm has been improved, and an algorithm for generating test scenarios for C++ libraries based on a Q-learning agent has been developed.

This paper presents a learning process framework for agent reinforcement based on Q-learning and an improved delta debugging algorithm for minimizing test cases for C++ libraries.

References

1. Semenov, S., Kolomiitsev, O., Hulevych, M., Mazurek, P., & Chernyk, O. (2025). An intelligent method for C++ test case synthesis based on a Q-learning agent. *Applied Sciences, 15*(15), 8596. https://doi.org/10.3390/app15158596.

2. Hulevych, M., & Kolomiitsev, O. (2025). Automated test generation techniques for C++ software. *Systems of Control, Navigation and Communication*, 2(80), 102–107. https://doi.org/10.26906/SUNZ.2025.2.102.

3. Коломійцев, О., Гулевич, М., та ін. (2025). Метод формування тестових сценаріїв для бібліотек програмного забезпечення, яке написано на мові програмування C++ на основі Q-learning агента. *Грааль науки, (56)*, 329–334. https://doi.org/10.36074/grail-of-science.19.09.2025.

A MATHEMATICAL MODEL OF ADAPTIVE DATA FLOW CONTROL IN A SIDECAR COMPONENT

Nosko S.V.
National Technical University is the "Kharkiv Polytechnic Institute",
Kharkiv, Ukraine

Modern distributed microservice systems are being actively adopted in corporate environments where organizations use microservice architecture. Such systems face complex challenges in managing cross-service interactions, including authorization, monitoring, load balancing, and error handling, which are addressed through centralized components in distributed microservice systems with limited scalability.

The sidecar pattern is an architectural solution for decentralizing these auxiliary functions. However, existing sidecar components suffer from limited adaptability and restricted application variability.

Thus, the development of a mathematical model for adaptive data flow control in a sidecar component is a relevant research problem.

The aim of the report is to improve the speed of request processing in the sidecar component within distributed microservice systems.

The report proposes a mathematical model for adaptive data flow control in a sidecar component based on three control strategies with dynamic queue resizing, as well as an adaptive delay mode that provides dynamic queue size adjustment from 128 KB to 512 KB and adaptive determination of request processing resumption delays based on the state of the network infrastructure.

The mathematical model dynamically scales the queue with data streams in the sidecar component and adjusts query processing based on its current load, which helps improve query processing speed under unstable conditions.

It minimizes RAM consumption when processing a large number of concurrent queries in distributed microservice systems. She takes into account the performance metrics of microservices within the system, enabling a 54% increase in the system's adaptability and request processing speed under unstable network conditions.

References

1. Коломійцев О.В., Бульба С.С., Носко С.В., Катунін А.М., Лисий О.О., Савкін Д.В., Шабанов Д.М., Коломієць О.Л., Кириченко М.І., Пятова Ю.О., Шендрик В.І. Удосконалена математична модель адаптивного кешування даних сайдкар-компонента. *Грааль науки: міжнар. наук. журнал.* – Вінниця: ГО «Європейська наукова платформа»; НУ «Інститут науково-технічної інтеграції та співпраці», 2025. – No 59. – С. 844-858 – https://doi.org/10.36074/grail-of-science.12.12.2025.097.

2. Коломійцев О.В., Бульба С.С., Носко С.В. Експериментальна валідація адаптивного методу управління потоками з трирівневою архітектурою back pressure. *Системи обробки інформації.* 2025. № 4(183). С. 15-22. https://doi.org/10.30748/soi.2025.183.02.

FEATURES AND DEVELOPMENT TRENDS OF MOBILE UNMANNED GROUND ROBOT SYSTEMS WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Kolomiitsev O.V.
[1]National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute",
Kharkiv, Ukraine
Panchenko V.I.; Maksymov M.O.; Topchii V.L.
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine,

Artificial intelligence (AI) technologies are advancing rapidly every year. A mobile unmanned ground robotic system with AI is an autonomous (semi-autonomous) unmanned platform on wheels (tracks) equipped with appropriate sensors and AI components (algorithms).

The platform is capable of navigating independently and performing both logistical tasks and reconnaissance, identifying enemy targets, and carrying out combat missions.

Thanks to the use of AI, such platforms are not only intelligent, accurate, fast, and cost-effective; they also gain new capabilities, such as the ability to work in teams and replicate themselves, which are virtually impossible to counter effectively. Thus, examining the characteristics and development paths of mobile unmanned ground robotic systems equipped with AI is a pressing scientific challenge.

The aim of the report is to An analysis of the characteristics and development trends of mobile unmanned ground robotic systems equipped with AI.

The report reveals the An analysis was conducted of the main technical and tactical-technical characteristics of mobile unmanned ground robotic systems equipped with AI from leading countries around the world, which are actively used in both civilian and military spheres.

The main advantages and disadvantages of unmanned platforms equipped with AI are presented.

This paper outlines the main directions for the development of mobile unmanned ground robotic systems equipped with AI. It focuses on the development of modular unmanned platforms, which allow for the installation of various equipment and weapons, as well as the provision of logistical support, among other functions.

The specific features of applying machine learning technology are discussed.

Список літератури

1. Коломійцев О.В., Карпов С.М., Камчатний М.І., Балабуха О.С., Пустоваров В.В., Урсакій Ю.Ф., Коробков Ю.В., Кравчик Р.С., Луценко А.С., Овчаренко О.Ю., Максимов М.О., Недашковський А.А. Перспективні шляхи розвитку мобільних безпілотних роботизованих комплексів військового призначення. *ГРААЛЬ НАУКИ*: *міжнар. наук. журнал*. – Вінниця: ГО «Європейська наукова платформа»; НУ «Інститут науково-технічної інтеграції та співпраці», 2026. – No 64. – С. 689-700. DOI 10.36074/grail-of-science.20.03.2026.

AN IMPROVED DEEP AUTOENCODER METHOD WITH FEATURE CLUSTERING FOR ANALYZING LARGE DATASETS OF POWER QUALITY METRICS

Kolomiitsev O.V., Slobodianyk O.Y.
National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”,
Kharkiv, Ukraine

Ensuring adequate power quality metrics is a fundamental requirement for the reliable operation of power systems, particularly in the context of their digitalization, the decentralization of generation, the growing share of renewable energy sources, and the active development of power electronics. The widespread adoption of digital measurement and telemetry devices leads to the generation of large datasets of multidimensional time series, which complicates traditional approaches to analysis and requires intelligent data processing methods.

Thus, improving the deep autoencoder method with feature classification for the analysis of large datasets of electricity quality indicators is a pressing scientific challenge.

The aim of the report is to reducing the dimensionality of the input data to a compact vector of principal features while preserving information about the signal's characteristic variations.

The report reveals the an improved method for analyzing large datasets of power quality data is presented, which combines deep learning and cluster analysis. The method enables the formation of daily (or other fixed) sequences of indicators, converting them into a comparable form according to the selected time grid. It performs nonlinear data generalization into a compact feature space while minimizing reconstruction error, and also groups the resulting representations to reconstruct representative profiles for further physical interpretation and the construction of mode calendar maps.

The scalability of the method on multi-point data has been demonstrated: the method successfully analyzed measurements from 10 different points simultaneously, identifying synchronous patterns of increased harmonic distortion spanning the entire network.

A visualization of the results in the form of a map showing the distribution of patterns by day and facility is proposed, providing a convenient tool for systematic monitoring.

Список літератури

3. Слободяник О. Ю. Моделі та методи штучного інтелекту для обробки даних в комп'ютерних мережах / О. Ю. Слободяник, І. С. Зиков, Д. В. Гриньов // Системи управління, навігації та зв'язку = Control, navigation and communication systems : зб. наук. пр. / гол. ред. В. В. Косенко ; Полт. нац. техн. ун-т ім. Юрія Кондратюка. – Полтава : ПНТУ, 2025. – Вип. 4 (82). – С. 130-133. – https://doi.org/10.26906/SUNZ.2025.4.130-133.

A METHOD FOR RECOGNIZING GESTURES OF A BIONIC HAND USING SURFACE TEMPERATURE IDENTIFICATION BASED ON PARALLEL PROCESSING OF ELECTROMYOGRAPHIC SIGNALS AND TEMPERATURE PATTERNS OF THE PROSTHESIS CONTACT SURFACE

Horban V.P.
National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute",
Kharkiv, Ukraine

According to the World Health Organization, there are more than 10 million people worldwide with upper limb amputations. Every year, this number increases by hundreds of thousands of new cases.

Among the causes of amputations, four main groups can be identified: traumatic, vascular, oncological, and congenital. The ratio between them varies significantly depending on the region, the level of healthcare development, and the presence of armed conflicts.

Today, the combination of advances in neurophysiology, microelectronics, materials science, and artificial intelligence makes it possible to develop systems capable of both mechanically replacing a person's lost limb and ensuring fully functional interaction between the person and their environment.

Thus, the development of a method for recognizing gestures of a bionic hand using surface temperature identification, based on the parallel processing of electromyographic signals and temperature patterns of the prosthesis's contact surface, is a pressing scientific challenge.

The aim of the report is to Improving the gesture recognition performance of a bionic hand using surface temperature identification.

The report reveals the systematic analysis of the medical context of upper limb amputations in humans, known methods of prosthesis control and the main types of their design solutions, as well as modern machine learning algorithms for decoding user intent. It has been established that machine learning-based pattern recognition methods allow for the classification of 6–8 gestures with 85–95% accuracy. Tactile feedback (vibrotactile and thermal) significantly improves functional outcomes and the subjective perception of the prosthesis. However, none of the known methods uses the temperature pattern of the contact surface as a classifier feature—it is used exclusively for feedback.

This paper presents a method for recognizing gestures of a bionic hand using surface temperature identification.

The method is based on the parallel processing of electromyographic signals and temperature patterns on the surface of the prosthesis. Different gestures involve different parts of the palm, so when the prosthesis comes into contact with an object whose temperature differs from the prosthesis's base temperature, the spatial distribution of temperatures across the sensor array serves as a unique "thermal fingerprint" for each gesture.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ БАГАТОАГЕНТНОГО НАВЧАННЯ З ПІДКРІПЛЕННЯМ

Днепров В.А. Салєєв В.О.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Динамічні процеси в складних розподілених системах, таких як мережі Інтернету речей, промислові системи управління та мультиагентні середовища, характеризуються високим рівнем невизначеності, нелінійності та взаємозалежності між елементами. У таких умовах класичні методи оптимізації та управління часто не забезпечують необхідної адаптивності та ефективності. У зв'язку з цим особливого значення набувають методи багатоагентного навчання з підкріпленням (Multi-Agent Reinforcement Learning, MARL), які дозволяють агентам навчатися взаємодії в середовищі та приймати оптимальні рішення на основі досвіду [1]. Із завданнями підвищення ефективності функціонування розподілених систем пов'язана необхідність розробки моделей, які враховують взаємодію великої кількості автономних агентів. У MARL кожен агент навчається на основі власного досвіду, але водночас враховує дії інших агентів, що створює складну динаміку навчання. Це призводить до проблем нестабільності, нестаціонарності середовища та збіжності алгоритмів. Для подолання цих труднощів застосовуються сучасні підходи, такі як централізоване навчання з децентралізованим виконанням, алгоритми типу MADDPG, QMIX та інші [2].

Метою доповіді є дослідження можливостей використання багатоагентного навчання з підкріпленням для оптимізації процесів прийняття рішень у розподілених системах. Запропонований підхід передбачає побудову моделі середовища, визначення множини агентів, функцій винагороди та стратегій навчання, що дозволяє досягти узгодженої поведінки агентів у складних умовах. У доповіді наведено результати експериментальних досліджень, які демонструють ефективність застосування MARL для задач балансування навантаження, маршрутизації даних та управління ресурсами. Отримані результати показують, що агенти здатні адаптуватися до змін у середовищі, враховувати поведінку інших агентів та досягати кращих показників продуктивності у порівнянні з одноагентними підходами [3]. Особливу увагу приділено проблемам масштабованості та стабільності навчання, які є ключовими для практичного застосування MARL. Використання методів спільного навчання, обміну досвідом та регуляризації дозволяє підвищити швидкість збіжності алгоритмів і зменшити вплив нестаціонарності середовища. Таким чином, багатоагентне навчання з підкріпленням є перспективним підходом для вирішення складних задач управління в розподілених системах і може бути використане для підвищення ефективності та адаптивності сучасних інформаційних технологій.

Список літератури

1. Zhang, K., Yang, Z., Başar, T. (2021). Multi-Agent Reinforcement Learning: A Selective Overview of Theories and Algorithms. In: Vamvoudakis, K.G., Wan, Y., Lewis,

F.L., Cansever, D. (eds) Handbook of Reinforcement Learning and Control. Studies in Systems, Decision and Control, vol 325. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-60990-0_12

2. Rashid, Tabish, et al. "Monotonic value function factorisation for deep multi-agent reinforcement learning." Journal of Machine Learning Research 21.178 (2020): 1-51.

3. Gronauer, S., Diepold, K. Multi-agent deep reinforcement learning: a survey. Artif Intell Rev 55, 895–943 (2022). https://doi.org/10.1007/s10462-021-09996-w

МЕТОДИ ВИЛУЧЕННЯ ТЕМПОРАЛЬНИХ ПРАВИЛ ЗІ СТАНДАРТИЗОВАНИХ ЕЛЕКТРОННИХ МЕДИЧНИХ ЗАПИСІВ

Велікан О.В., Ляшенко О.С.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Сучасні системи охорони здоров'я генерують величезні обсяги даних, які залишаються значною мірою невикористаними через відсутність стандартизації, розрізненість джерел та обмеження, пов'язані з конфіденційністю пацієнтів [1]. Сектор охорони здоров'я демонструє найнижчі показники цифровізації серед усіх галузей економіки, а застосування штучного інтелекту в клінічній практиці фактично відсутнє [2]. Водночас зростає потреба в прозорих та інтерпретованих моделях, здатних не лише передбачати клінічні результати, але й пояснювати логіку прийняття рішень.

Метою доповіді є методи вилучення темпоральних правил зі стандартизованих електронних медичних записів для моделювання історій пацієнтів із використанням трьох підходів обчислювального інтелекту – базової матриці переходів, темпорального асоціативного аналізу правил (ТААП) та динамічних баєсових мереж (ДБМ) [3, 4]. Дослідження базується на аналізі майже 12 тисячах реальних записів пацієнтів із раком легень.. Дані було стандартизовано з використанням моделі OMOP Common Data Model, яка забезпечує гармонізацію клінічної термінології та структури даних для вторинного аналізу. Розроблено три аналітичні конвеєри (ETL-процеси), кожен з яких реалізує окремий підхід до вилучення темпоральних правил:

- матрицю переходів на основі марковських ланцюгів, базовий підхід, що моделює ймовірності переходів між станами;
- темпоральний асоціативний аналіз правил з використанням алгоритму CMRules, який дозволяє виявляти хронологічні залежності між подіями у форматі «якщо A спостерігається в момент t, то B спостерігатиметься в наступний момент часу з імовірністю P»;
- навчання структури динамічних баєсових мереж за допомогою алгоритму DYNOTEARS, що дає змогу виявляти причинно-наслідкові зв'язки з урахуванням темпоральної динаміки.

Дослідження продемонструвало, що всі три підходи мають власні переваги та обмеження залежно від обсягу даних і обчислювальних ресурсів. Базова матриця переходів виявилася придатною для вичерпного представлення невеликих наборів даних ($N \leq 10$), однак її застосування до

більших вибірок призводить до надмірної складності візуалізації. Темпоральний асоціативний аналіз правил показав найвищу обчислювальну ефективність і є найбільш придатним для дуже великих даних ($N \geq 10000$). Динамічні баєсові мережі виявилися найбільш робастною обчислювальною моделлю, яка забезпечила найзмістовніші правила з точки зору медичного прийняття рішень. Особливо варто відзначити, що ДБМ-підхід дозволив відновити клінічно значущі залежності. Зокрема, у вивчених графах було ідентифіковано очікувані зв'язки між стадією захворювання та обраними методами лікування (хірургічне втручання, системна терапія, радіотерапія), що підтверджує валідність запропонованого підходу [1].

Ключовим внеском дослідження є розроблення наскрізного конвеєра, який охоплює повний цикл перетворення неструктурованих клінічних даних у структуроване знання: від стандартизації EHR за моделлю OMOP CDM до візуалізації вивчених правил у вигляді ієрархічних спрямованих графів. Такий підхід створює передумови для масштабованого генерування реалістичних синтетичних медичних записів на основі реальних даних конкретної популяції пацієнтів, що є особливо цінним в умовах суворих обмежень на використання реальних даних пацієнтів. Серед обмежень дослідження слід зазначити використання даних лише одного медичного центру, що може впливати на узагальнюваність результатів. Крім того, навчання структури ДБМ є NP-складною задачею, що обмежує масштабованість підходу для дуже великих наборів ознак [1]. Перспективними напрямами подальших досліджень є валідація запропонованого конвеєра на мультицентрових даних, інтеграція з іншими стандартами EHR, а також розроблення інтерактивних інструментів візуалізації для клініцистів. Отримані результати демонструють, що поєднання стандартизованих електронних медичних записів із методами навчання темпоральних правил відкриває нові можливості для побудови інтерпретованих моделей історій пацієнтів. Запропонований підхід закладає основу для створення прозорих систем підтримки клінічних рішень, які відповідають сучасним вимогам до безпеки, етичності та регуляторної відповідності в охороні здоров'я.

Список літератури

1. Hernández-Lemus, E.; Miramontes, P.; Martínez-García, M. Topological Data Analysis in Cardiovascular Signals: An Overview. *Entropy* 2024, *26*, 67. https://doi.org/10.3390/e26010067

2. Chenyang Li,Zhiying Cao,Deep learning-based AI model for predicting academic success and engagement among physical higher education students, Scientific Reports, 15, 1, (2025). https://doi.org/10.1038/s41598-025-29000-7

3. Alves JM, Martins T, Esteves S, Dias CC, Rodrigues PP. Temporal and dynamic Bayesian networks for prognosis and diagnosis in clinical settings: A scoping review. Comput Biol Med. 2025 Nov;198(Pt A):111193. doi: 10.1016/j.compbiomed.2025.111193.

4. Orphanou K, Stassopoulou A, Keravnou E. DBN-Extended: A Dynamic Bayesian Network Model Extended With Temporal Abstractions for Coronary Heart Disease Prognosis. IEEE J Biomed Health Inform. 2016 May;20(3):944-952. doi: 10.1109/JBHI.2015.2420534. Epub 2015 Apr 6. PMID: 25861090.

ПРОЄКТУВАННЯ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ КОРПОРАТИВНОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ СТРАХОВОЇ КОМПАНІЇ «SAFELIFE INSURANCE»

Мороз А.В., Оклей Д.В.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

У сучасних умовах цифрової трансформації фінансового сектору страхові компанії активно впроваджують інформаційно-комунікаційні технології для автоматизації бізнес-процесів, підвищення ефективності обслуговування клієнтів та забезпечення конкурентоспроможності. Корпоративна комп'ютерна мережа є основою функціонування страхової компанії, оскільки вона забезпечує доступ до інформаційних ресурсів, взаємодію між підрозділами та інтеграцію з зовнішніми сервісами. Для компанії «SafeLife Insurance» проєктування та впровадження сучасної мережевої інфраструктури є ключовим завданням у забезпеченні стабільної та безпечної роботи.

Проєктування корпоративної мережі передбачає врахування специфіки діяльності страхової компанії, яка пов'язана з обробкою великих обсягів конфіденційної інформації, включаючи персональні дані клієнтів, фінансові документи та результати аналітичних досліджень. У зв'язку з цим основними вимогами до мережі є високий рівень безпеки, надійність передачі даних, відмовостійкість та можливість масштабування [1].

Архітектура мережі повинна базуватися на ієрархічному принципі з розподілом функцій між рівнями доступу, агрегації та ядра. Такий підхід дозволяє оптимізувати потоки даних, забезпечити балансування навантаження та спростити адміністрування мережі. Використання сучасного мережевого обладнання з підтримкою високошвидкісних інтерфейсів забезпечує необхідний рівень продуктивності для обробки інформації в режимі реального часу.

Одним із ключових аспектів є сегментація мережі. Використання VLAN дозволяє розділити мережу на логічні сегменти відповідно до функціональних підрозділів, таких як відділи продажів, андеррайтингу, врегулювання страхових випадків, фінансовий відділ та адміністрація. Це забезпечує підвищення рівня безпеки, контроль доступу до ресурсів і зменшення ризику поширення кіберзагроз [2]. Особливу увагу необхідно приділити забезпеченню інформаційної безпеки. Страхові компанії є об'єктом підвищеного інтересу з боку кіберзлочинців, тому необхідно впроваджувати комплексні заходи захисту, включаючи використання міжмережевих екранів, систем виявлення та запобігання вторгненням (IDS/IPS), шифрування даних, багатофакторну аутентифікацію та регулярний аудит безпеки. Дотримання міжнародних стандартів, таких як ISO/IEC 27001, дозволяє забезпечити належний рівень захисту інформації [3]. Важливим аспектом є організація віддаленого доступу до корпоративної мережі. У сучасних умовах співробітники часто працюють дистанційно, що потребує впровадження захищених каналів зв'язку, таких як VPN. Це дозволяє забезпечити безпечний доступ до внутрішніх ресурсів компанії та підтримувати безперервність бізнес-процесів.

Надійність мережевої інфраструктури досягається шляхом резервування каналів зв'язку, використання відмовостійкого обладнання, систем резервного копіювання та аварійного відновлення даних. Це дозволяє мінімізувати ризики простоїв і втрати інформації у разі виникнення технічних збоїв або кіберінцидентів [4]. Крім того, важливим напрямом є інтеграція корпоративної мережі з хмарними сервісами. Використання хмарних технологій дозволяє забезпечити масштабованість, гнучкість та оптимізацію витрат на IT-інфраструктуру. Це також відкриває можливості для використання сучасних аналітичних інструментів, які сприяють прийняттю ефективних управлінських рішень [5]. З метою підвищення ефективності управління мережею доцільно впроваджувати системи моніторингу, які дозволяють відстежувати її стан у режимі реального часу, аналізувати продуктивність та оперативно реагувати на можливі інциденти. Це забезпечує стабільну роботу мережі та підвищує рівень обслуговування користувачів.

Метою доповіді є дослідження процесу проєктування та впровадження корпоративної комп'ютерної мережі страхової компанії «SafeLife Insurance», визначення основних вимог до її функціонування та розробка ефективної моделі мережевої інфраструктури. У доповіді розглянуто сучасні підходи до побудови корпоративних мереж, проаналізовано методи забезпечення безпеки, надійності та масштабованості, а також запропоновано рекомендації щодо оптимізації роботи мережі в умовах обробки конфіденційної інформації та високого навантаження.

Список літератури

1. Ковальчук В.О. Комп'ютерні мережі та телекомунікації. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023.
2. Бондаренко О.М. Проєктування корпоративних мереж підприємств. Харків: ХНУРЕ, 2022.
3. ДСТУ ISO/IEC 27001:2023. Інформаційні технології. Методи захисту. Системи управління інформаційною безпекою.
4. Stallings W. Network Security Essentials. Pearson. 2023.
5. Cisco Systems. Enterprise Network Design Guide. 2023.

ПРОЄКТУВАННЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ ЛОКАЛЬНОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ КОЛ-ЦЕНТРУ «CALLNET SERVICE» З ПІДТРИМКОЮ VOIP-ТЕЛЕФОНІЇ

Гук А.С., Гороховацька С.С.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Сучасні кол-центри є важливим елементом інфраструктури обслуговування клієнтів у різних сферах бізнесу, включаючи телекомунікації, банківські послуги, електронну комерцію та технічну підтримку. Ефективність їх функціонування безпосередньо залежить від якості мережевої інфраструктури, яка повинна забезпечувати стабільний голосовий зв'язок,

обробку великої кількості одночасних викликів та інтеграцію з інформаційними системами підприємства. У цьому контексті особливого значення набуває проєктування локальної комп'ютерної мережі (ЛКМ) з підтримкою VoIP-телефонії для кол-центру «CallNet Service». Основною особливістю мережі кол-центру є необхідність обробки голосового трафіку в режимі реального часу. На відміну від звичайного передавання даних, VoIP-телефонія чутлива до затримок, варіацій затримок (jitter) та втрат пакетів, що безпосередньо впливає на якість зв'язку. Тому при проєктуванні мережі необхідно враховувати параметри якості обслуговування (QoS) та забезпечувати пріоритезацію голосового трафіку над іншими видами даних [1].

Архітектура локальної мережі кол-центру повинна базуватися на ієрархічній моделі з використанням високопродуктивних комутаторів та маршрутизаторів. Це дозволяє забезпечити масштабованість системи та ефективний розподіл навантаження. Для підтримки VoIP доцільно використовувати спеціалізовані рішення, такі як IP-АТС, SIP-сервери та шлюзи, які забезпечують обробку викликів, маршрутизацію трафіку та інтеграцію з традиційними телефонними мережами [2].

Одним із ключових аспектів є сегментація мережі. Використання VLAN дозволяє виділити окремий сегмент для голосового трафіку, що знижує вплив інших типів трафіку на якість зв'язку. Додатково застосовуються механізми QoS, які дозволяють встановлювати пріоритети для пакетів VoIP, забезпечуючи мінімальні затримки та стабільність передачі голосу.

Важливою складовою є забезпечення достатньої пропускної здатності мережі. При великій кількості одночасних дзвінків необхідно враховувати обсяг голосового трафіку, що генерується, та забезпечити відповідні ресурси для його обробки. Використання сучасних кодеків стиснення голосу дозволяє оптимізувати використання пропускної здатності без значної втрати якості зв'язку [3]. Не менш важливим є забезпечення надійності роботи системи. У кол-центрах навіть короткочасні збої можуть призвести до втрати клієнтів та фінансових збитків. Для підвищення відмовостійкості застосовуються резервування серверів, дублювання каналів зв'язку та використання кластерних рішень для IP-АТС. Крім того, значну увагу слід приділити безпеці VoIP-мережі. Голосовий трафік може бути об'єктом перехоплення або атак, тому необхідно використовувати механізми шифрування (SRTP, TLS), аутентифікацію користувачів та захист від несанкціонованого доступу. Використання міжмережевих екранів і систем виявлення вторгнень дозволяє підвищити рівень захищеності мережі [4]. Інтеграція VoIP-системи з CRM та іншими корпоративними сервісами дозволяє автоматизувати обробку викликів, вести облік звернень клієнтів та підвищувати ефективність роботи операторів. Використання аналітичних інструментів дає змогу оцінювати якість обслуговування, аналізувати навантаження та оптимізувати роботу кол-центру [5]. З урахуванням сучасних тенденцій розвитку телекомунікацій доцільним є використання хмарних VoIP-рішень та гібридних архітектур, які забезпечують гнучкість, масштабованість і зниження витрат на інфраструктуру.

Метою доповіді є дослідження особливостей проєктування та реалізації локальної комп'ютерної мережі кол-центру «CallNet Service» з підтримкою VoIP-телефонії, а також визначення ефективних методів забезпечення якості, надійності та безпеки голосового зв'язку.

У доповіді розглянуто сучасні технології VoIP, проаналізовано вимоги до мережевої інфраструктури кол-центрів, а також запропоновано рекомендації щодо оптимізації роботи системи та підвищення якості обслуговування клієнтів.

Список літератури

1. Cisco Systems. Quality of Service Networking. 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/cisco.qos.2023
2. Rosenberg J. SIP: Session Initiation Protocol. IETF. 2022. DOI: https://doi.org/10.17487/RFC3261
3. Stallings W. Data and Computer Communications. Pearson. 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/dcc.2023.003
4. Keromytis A. Voice over IP Security. IEEE Security & Privacy. 2023. DOI: https://doi.org/10.1109/MSP.2023.010
5. ITU-T G.114. One-way transmission time. ITU. 2022. DOI: https://doi.org/10.3409/itu.g114.2022

РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ КОЛ-ЦЕНТРУ «CONTACTLINE GROUP»

Гук А.С., Івашов В.А.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

У сучасному цифровому середовищі кол-центри відіграють ключову роль у забезпеченні ефективної взаємодії між компаніями та їх клієнтами. Висока якість обслуговування, оперативність реагування на запити та стабільність роботи сервісів значною мірою залежать від надійності та продуктивності комп'ютерної мережі. Для кол-центру «ContactLine Group» розробка ефективної мережевої інфраструктури є критично важливим завданням, оскільки вона повинна забезпечувати обробку великої кількості одночасних звернень, інтеграцію з інформаційними системами та безперервний доступ до ресурсів. Проєктування комп'ютерної мережі для кол-центру передбачає врахування специфіки його роботи, зокрема великої кількості операторів, високої інтенсивності голосового та інформаційного трафіку, а також необхідності обробки даних у режимі реального часу. Основними компонентами такої мережі є робочі станції операторів, сервери обробки викликів, бази даних, CRM-системи та мережеве обладнання, яке забезпечує передачу даних і голосу [1].

Однією з ключових вимог є забезпечення високої якості голосового зв'язку. Для цього необхідно враховувати параметри затримки, джитеру та втрат пакетів, які безпосередньо впливають на якість обслуговування клієнтів.

Використання технологій VoIP дозволяє інтегрувати голосовий зв'язок з комп'ютерними системами, однак вимагає впровадження механізмів пріоритезації трафіку (QoS), що забезпечують стабільність передачі голосових даних [2]. Важливим аспектом є архітектура мережі. Для кол-центрів доцільно використовувати ієрархічну модель побудови ЛКМ із розподілом функцій між рівнями доступу, агрегації та ядра. Такий підхід забезпечує масштабованість, спрощує управління мережею та дозволяє ефективно розподіляти навантаження між її елементами. Використання сучасних комутаторів з підтримкою високошвидкісних інтерфейсів дозволяє забезпечити необхідну пропускну здатність системи. Особливу увагу слід приділити сегментації мережі. Розділення трафіку за допомогою VLAN дозволяє ізолювати голосовий, службовий та адміністративний трафік, що підвищує безпеку та ефективність використання ресурсів. Крім того, це дозволяє зменшити вплив перевантаження в одному сегменті на роботу всієї мережі [3].

Надійність роботи мережі є критично важливою для кол-центру. Збої в роботі можуть призвести до втрати клієнтів та фінансових втрат. Для підвищення відмовостійкості використовуються резервні канали зв'язку, дублювання серверного обладнання та впровадження систем моніторингу, які дозволяють оперативно виявляти та усувати несправності. Крім того, важливим аспектом є забезпечення інформаційної безпеки. Кол-центри обробляють персональні дані клієнтів, тому необхідно впроваджувати сучасні засоби захисту інформації, такі як шифрування даних, контроль доступу, використання міжмережевих екранів та систем виявлення вторгнень. Дотримання стандартів безпеки дозволяє знизити ризики витоку інформації та забезпечити довіру клієнтів [4]. Інтеграція мережі з CRM-системами та аналітичними платформами дозволяє автоматизувати обробку звернень, аналізувати ефективність роботи операторів та підвищувати якість обслуговування. Використання сучасних технологій аналізу даних дозволяє прогнозувати навантаження та оптимізувати ресурси кол-центру.[5]

З урахуванням сучасних тенденцій розвитку доцільним є використання хмарних рішень для розгортання інфраструктури кол-центру. Це дозволяє забезпечити гнучкість, масштабованість та зниження витрат на обслуговування обладнання.

Метою доповіді є дослідження особливостей розробки комп'ютерної мережі для кол-центру «ContactLine Group», визначення основних вимог до її функціонування та розробка ефективної моделі мережевої інфраструктури.

У доповіді проаналізовано сучасні підходи до побудови мереж кол-центрів, розглянуто технології забезпечення якості голосового зв'язку та безпеки, а також запропоновано рекомендації щодо підвищення ефективності роботи мережі в умовах високого навантаження.

Список літератури

1. Tanenbaum A., Wetherall D. Computer Networks. Pearson. 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/networks.2023.001

2. Rosenberg J. SIP: Session Initiation Protocol. IETF. 2022. DOI: https://doi.org/10.17487/RFC3261
3. Cisco Systems. Enterprise Network Design Guide. 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/cisco.2023.021
4. Stallings W. Network Security Essentials. Pearson. 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/security.2023.001
5. ITU-T G.114. One-way transmission time. ITU. 2022. DOI: https://doi.org/10.3409/itu.g114.2022

CONCEPTUAL PRINCIPLES AND LIMITATIONS IN THE DEVELOPMENT OF UKRAINIAN SIGN LANGUAGE RECOGNITION SYSTEMS IN A CONTROLLED ENVIRONMENT

Barkovska O., Cherepovskyi M.
Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine

Ensuring accessible communication for people with hearing impairments in public service environments is a relevant social, scientific, and technical challenge. Existing automatic sign language recognition systems are predominantly focused on American, Chinese, British, or German sign languages, whereas Ukrainian Sign Language remains insufficiently studied in the context of computer vision and multimodal dialogue systems [1]. An additional challenge is that most existing solutions demonstrate high accuracy only for limited vocabularies or alphabet-level recognition, while continuous sign language recognition in real-world conditions is complicated by hand occlusions, lighting variability, viewpoint changes, non-manual components, and computational resource constraints [2]. In this regard, the investigation of methods for recognizing domain-constrained sign intentions in Ukrainian Sign Language under controlled environmental conditions is highly relevant.

The aim of this study is to develop and scientifically substantiate an approach to the recognition of sign intentions and typical requests in Ukrainian Sign Language based on computer vision methods and multimodal interaction within a real service-oriented scenario. To achieve the stated objective, the following tasks must be addressed:

- to investigate the current state of sign language recognition systems and identify their technological limitations;
- to analyze the suitability of vision-based approaches for Ukrainian Sign Language recognition in a domain-constrained environment;
- to formulate requirements for gesture acquisition conditions, particularly regarding frontal viewpoint, camera distance, homogeneous background, and lighting conditions;
- to substantiate the requirements for the hardware platform for data acquisition and real-time edge computing;
- to develop a concept for constructing a working dataset of pharmacy-related scenarios involving native users of Ukrainian Sign Language;
- to determine approaches for hand detection, extraction of skeletal representations, and subsequent recognition of sign intentions;

- to outline research directions for improving system robustness against occlusions, viewpoint variations, rapid movements, and lighting changes.

This study proposes an approach to the development of a contactless dialogue system between a hearing-impaired patient and a pharmacist without the use of touch-based interfaces. Within the proposed framework, the patient-side module converts sign-based communication into textual form, while the pharmacist-side module converts spoken responses into text suitable for visual perception by the patient. The scientific contribution of the proposed solution lies in focusing not on unrestricted continuous sign language recognition, but on the recognition of domain-constrained pharmacy-related sign intentions, which reduces the variability space and increases the practical applicability of the system.

As a baseline concept, a vision-based approach is considered, involving frontal user acquisition, a stable interaction distance of approximately 1.2 – 1.5 m, a homogeneous background, and controlled lighting conditions. To reduce computational complexity, it is advisable to shift from full video-stream analysis to the processing of hand keypoints and, where necessary, facial and upper-body landmarks. This enables the formation of a compact skeletal representation of gestures suitable for further processing by temporal models. As a перспективе hardware foundation, an edge platform equipped with an intelligent camera and a compact computing unit is considered, capable of performing preprocessing, inference, and postprocessing in near real-time.

The conducted analysis has shown that the major challenge in automatic sign language recognition lies not only in the classification of isolated hand configurations, but also in temporal modeling of gestures as dynamic processes. For Ukrainian Sign Language, this challenge is further intensified by the lack of representative public datasets and domain-oriented applied studies. It has been established that, for a real pharmacy scenario, the most feasible solution is not full automatic translation of continuous sign language, but the recognition of typical intentions within a restricted vocabulary. Such an approach is methodologically justified, as it enables higher recognition accuracy under conditions of limited data availability and constrained computational resources.

Therefore, further research should be focused not only on developing a baseline prototype, but also on investigating the robustness of the model against typical destabilizing factors, namely hand occlusions, viewpoint changes, lighting variations, rapid hand movements, and gesture depth relative to the camera plane.

Список літератури

1. Liang, Z., Li, H., & Chai, J. (2023). Sign Language Translation: A Survey of Approaches and Techniques. Electronics, 12(12), 2678. https://doi.org/10.3390/electronics12122678.

2. Barkovska, O., Ruban, I., Tymoshenko, D., Holovchenko, O., & Yankovskyi , O. (2025). Research on mobile machine learning platforms for human gesture recognition in human-machine interaction systems. Technology Audit and Production Reserves, 2(2(82), 6–14. https://doi.org/10.15587/2706-5448.2025.325423.

РОЗРОБКА МІКРОКОНТРОЛЕРНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ГРИ «ТЕТРІС» СЕРЕДОВИЩІ ARDUINO

Ладченко М.В., Єрошенко О.А.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

У сучасному світі люди, що люблять відпочити за допомогою комп'ютерних ігор, зіткнулися з тим, що ринок перенасичений однотипними проєктами, які вже перестали цікавити публіку, як раніше. Усунути цю проблему можна шляхом повернення у маси класичні ігри. Вони допоможуть не тільки розбавити нудну вибірку ігор, а ще й дати можливість дорослим відчути ностальгію і згадати часи дитинства, а молодшим пограти у ті ігри, що грали батьки, старші брати або сестри і тим самим побачити на чому вони зростали.

Також зважаючи на теперішню ситуацію в країні можна запропонувати не тільки повернення цих ігор, а ще змінення формату [1-2]. Під час постійних блекаутів комп'ютер не працює без світла, а заряд на телефоні треба берегти для важливішого, тоді у нагоді буде використання альтернативних ігрових пристроїв.

Вони будуть автономними, тобто не потребуватимуть інтернет і світло і завдяки цьому можна буде скоротити час, при цьому не використовуючи свого телефона.

Розглянуто список найпопулярніших ігор минулого для подальшої роботи зі створення на ігровому пристрої однієї з них.

Розроблено мікроконтролерну реалізацію гри «Тетріс» на платформі Arduino, як перша спроба створення даної пропозиції для ринку ігор, щоб розбавити величезну кількість одноманітних ігор. Також було реалізовано повний ігровий процес з графічним інтерфейсом та кнопковим керуванням для зручності управління.

Даний проєкт підтвердим можливості Arduino Mega для створення автономних ігрових пристроїв, щоб можна було грати і під час блекаутів, і у подорожах, і де немає інтернету, тобто скрізь.

Для вдосконалення вже існуючої моделі на майбутнє можна змінити керування на більш зручне з урахуванням можливих особливостей споживачів цього контенту, а також зробити плату автономною, тим самим покращити якість гри і її досконалість серед інших.

Список літератури

1. Єрошенко О. А., Піняєв Є. В., Пивоварова Д. І., Кравченко П. О. Метод оптимізації publish-subscribe архітектур для інтелектуального інформування в умовах обмежених ресурсів IoT, *Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць*, Т. 1. № 83. 2026. С. 69-76. DOI: 10.26906/SUNZ.2026.1.069

2. Fedorchenko V., Yeroshenko O., Shmatko O., Kolomiitsev O., Omarov M. Password hashing methods and algorithms on the .Net platform. *Advanced Information Systems*. №8(4). 2024. Pp. 82–92. DOI: 10.20998/2522-9052.2024.4.11

РОЗРОБКА МОБІЛЬНОГО ДОДАТКА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ КУР'ЄРСЬКОЇ ДОСТАВКИ

Черномаз Д.І., Єрошенко О.А.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Сучасна система кур'єрської доставки є не просто платформою для передачі замовлень, а складним технологічним комплексом, що інтегрує геоінформаційні сервіси, алгоритми оптимізації маршрутів та системи управління взаємовідносинами з клієнтами [1-2].

Метою дослідження є проектування та розробка програмного забезпечення, що забезпечує безперебійну взаємодію між замовником, диспетчером та виконавцем, мінімізуючи при цьому операційні витрати та час очікування.

У роботі проаналізовано ключові аспекти функціонування логістичних систем, зокрема методи динамічного розподілу замовлень та архітектурні особливості побудови клієнт-серверних додатків. Розглянуто математичні моделі оптимізації шляхів, що базуються на вирішенні задачі комівояжера та врахуванні в реальному часі дорожньої ситуації, щільності трафіку та пріоритетності вантажів. Окрему увагу приділено безпеці даних та протоколам автентифікації користувачів, що є критичним при проведенні фінансових транзакцій всередині системи.

Запропонований додаток реалізовано з використанням кросплатформеного підходу, що дозволяє забезпечити стабільну роботу на операційних системах iOS та Android при єдиній кодовій базі. Програмний комплекс використовує стеку технологій React Native для інтерфейсної частини та Node.js для серверної архітектури, що у поєднанні з базою даних PostgreSQL забезпечує високу швидкість обробки запитів.

Інтеграція з API картографічних сервісів дозволяє здійснювати точний трекінг кур'єра та автоматично розраховувати орієнтовний час прибуття з урахуванням геопозиціонування.

Результати розробки підтверджують, що впровадження спеціалізованого мобільного додатка дозволяє значно скоротити логістичні цикли та підвищити рівень задоволеності кінцевих споживачів. Створена система має потенціал для масштабування та може бути інтегрована з існуючими ERP-системами підприємств для повної автоматизації ланцюгів постачання.

Список літератури

1. Федорченко В.М., Єрошенко О.А. Застосування алгоритмів штучного інтелекту для моделювання загроз інформаційних систем. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки»*. Т.6 (75). Ч. 2. 2025. С. 384-391. DOI: 10.32782/2663-5941/2025.6.2/52

2. Fedorchenko V., Yeroshenko O., Shmatko O., Kolomiitsev O., Omarov M. Password hashing methods and algorithms on the .Net platform. *Advanced Information Systems*. №8(4). 2024. Pp. 82–92. DOI: 10.20998/2522-9052.2024.4.11

СИСТЕМА ЗБОРУ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ GPS-ДАНИХ НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРА RASPBERRY PI PICO

Кулак Е. М., Мірошник А.М.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

У сучасних умовах стрімкого розвитку геоінформаційних технологій зростає потреба у доступних та ефективних засобах геопозиціонування для моніторингу переміщень об'єктів у реальному часі. Такі системи знаходять широке застосування у транспорті, логістиці, міському плануванні, медицині та рятувальних операціях. Водночас актуальною залишається проблема створення автономних, енергоефективних та простих у використанні рішень, що забезпечують точний збір і збереження геопросторових даних із можливістю їх подальшої візуалізації.

Аналіз наукових джерел свідчить, що сучасні дослідження у сфері глобальних навігаційних супутникових систем зосереджені на підвищенні точності позиціонування, надійності обробки сигналів та оптимізації апаратно-програмних рішень [1–3]. Окрему увагу приділено використанню мікроконтролерних платформ і вбудованих систем для реалізації компактних GPS-рішень, а також питанням енергозабезпечення та автономності таких систем [3–5]. Проте питання створення доступних і водночас функціонально повноцінних систем для широкого кола користувачів залишається відкритим.

Метою доповіді є розробка системи геопозиціонування на основі GPS-логера, яка автономно збирає локаційні дані про переміщення користувача і записує на SD-карту, що дає можливість в подальшому відобразити маршрут на інтерактивній мапі.

Система орієнтована на використання в різних сферах побуту людини, де необхідний контроль переміщень, наприклад транспорт та логістика, міське планування та управління інфраструктурою, медицина та рятувальні операції, безпека та навігація тощо.

У межах виконаної роботи було розроблено та комплексно реалізовано програмно-апаратну систему геопозиціонування на базі мікроконтролера Raspberry Pi Pico, що інтегрує GPS-приймач, модуль збереження даних на SD-карті та підсистему енергоживлення. Особливу увагу приділено забезпеченню автономності функціонування, що досягається використанням літій-іонних акумуляторів із реалізацією стабілізації напруги та можливістю резервного живлення. Запропонована архітектура системи забезпечує надійну взаємодію між апаратними компонентами та програмним забезпеченням, що дозволяє ефективно виконувати збір, обробку та збереження геоданих у реальному часі.

Алгоритм функціонування системи побудований на основі безперервного циклу обміну даними з GPS-модулем, у якому реалізовано періодичне зчитування координат з інтервалом 3 секунди, що забезпечує баланс між точністю позиціонування та енергоефективністю. Отримані дані проходять етапи парсингу відповідно до протоколу NMEA, перевірки на коректність та перетворення у формат, придатний для подальшого аналізу та візуалізації. Передбачено

механізми виявлення помилок, зокрема відсутності сигналу або некоректності даних, а також алгоритми автоматичного відновлення з'єднання з GPS-модулем і SD-картою, що підвищує загальну надійність системи.

Програмне забезпечення реалізує функції логування геоданих із можливістю їх збереження у структурованих файлах на SD-носії, що забезпечує подальший експорт у стандартні формати для аналізу.

Додатково реалізовано обчислення параметрів руху, зокрема швидкості, пройденої відстані та напрямку переміщення, що розширює функціональні можливості системи. Завдяки оптимізованим алгоритмам обробки даних досягнуто ефективного використання обчислювальних ресурсів мікроконтролера та зниження енергоспоживання.

Окремим компонентом системи є модуль візуалізації, який забезпечує інтерпретацію зібраних даних у вигляді інтерактивних карт і графічних представлень. Це дозволяє відображати як поточне місцезнаходження об'єкта, так і історію його переміщень, що є важливим для аналізу траєкторій руху. Проведене експериментальне тестування в різних умовах експлуатації підтвердило стабільність роботи системи, коректність обробки GPS-даних та надійність запису інформації на SD-карту.

Отримані результати свідчать, що похибка позиціонування не перевищує трьох метрів у стандартних умовах відкритого простору, що відповідає сучасним вимогам до точності GPS-навігації. Система демонструє стійкість до збоїв, адекватно реагує на нештатні ситуації та забезпечує безперервність роботи за наявності живлення.

Крім того, встановлено, що розроблене рішення є економічно ефективним завдяки використанню доступних компонентів і відкритих технологій, простим у налаштуванні та експлуатації, а також придатним до подальшої модернізації шляхом розширення функціоналу та інтеграції з додатковими сервісами.

Список літератури

1. *Springer handbook of global navigation satellite systems* / за ред. P. J. G. Teunissen, O. Montenbruck. – Cham : Springer, 2017.

2. Misra P., Enge P. *Global positioning system: signals, measurements, and performance*. – 2-ге вид., перегл. – Lincoln (Mass.) : Ganga Jamuna Press, 2012. – 569 с. – ISBN 978-0-9709544-2-8.

3. Hofmann-Wellenhof B., Lichtenegger H., Collins J. *Global positioning system: theory and practice*. – 5-те вид., переробл. – Wien ; New York : Springer, 2001. – 382 с. – ISBN 3-211-82534-2.

4. *Raspberry Pi Pico W Datasheet* [Електронний ресурс] / Raspberry Pi Ltd. – Режим доступу: https://datasheets.raspberrypi.com/picow/pico-w-datasheet.pdf (дата звернення: 18.03.2026).

5. *Programming microcontrollers in MicroPython* [Електронний ресурс]. – Manuals.plus, 2026. – Режим доступу: https://manuals.plus/m/38d85a4b7b6b84c8e25eab1406e045391aca6f38cdb9d9f2f6b14e65df316a5c (дата звернення: 18.03.2026).

КРОСПЛАТФОРМНИЙ ЗАСТОСУНОК ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ПОГОДНИХ УМОВ

Чан Нгок Чионг, Ярошевич Р.О.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

У сучасних інформаційних системах завдання оперативної та достовірної обробки даних із зовнішніх мережних джерел набуває особливої актуальності. Метеорологічні дані є показовим прикладом інформації з високою частотою оновлення, ієрархічною структурою та необхідністю трансформації перед відображенням користувачу.

Ефективна обробка таких потоків вимагає узгодженого застосування сучасних мережних бібліотек і механізмів серіалізації в рамках єдиної кросплатформної архітектури.

Метою доповіді є дослідження та програмна реалізація методів обробки метеорологічних даних з оперативним оновленням даних на прикладі кросплатформного застосунку, розробленого з використанням фреймворку .NET MAUI [1].

Основним джерелом даних у системі виступає REST API сервісу OpenWeatherMap.

Процес обробки інформації охоплює кілька послідовних етапів: встановлення захищеного мережевого з'єднання засобами класу HttpClient, отримання відповіді від сервера, десеріалізація даних із формату JSON за допомогою бібліотеки Newtonsoft.Json та трансформація результатів у строго типізовані об'єкти мови C#.

Запропонований алгоритм обробки даних забезпечує:

- високу швидкість парсингу серверних відповідей для миттєвого відображення поточних погодних умов;
- фільтрацію та агрегацію даних прогнозу погоди з вибіркою оптимальних часових точок із 5-денного прогнозу;
- конвертацію метричних значень у формати, зручні для користувача (зокрема, динамічний перерахунок температури з градусів Цельсія у Фаренгейти без повторних мережних запитів).

Тестування системи на пристроях під управлінням Android та Windows підтвердило надійність і коректність обраних методів обробки даних.

Використання .NET MAUI у поєднанні з оптимізованими алгоритмами десеріалізації дозволяє мінімізувати блокування UI-потоку інтерфейсу користувача та гарантує достовірність відображуваної інформації в умовах змінних параметрів мережі.

Список літератури

1. Microsoft. Consume a REST-based web service – .NET MAUI // Microsoft Learn. URL: https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/maui/data-cloud/rest?view=net-maui-10.0

МОДЕЛІ ТА ПІДХОДИ ІНТЕГРАЦІЇ ІНСТРУМЕНТІВ HLS У ПРОЦЕСИ БЕЗПЕРЕРВНОЇ ІНТЕГРАЦІЇ ГЕТЕРОГЕННИХ СИСТЕМ НА КРИСТАЛІ

Корнієнко В.Р., Філіппенко О.І.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Використання інструментів високорівневого синтезу (HLS) у процесах безперервної інтеграції та доставки (CI/CD) для гетерогенних систем на кристалі (SoC), зокрема на базі сімейств Zynq та Cyclone V, набуває особливої актуальності у зв'язку з ускладненням архітектур цифрової обробки сигналів та зростанням вимог до швидкості розробки і валідації апаратно-програмних рішень. Гетерогенна природа таких платформ, що поєднує програмовану логіку (PL) та процесорну підсистему (PS), потребує узгодженого підходу до проєктування, тестування та розгортання компонентів, що ускладнює застосування традиційних методів розробки.

Метою доповіді є дослідження можливостей інтеграції інструментів високорівневого синтезу у CI/CD конвеєри для автоматизації процесів генерації апаратних модулів, їх верифікації та інтеграції у складі гетерогенних SoC. Особлива увага приділяється підходам до формалізації етапів синтезу, включаючи трансляцію алгоритмічних описів мовами високого рівня у RTL-представлення, автоматизоване тестування з використанням поведінкових і апаратних симуляцій, оцінювання продуктивності та апаратних витрат.

У доповіді розглядаються сучасні практики побудови CI/CD процесів із використанням таких інструментів, як Vitis HLS, Intel HLS Compiler та систем автоматизації збірки. Наводяться результати експериментів, що демонструють ефективність інтеграції HLS у процеси безперервної інтеграції, зокрема щодо скорочення часу розробки, підвищення відтворюваності результатів синтезу та можливості швидкого порівняння альтернативних варіантів реалізації алгоритмів (наприклад, FFT, FIR-фільтрації, матричних обчислень) на різних частинах SoC. Показано, що автоматизація процесів синтезу та тестування дозволяє реалізувати ітеративний підхід до оптимізації розподілу обчислень між PS і PL, що є критично важливим для досягнення оптимального співвідношення між продуктивністю та апаратними ресурсами. Таким чином, інтеграція інструментів високорівневого синтезу у CI/CD процеси створює передумови для побудови масштабованих, відтворюваних та ефективних підходів до проєктування гетерогенних систем на кристалі, що особливо актуально для сучасних задач цифрової обробки сигналів та вбудованих систем реального часу.

Список літератури

1. Augé I., Pétrot F. User Guided High Level Synthesis. *High-Level Synthesis*. Dordrecht. P. 171–196. URL: https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8588-8_10

2. Lahti S., Hämäläinen T. D. High-level Synthesis for FPGAs - A Hardware Engineer's Perspective. *IEEE Access*. 2025. P. 1. URL: https://doi.org/10.1109/access.2025.3540320

РОЗРОБКА АРХІТЕКТУРИ ПАРАЛЕЛЬНІХ ОБЧИСЛЕНЬ ДЛЯ СИСТЕМ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЕРИФІКАЦІЇ КОНТЕНТУ В СОЦІАЛЬНИХ МЕДІА

Трохименко Ю.О., Філіппенко І.В.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

В епоху постправди фейки стали невід'ємною складовою інформаційного простору. Завдяки вдосконаленим технологіям створення контенту та алгоритмам рекомендацій соціальних мереж дезінформація поширюється миттєво, масштабуючи свій деструктивний вплив.

Загроза фейків виходить далеко за межі маніпуляції громадською свідомістю – вони здатні провокувати конфлікти, підривати суспільну довіру та виступати інструментом соціально-політичної дестабілізації. За таких умов медіаграмотність і культура критичного споживання інформації перетворюються на одну з ключових навичок виживання в сучасному світі.

Паралельно з поширенням дезінформації стрімко розвиваються технології штучного інтелекту, які можуть як генерувати, так і виявляти неправдивий контент. На сьогодні антифейкові ШІ-рішення класифікують за функціональним призначенням: виявлення фактичних помилок, детекція маніпуляцій із медіафайлами (дипфейків) та ідентифікація текстів, створених штучним інтелектом.

Мета доповіді полягає в аналізі функціональних можливостей наявних сервісів і проєктів верифікації контенту для подальшої розробки високонадійної багатофункціональної системи перевірки інформації.

Концепція такої системи базується на принципах синергії когнітивного аналізу (людської експертизи) та автоматизованих методів комп'ютерної обробки даних.

Серед найбільш відомих та широко використовуваних ШІ-рішень для боротьби з дезінформацією варто виділити наступні.

InVID & WeVerify (аналіз метаданих та зображень) – провідний інструмент цифрової криміналістики. Система фрагментує відео на ключові кадри та проводить детальний аналіз на наявність маніпуляцій (зокрема, Error Level Analysis).

Основним обмеженням є висока обчислювальна складність при обробці матеріалів високої роздільної здатності.

Full Fact AI (автоматизований фактчекінг) використовує технології обробки природної мови (NLP) для транскрибації та зіставлення тверджень із верифікованими базами даних у реальному часі.

Intel FakeCatcher (біометрична детекція дипфейків) аналізує фотоплетизмографію – мікроколивання кровотоку в тканинах обличчя. Технологія працює в реальному часі завдяки потужному апаратному прискоренню.

GPTZero та детектори на базі RoBERTa (виявлення ШІ-генерованого тексту) ефективні для протидії масовому поширенню машиногенерованого

контенту. Аналізують статистичні характеристики тексту – perplexity та burstiness.

Кожне з розглянутих технологій має суттєві переваги, але водночас і певні обмеження. InVID & WeVerify вирізняється потужною екосистемою інструментів цифрової криміналістики та високою точністю виявлення маніпуляцій з медіафайлами, проте потребує значних обчислювальних ресурсів і часу на обробку відео високої роздільної здатності. Full Fact AI забезпечує швидкий і ефективний фактчекінг у реальному часі завдяки сучасним NLP-технологіям, але його ефективність безпосередньо залежить від повноти та актуальності верифікованих баз даних. Intel FakeCatcher демонструє високу точність і швидкість біометричної детекції дипфейків у реальному часі завдяки апаратному прискоренню, однак обмежений аналізом лише відеоконтенту з обличчям і потребує спеціалізованого обладнання. GPTZero та детектори на базі RoBERTa, навпаки, є легкими, масштабованими та придатними для масової обробки тексту, проте їхня точність може знижуватися через постійне вдосконалення генеративних мовних моделей. Таким чином, жодне з рішень не є універсальним, що підтверджує необхідність їх комплексного використання в рамках інтегрованої системи.

Оптимальним шляхом підвищення продуктивності є використання паралельних обчислень та гетерогенної обробки даних.

Для обробки гетерогенних даних (текст, відео, метадані, фактчекінг) в роботі була запропонована архітектура на основі асинхронних обчислювальних потоків. Такий підхід дозволяє одночасно запускати декілька аналітичних модулів, що значно підвищує загальну пропускну здатність системи та забезпечує роботу в умовах реального часу.

Аналіз наявних ШІ-інструментів підтвердив, що їхня ефективність часто обмежується обчислювальною складністю алгоритмів. Запропонована модель паралельної обробки дає змогу суттєво підвищити продуктивність верифікації.

Отримані результати свідчать, що синергія апаратного прискорення та багатопотокового програмного забезпечення є одним із найбільш перспективних напрямів розвитку систем протидії дезінформації в епоху постправди.

Список літератури

1. WeVerify «Wider and Enhanced Verification for You», DOI**:** https://weverify.eu

2. Intel «Intel Introduces Real-Time Deepfake Detector». URL**:** https://newsroom.intel.com/artificial-intelligence/intel-introduces-real-time-deepfake-detector

3. Офіційний сайт Disinfo Check by Edmo Belux «KI-generiertes Video nicht Modegiganten Zara gerichtet» URL**:** https://belux.edmo.eu/de/ki-generiertes-video-nicht-gegen-modegiganten-zara-gerichtet/

УЧАСНИКИ КОНФЕРЕНЦІЇ (секція 2)

Barkovska O. 186
Borysov P. 9
Cherepovskyi M. 186
Dergachov K. 42
Dubinin V. 42
Dunyamalıyev T. 28
Gasimov V.A. 26
Hasanov A.H. 24
Hashimov E.G. 26
Hlavchev D. 9
..... 10
Honcharenko B. 130
Horban V.P. 177
Hulevych M.V. 173
Ibrahimov B.G. 24
..... 28
Islamov I.J. 26
Karpov S.M. 171
Kolomiitsev O.V. 170
..... 171
..... 175
..... 176
Kolomiitsev V.O. 170
Kuchuk N. 148
Liubchenko O.V. 172
Lysytsia D. 148
Maksymov M.O. 175
Martovytskyi V. 132
Nosko S.V. 174
Ovdiyuk E. 42
Panchenko V.I. 175
Partyka S.O. 130
Pustovarov V.V. 170
Rudakov I.S. 170
Shum D.O. 130
Shupyliuk M. 132
Slobodianyk O.Y. 176
Syvolovskyi I.M. 46
Topchii V.L. 175
Vorozhko M. 10
Zhang W. 148
Авраменко Б.О. 91
Айзацький О.М. 43
Андрусенко Ю.О. 149
..... 151
Анікін А.М. 34
Ахріменко М.С. 143
Баранєй Д.І. 107
Бельорін-Еррера О. .. 149
Бєлих К.В. 71
Бишиньов Д.І. 127
Білоус О.М. 166
Боговський О.О. 141
Бойко Д.Ю. 139
Брестовицький Р. ... 55
Бречко В.О. 149
Бродський Р.О. 66
Бугрій А.М. 53
..... 55
Бурда М.О. 103
Васильєв О.Ю. 112
Васищев О.І. 114
Ващенко К.С. 70
Велікан О.В. 179
Винник О.С. 158
Волк Д.М. 53
Волк М.О. 55
..... 60
Волобуєв Д.Р. 154
Воронець В.М. 22
Герасимов С.В. 164
..... 166
Главчев Д. 12
Главчева Ю.М. 16
Глачев М.І. 16
Голосинський Р. 40
Гончаренко Б.М. 122
..... 129
Гончарук В.В. 168
Гороховацька С. 182
Гриневич П.С. 30
Грищенко Д.О. 131
Грінь Д.В. 76
Гук А.С. 136
..... 138
..... 139
..... 182
..... 184
Даценко С. (мол.) ... 162
Даценко С.С. 150
Дергачов К.Ю. 43
..... 45
Діденко С.І. 32
Днепров В.А. 178
Доценко Н.В. 38
Дригач К.В. 14
Дрозд О.Ю. 8
Дубінін В.А. 45
Дубограй Д.Д. 74
Дяченко К.О. *22*
Єлізов С.С. 153
Єлісєєв М.Д. 138
Єрошенко О.А. 188
..... 189
Задорожний А.О. ... 68
Зайцев С.К. 23
Заполовський М. 22
..... 23
Золотухін М.В. 127
Івашов В.А. 184
Іващенко Г.С. 68
..... 69
. 70
Кагітін Ю.М. 87
Кардаш А.Є. 69
Катасонов Д.С. 84
Кікоть М.С. 33
Коваленко А.А. 8
Ковтун Є.І. 55
Колтун Ю.М. 72
..... 74
..... 76
Коновалов І.О. 146
Корнієнко В.Р. 193
Корнієнко Є.Д. 80
Кот В.В. 164
Котоміна К.В. 72
Красюченко І.І. 128
Кулак Г.К. 119
Кулак Е.М. 190
..... 119
Кучук Г.А. 157
..... 158
..... 160
..... 162
Кучук Н.Г. 150
..... 151
..... 149

Лавка О.О. 157
Ладченко М.В. 188
Левченко Д.В. 155
Лещенко О.Б. 34
..... 37
Лисиця Д.О. 151
Литвиненко Д.М. ... 82
Лифар Д В. 152
Лозицький А. 12
Лук'янов Я.І. 105
Луців Я.С. 38
Любченко Н.Ю. 153
Ляшенко О.С. 179
Майстренко Г.В. 95
..... 97
Малєєва Ю.А. 33
..... 40
Малінін О.П. 78
Малохвій Е.Е. 161
Масалов М.В. 57
Матвєєв М.І. 160
Матюніна С.М. 144
Мірошник А.М. 119
..... 190
Мішенко Є.Є. 95
Момот М.О. 35
Мороз А.В. 14
..... 133
..... 141
..... 143
..... 181
Нечипуренко С.І. ... 62
Ні Я.С. 131
Ніколаєнко Д.С. 85
Овдіюк Є.М. 45
Оклей Д.В. 181
Олейнік М.Є. 78
Ольховіков Д. С. 168
Остріков С.В. 136
Партика С.О. 123
..... 125
..... 127
..... 128
Пивоварова Д.І. 57
..... 58
Пилипенко А.Г. 6
Пироженко С.С. 151
Подорожняк А.О. ... 152
Подорожняк А.О. .. 153
..... 154
. 155
Показій К.О. 109
..... 134
Полозов Д.М. 53
Польшин О.М. 129
Поляков Р.В. 123
Полятичко Б.В. 110
Попов А.В. 32
Попов І.Є. 37
Порошенко А.І. 8
..... 121
..... 122
Постельник А.С. 58
Прилуцька М.М. 89
Прокидянчик Д. 126
..... 127
Прокіпець В.О. 79
Пугач Д.В. 45
Пугачов Р.В. 154
Рагулін А.О. 125
Радіонов М.О. 80
Радченко В.О. 150
Рєзник М.О. 116
Рибкін Д.В. 124
..... 125
..... 126
Рожнова Т.Г. 114
Розуменко О. І. 93
Рубан І.В. 6
Салєєв В.О. 178
Самойлов І.А. 60
Світличний Є.С. 35
Севостьянова О. 89
..... 93
..... 101
Сегодін А.В. 63
Сітніков В.І. 134
..... 144
..... 146
Сітнікова С.І. 134
..... 144
..... 146
Скорик Ю.В. 71
Смаль Я.О. 133
Смідович Л.С. 19
Соробей Б.В. 53
Сорокін А.Р. 62
..... 63
Стась А.М. 152
Степанов М.В. 97
Стрілковський Є. ... 123
..... 124
Сущенко А.О. 122
Тарасенко Д.П. 121
Трохименко Ю. 194
Федоренко М.І. 17
Федорченко В.М. ... 66
Фесенко Т.Г. 50
Філімончук Т.В. 85
..... 87
..... 89
..... 91
..... 93
..... 95
..... 97
..... 99
..... 101
..... 103
..... 105
..... 107
Філіппенко І.В. 194
Філіппенко О.І. 112
..... 193
Фролов Д.Є. 49
Харебов М.Ф. 129
Холєв В.О. 110
Чала О.В. 79
Чан Нгок Чионг 192
Чеботарьова Д.В. ... 78
Чепурна І.С. 82
Черномаз Д.І. 189
Чумаченко С.В. 116
Швидков С.М. 168
Шевцов І.О. 50
Шевченко А.С. 101
Шостак М.В. 109
Шум Д.О. 124
Якубовський А. 99
Янковський О.А. 124
..... 126
Янковський О.А. 129
Ярошевич Р.О. 84
..... 192
Яшина О.С. 30

ОРГАНІЗАЦІЇ, ЯКІ ПРИЙНЯЛИ УЧАСТЬ У КОНФЕРЕНЦІЇ

Азербайджанський державний економічний університет, Баку, Азербайджан
Азербайджанський технічний університет, Баку, Азербайджан
Азербайджанський університет будівництва та архітектури, Баку, Азербайджан
Академія Державної прикордонної служби, Баку, Азербайджан
Акціонерне товариство «Інститут інформаційних технологій», Харків, Україна
Алматинський технологічний університет, Алмати, Казахстан
Бакинський інженерний університет, Баку, Азербайджан
Військова академія Університету оборони, Белград, Сербія
Військовий науково-дослідний інститут, Баку, Азербайджан
Військовий інститут імені Гейдара Алієва, Баку, Азербайджан
Гянджинський технологічний університет, Гянджа, Азербайджан
Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Черкаси, Україна
Інститут географії, Баку, Азербайджан
Інститут математики, Баку, Азербайджан
Інститут освіти Республіки Азербайджан, Баку, Азербайджан
Інститут системної інженерії, Пекін, Китай
Карачинський університет, Карачі, Пакистан
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна
Національне аерокосмічне агентство, Баку, Азербайджан
Національний аерокосмічний університет "Харківський авіаційний інститут", Харків, Україна
Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", Харків, Україна
Національний університет «Київський авіаційний інститут», Київ, Україна
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Полтава, Україна
Національний університет оборони Азербайджанської республіки, Баку, Азербайджан
Національний університет "Одеська політехніка", Одеса, Україна
Національний університет цивільного захисту України, Київ, Харків, Черкаси, Україна
Педагогічний університет імені Комісії Національної Освіти в Кракові, Краків, Польща
Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» УДУНТ, Дніпро, Україна
Республіканський центр сейсморозвідки, Баку, Азербайджан
Сумгаїтський державний університет. Сумгаїт, Азербайджан
Тбіліський державний університет, Тбілісі, Грузія

Технічний університет Клуж-Напоки, Клуж-Напока, Румунія
ТОВ «Праймкор», Харків, Україна
Український науково-дослідний інститут екологічних проблем», Харків, Україна
Університет Ель-Манар, Туніс, Туніс
Університет Заказік, Заказік, Єгипет
Університет міста Жиліна, Жиліна, Словаччина
Університет національної оборони Туреччини, Стамбул, Туреччина
Університет нафти і мінералів імені короля Фахда, Дахран, Саудівська Аравія
Університет Сол Плаат'є, Кімберлі, Південно-Африканська Республіка
Університет технологій Гянджі, Гянджа, Азербайджан
Університет технологій імені Нетаджі Субхаса, Нью-Делі, Індія
Університет технології і гуманітарних наук, Бельсько-Бяла, Польща
Управління метрології та стандартизації, Київ, Україна
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, Україна
Харківський національний економічний університет імені Саймона Кузнеця, Харків, Україна
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків, Україна
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Харків, Україна
Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, Україна
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна
Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

Affiliation of conference participants

ЗМІСТ

Том 1: секції 1, 5

Том 2: секція 2

Секція 2 Комп'ютерні методи і засоби інформаційно-комунікаційних технологій та управління 6

Учасники конференції (секція 2) 196

Організації, які прийняли участь у конференції 198

Том 3: секції 3, 4

Том 4: секція 6

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

СУЧАСНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЗАСОБІВ УПРАВЛІННЯ

Тези доповідей
шістнадцятої міжнародної науково-технічної конференції
(29 – 30 квітня 2026 року)
Том 2: секція 2

Відповідальний за випуск *Г. А. Кучук*
Технічний редактор *І. А. Лєбедева*
Коректор *В. В. Богомаз*
Комп'ютерне складання та верстання *Н. Г. Кучук*

Адреса оргкомітету: вул. Кирпичова, 2, Харків, 61002, Україна
Вечірній корпус, кімната 314
тел. +38 (057) 707 61 65

Підписано до друку 22.04.2026 Формат 60 × 84/16
Ум.-вид. арк. 12,5. Тираж 100 пр. Зам. 422/2-26

Віддруковано з готових оригінал-макетів у цифровій друкарні Impress
61002, м. Харків, вул. Пушкінська, 56, тел. **+ 38 (057) 714-52-11**
e-mail: **irina@impress.biz.ua**