



Міністерство освіти і науки України
Східноукраїнський національний університет
імені Володимира Даля

**ЗБІРНИК НАУКОВО-ПРАКТИЧНИХ ПРАЦЬ
XI МІЖНАРОДНОГО ФОРУМУ
«ІТ-ІДЕЯ 2025»**

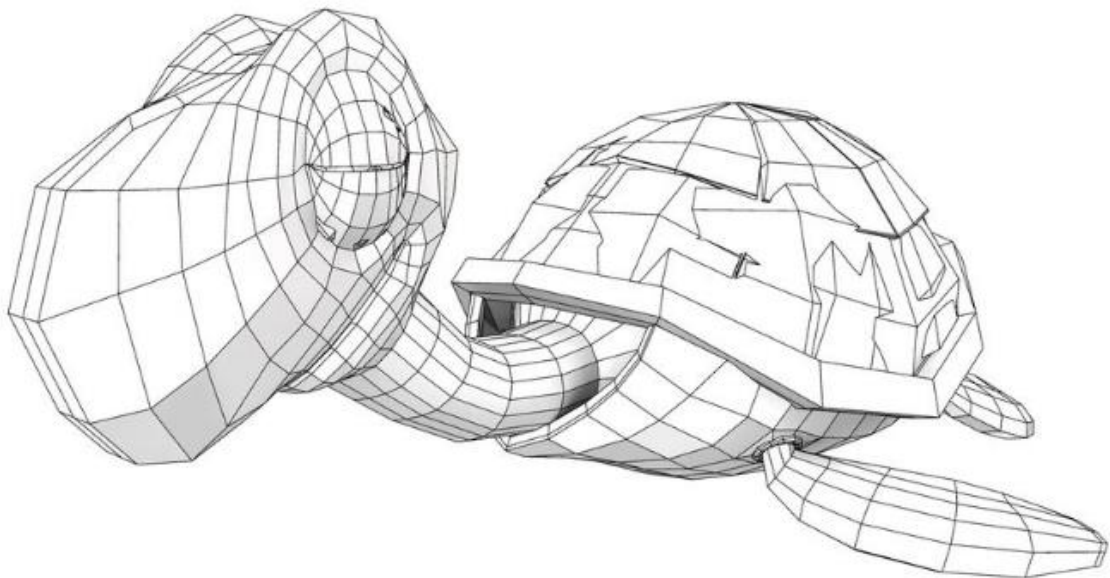
Київ
2025

ІТ-Ідея 2025

Міністерство освіти і науки України
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

**ЗБІРНИК НАУКОВО-ПРАКТИЧНИХ ПРАЦЬ
XI МІЖНАРОДНОГО ФОРУМУ
«ІТ-ІДЕЯ 2025»**

In the middle of difficulty lies opportunity



Albert Einstein

12 грудня 2025 року

Київ
2025

Рекомендовано до друку Вченою радою Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля

РЕДАКЦІЙНА РАДА

Голова: д.т.н., проф. Рязанцев О.І. – завідувач кафедри комп'ютерних наук та інженерії, СХУ ім. В.Даля, Київ, Україна

Співголови: д.т.н., проф. Скарга-Бандурова І.С. – Senior Lecturer in Artificial Intelligence, Oxford Brookes University, Oxford, UK

д.т.н., проф. Целіщев О.Б. – проректор з наукової роботи, СХУ ім. В.Даля, Київ, Україна

Члени: д.ф. Критська Я.О. – Associate Lecturer of Faculty of Design, Technology and Environment, Oxford Brookes University, Oxford, UK

к.т.н., доц. Білобородова Т.О. – старший науковий співробітник, ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України, Київ, Україна

к.т.н., доц. Деркач М.В. – доцент кафедри кібербезпеки, ТНТУ ім. І. Пулюя, Тернопіль, Україна

к.т.н., доц. Барбарук В.М. – доцент кафедри інформаційних систем та технологій, КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна

к.т.н., доц. Шумова Л.О. – доцент кафедри комп'ютерних наук та інженерії, СХУ ім. В. Даля, Київ, Україна

к.т.н., доц. Щербакова М.Є. – доцент кафедри комп'ютерних наук та інженерії, СХУ ім. В. Даля, Київ, Україна

Секретар: Прудніков Д.А. – лаборант кафедри комп'ютерних наук та інженерії, СХУ ім. В. Даля, Київ, Україна

Адреса редакційної ради:

01042, Київ, вул. Іоанна Павла II, 17

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

ІТ-Ідея – 2025: збірник науково-практичних праць XI Міжнародного Форуму. – Київ: вид-во Східноукр. ун-ту ім. В. Даля, 2025. – 136 с.

У збірнику висвітлені результати наукових досліджень та практичних розробок, виконаних у галузі інформаційних технологій учасниками форуму з таких країн, як Велика Британія, Польща, Іспанія, Італія, Бельгія, Португалія та Україна. В форумі прийняли участь здобувачі вищої освіти та викладачі українських ЗВО: Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського», Харківський національний університет радіоелектроніки, Луцький національний технічний університет.

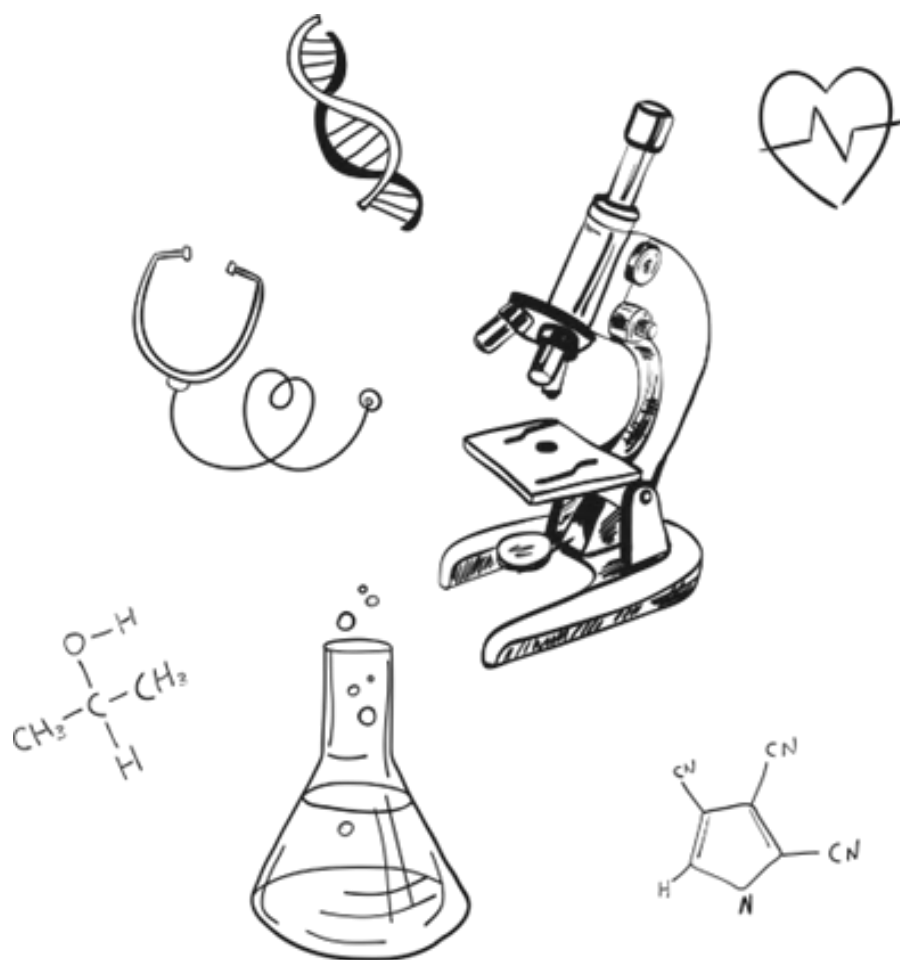
ЗМІСТ

ІТ в біології та медицині.....	6
AUTOMATION AND DIGITALIZATION OF THE PHARMACEUTICAL INDUSTRY THROUGH THE IMPLEMENTATION OF AN INTERNATIONAL PROJECT SUSPHARMA. <i>Korchuganova O., Balu AM, Vilé G, Middelkoop V, Benyahia B, Mano JF, Luisi R.....</i>	7
СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЛІКАРЯ-АНЕСТЕЗІОЛОГА. <i>Прудніков Д.А., Шумова Л.О., Рязанцев О.І.....</i>	12
ОЦІНКА ЕМОЦІЙНИХ ПАТЕРНІВ ЕЕГ З ВИКОРИСТАННЯМ КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ ІНТЕГРАЛЬНОЇ ДИСТАНЦІЇ. <i>Голобородько В.С., Лифар В.О.....</i>	15
МЕТОДИ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ФАЗИ СНУ ТА ОПТИМАЛЬНОГО МОМЕНТУ ПРОБУДЖЕННЯ. <i>Сурженко В.О., Шумова Л.О.....</i>	19
МЕТОДИ ПОПЕРЕДНЬОЇ ОБРОБКИ ВЕЛИКОМАСШТАБНИХ ГЕНОМНИХ ДАНИХ ДЛЯ МОДЕЛЕЙ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ У ЗАДАЧАХ ПРОГНОЗУВАННЯ ФЕНОТИПІВ. <i>Таболін О.А., Шумова Л.О., Білобородова Т.О.....</i>	22
Розробки для агро-промислового комплексу.....	25
ІНФОРМАЦІЙНА ПІДСИСТЕМА ДІАГНОСТИКИ СТАНУ ВУЛИКА НА БАЗІ АДАПТИВНОЇ НЕЙРО-НЕЧІТКОЇ СИСТЕМИ ВИВЕДЕННЯ. <i>Сотніков Д.О., Дубовський О.Р., Сотнікова Т.Г.</i>	26
КОМПЛЕКСНА АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ПАСІЧНИМ ГОСПОДАРСТВОМ. <i>Сотніков Д.О., Сотнікова Т.Г.....</i>	29
Розробки для промисловості.....	31
МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ КЕРУВАННЯ КАМЕРНИМ ФІЛЬТР-ПРЕСОМ У ВИРОБНИЦТВІ СОКІВ. <i>Канєв В.О., Лорія М.Г.....</i>	32
РОЗРОБКА ЦИФРОВОГО ДВІЙНИКА ПРОЦЕСУ СУШІННЯ В ЦЕМЕНТНОМУ ВИРОБНИЦТВІ НА ОСНОВІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ АЛГОРИТМІВ. <i>Гудименко О.М., Целіщев О.Б.....</i>	34
СИСТЕМА ПРОГНОЗУВАННЯ МАТЕРІАЛЬНИХ БАЛАНСІВ В НАФТОПЕРЕРОБНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ. <i>Жушма Є.В., Кардашук В.С., Барбарук В.М.....</i>	37
ВИКОРИСТАННЯ ГІБРИДНИХ МЕТОДІВ ФІЛЬТРАЦІЇ ШУМІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ СТАБІЛЬНОСТІ ПОКАЗІВ СЕНСОРНИХ СИСТЕМ МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ. <i>Салінко Г.О., Салінко Р.І., Сотнікова Т.Г.....</i>	39
ЦИФРОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ СИНТЕЗУ АМІАКУ НА ОСНОВІ ГІБРИДНИХ ІТ-МОДЕЛЕЙ. <i>Гурін О.М., Лорія М.Г.....</i>	41
ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ В АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ НА ВИРОБНИЦТВІ. <i>Салінко Н.М., Сотнікова Т.Г.....</i>	43
РОЗРОБКА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ХМАРНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ВИПАЛЮВАННЯ РІДКОГО АМІАКУ. <i>Дуришєв О.А., Лорія М.Г.....</i>	45

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ АНАЛІЗУ ТА ПРОГНОЗУ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ РОЗКЛАДЕННЯ КАРБАМАТУ НА ОСНОВІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ МОДЕЛЕЙ. <i>Кобзарев Є.В., Купіна О.А.</i>	47
ВДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ КЕРУВАННЯ РЕАКТОРОМ ПОЛІМЕРИЗАЦІЇ ПОЛІЕТИЛЕНУ. <i>Сафонов О.Д., Сотнікова Т.Г.</i>	49
ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ ТА ДІАГНОСТИКИ КОМПРЕСОРНИХ УСТАНОВОК У ВИРОБНИЦТВІ СТИСНЕНОГО ПРИРОДНОГО ГАЗУ. <i>Чекалов В.А., Целіщев О.Б.</i>	51
ІТ для навчання та роботи	53
SENTIMENT & CHURN ANALYSIS INTEGRATION IN CRM. <i>Качинський М.В., Барбарук Л.В.</i>	54
АВТОМАТИЗОВАНА ГЕНЕРАЦІЯ ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ ДЛЯ LEGACY-СИСТЕМ З ВИКОРИСТАННЯМ ГІБРИДНИХ LLM-АРХІТЕКТУР. <i>Рудич М.В., Щербакова М.С., Критська Я.О.</i>	58
СИСТЕМА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СПОВІЩЕНЬ ПРО НАВЧАЛЬНІ ЗАНЯТТЯ З ВЕБ-КАБІНЕТОМ ТА ІНТЕГРАЦІЄЮ TELEGRAM-БОТА. <i>Якимова К. С., Підпригора О.О., Барбарук Л.В.</i>	61
ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА «FINANCE PROGRAM» ДЛЯ ОБЛІКУ ОСОБИСТИХ ФІНАНСІВ. <i>Волохов В.В., Щербаков Є.В.</i>	65
ІНТЕГРОВАНА ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ НАВЧАЛЬНИМ ПРОЦЕСОМ. <i>Возний К.М., Шумова Л.О., Жученко Є.В.</i>	68
СИСТЕМА ОБЛІКУ ТА СЕРТИФІКАЦІЇ СТУДЕНТІВ. <i>Ушич В.В., Барбарук Л.В.</i>	72
Дослідження в ІТ галузі	75
КОНЦЕПТ РОЗУМНОГО МІСТА З ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ. <i>Травін В.М., Рязанцев О.І., Скарга-Бандурова І.С.</i>	76
МЕТОДИ І ЗАСОБИ ПІДВИЩЕННЯ АВТОНОМНОСТІ РОБОТИ ГІБРИДНИХ СИСТЕМ БЕЗПЕРЕБІЙНОГО ЖИВЛЕННЯ. <i>Полтавський І.А., Захожай О.І.</i>	80
РОЗРОБКА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО БЕНЧМАРКУ ДЛЯ ОЦІНКИ МАТЕМАТИЧНОГО МІРКУВАННЯ ТА СИМВОЛЬНОЇ РЕКОНСТРУКЦІЇ ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ. <i>Блажків В.О., Барбарук Л.В.</i>	82
АНАЛІЗ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ТЕСТУВАННЯ БЕЗДРОТОВИХ МЕРЕЖ НА ПРОНИКНЕННЯ. <i>Матюк Д.С., Наконечний Б.В., Олійник С.І., Деркач М.В.</i>	85
ВИКОРИСТАННЯ ІТ-ТЕХНОЛОГІЙ У СИСТЕМІ ФОРМУВАННЯ КАРТИ ПРОСТОРОВОГО РОЗТАШУВАННЯ МАЛОРОЗМІРНИХ ОБ'ЄКТІВ. <i>Коррель В.В., Захожай О.І.</i>	87
ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ДЛЯ ПЕРСОНАЛІЗАЦІЇ ВЗАЄМОДІЇ КОРИСТУВАЧІВ З ІНТЕРНЕТ-МАГАЗИНАМИ НА ОСНОВІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ. <i>Арендаренко О.Я., Барбарук Л.В.</i>	89
ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ DEVOPS-ПРАКТИК В CRM/ERP-СИСТЕМАХ ТА ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЇХ ВИБІР. <i>Белей Д.А., Меньяйленко О.С.</i>	92

ПРОГРАМНО-АПАРАТНА МОДЕЛЬ «РОЗУМНИЙ ДІМ» З ВИКОРИСТАННЯМ ІОТ-СИМУЛЯТОРА ДЛЯ ВІДДАЛЕНОГО КЕРУВАННЯ. <i>Ведмідь Д.С., Кардашук В.С., Бортник К.Я.</i>	95
МОДЕЛЮВАННЯ ПОШИРЕННЯ КОРОНАВІРУСУ З ВИКОРИСТАННЯМ DATA SCIENCE. <i>Скиба О.М., Шумова Л.О.</i>	99
ПІДТРИМКА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У ФІНАНСОВОМУ ТА ДЕРЖАВНОМУ УПРАВЛІННІ В УКРАЇНІ. <i>Філоненко О.Ю., Моркун Н.В.</i>	102
ВІРТУАЛІЗАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА КОНТЕЙНЕРИЗАЦІЯ ЯК ЗАСОБИ ОРГАНІЗАЦІЇ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ СЕРЕДОВИЩ. <i>Тарасенко Д.Ю., Кардашук В.С., Барбарук В.М.</i>	106
ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ВИЯВЛЕННЯ АНОМАЛІЙ У ЗОБРАЖЕННЯХ НА ОСНОВІ ГЕНЕРАТИВНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ. <i>Зінченко І.Д., Шумова Л.О., Кобилін О.А.</i>	110
Веб та мобільні додатки.....	114
МОБІЛЬНИЙ ЗАСТОСУНОК ДЛЯ АНАЛІЗУ ХАРЧУВАННЯ «NOOT HEALTH». <i>Карпин І.Р., Носаченко С.В., Лорія М.Г., Щербакова М.Є.</i>	115
СИСТЕМА ТЕЛЕФОННОГО ДОВІДНИКА. <i>Побережний А.А., Мельник М.В., Барбарук Л.В.</i>	118
Робототехніка та смарт-девайси.....	123
РОЗРОБКА РІШЕННЯ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ СТАНУ SMART-ПРИЛАДІВ В СУЧАСНИХ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ СИСТЕМАХ. <i>Лелюх В.О., Татарченко Г.О.</i>	124
ЗАСТОСУВАННЯ АЛГОРИТМІВ ВІЗУАЛЬНОЇ ЛОКАЛІЗАЦІЇ (VISUAL SLAM) У МОБІЛЬНІЙ РОБОТОТЕХНІЦІ. <i>Підганюк С.В., Харчук А.В., Сотнікова Т.Г.</i>	127
Ігрові технології та віртуальна реальність.....	129
БАГАТОКОРИСТУВАЦЬКИЙ ЗАСТОСУНОК НА РУШІЇ UNITY З ВИКОРИСТАННЯМ МЕРЕЖЕВИХ ТЕХНОЛОГІЙ. <i>Щербак І.В., Іванов В.Г.</i>	130
КОМП'ЮТЕРНА ГРА «DREADNOUGHT OF THE FALLEN EMPIRE». <i>Фоменко О.А., Лубсанов М.О., Барбарук Л.В.</i>	132

ІТ В БІОЛОГІЇ ТА МЕДИЦИНІ



AUTOMATION AND DIGITALIZATION OF THE PHARMACEUTICAL INDUSTRY THROUGH THE IMPLEMENTATION OF AN INTERNATIONAL PROJECT [SUSPHARMA](#)

Korchuganova O¹, Balu AM¹, Vilé G³, Middelkoop V⁴, Benyahia B⁵, Mano JF⁶, Luisi R²

¹University of Cordoba, Spain

²University of Bari, Italy

³Politecnico di Milano, Italy

⁴Company “Vito”, Belgium

⁵Loughborough University, GB

⁶University of Aveiro, Portugal

Introduction. Despite technological advancements, the pharmaceutical industry remains characterized by a relatively low level of automation. The reasons of this state are small-capacity facilities and batch-based production. Many pharmaceutical processes are still manually operated or rely on semi-automated systems due to the complexity of GMP (Good Manufacturing Practice) requirements, frequent product changeovers, and the need for strict quality control.

Increasing the level of automation will improve product quality due to the stability of technological process parameters and ensure better environmental friendliness of the industry. The task of improving automation and digitalization of the pharmaceutical industry must be solved comprehensively. Elements of this set of solutions are the introduction of flow synthesis reactors for low-power processes of API synthesis, as well as the creation of special software for the pharmaceutical industry. Solving such a multitasking challenge requires the involvement of many specialists working in different fields of science, which is possible in a project consortium financed by international funds, in particular HORIZON Europe.

One such project is SusPharma (Merging Sustainable and Digital Chemical Technologies for the Development of Greener-by-Design Pharmaceuticals).

The main goal of which is to create flow eco-friendly processes for the synthesis of drug molecules. The accompanying challenges related to the development of automated processes should also be addressed: crystallization, catalyst production for flow reactors, and methods for 3D printing these catalysts. The project benefits from an interdisciplinary domain, involving:

- recent advances in biomass conversion for drug synthesis;
- new developments in heterogeneous catalysis;
- cutting-edge flow chemistry technologies (including synthesis and purification);
- automation and machine learning.

Main content of the work. To achieve the project goal, a [consortium](#) of 8 participants from 4 European countries was created, each of which carried out its own part of the project, interacting with each other. Consortium members focus on research and innovation activities that aim at integrating five breakthrough concepts: CAT-to-PHARMA, WASTE-to-PHARMA, FLOW-to-PHARMA, PUR-to-PHARMA, and DIGITAL-to-PHARMA. Since September 2023, 2 new participants from 2 more countries have joined the consortium, focusing on the concepts: Green Tech-to-Pharma and Capsule-to-Pharma.

- CAT-to-PHARMA – Developing heterogeneous catalytic methods as sustainable and efficient alternatives to traditional homogeneous systems.
- WASTE-to-PHARMA – Leveraging bio-based platform molecules to establish greener-by-design synthesis routes for pharmaceuticals.
- FLOW-to-PHARMA – Advancing continuous-flow manufacturing technologies that minimize energy use, solvent consumption, and emissions.
- PUR-to-PHARMA – Integrating innovative synthetic and purification methods with digital solutions to eliminate carcinogenic impurities enhancing GMP compliance.
- DIGITAL-to-PHARMA – Harnessing digital transformation and robotics to enable competitive, scalable, and on-demand production systems.
- CAPSULE-to-PHARMA – Implementing all-aqueous green strategies for advanced drug encapsulation and controlled delivery.

On the base of concepts 9 work packages were determined.



Figure 1 - Project Work Packages (WP)

During the project period, WP1 evolved into a coherent effort that linked catalyst design, mechanistic understanding, and scalable implementation for pharmaceutical manufacturing. The synthesis and characterization of a modular family of heterogeneous catalysts were completed, ranging from nanostructured oxides [1] and carbons to SACs [2] (Single-atom catalysts). These materials served as active catalysts compatible with flow operation and low metal leaching. All developments were closely integrated with other work packages: WP2 provided bio-based substrates, WP3 validated catalysts in flow, and WP6 assessed their environmental and technoeconomic performance. By the end of the period, WP1 had established a unified and scalable catalyst platform—from molecular design to reactor integration – demonstrating that sustainable, heterogeneous, and flow-compatible catalysts [3] can be realized for pharmaceutical manufacturing.

For the project action period, WP2 focused on the valorization of biomass-derived materials for the sustainable synthesis of pharmaceutical intermediates and active ingredients. WP2 also integrated novel catalysts (SACs) and showed that the use of flow reactors leads to a greener process, as demonstrated by the LCA. Also in this case, as for WP1, this shows integration of the work done herein with activities in WP1, WP3, and WP6.

It was developed method of delignification which is effective and green route to hemicellulose from non-food residues, derived kinetic models for xylose release. Using these data, material and heat balances were simulated and projected xylose productivities that justified continuous operation. Then

xylose to furfural was translated over a nanosized aluminum oxide catalyst active in both microwave batch and continuous microreactors [4]. Building on this platform, the furfural and allied bio-intermediates were converted into pharmaceutical building blocks under heterogeneous and flow conditions [5]. Throughout, WP2 interfaced tightly with WP1 by supplying bio-based epoxides and validating SACs in flow, with WP3 by standardizing cartridge/reactor conditions and residence-time windows, and with WP6 by embedding green metrics from design onward.

WP3 focused on developing synthetic tactics that built complex molecular architectures and opened chemical space previously inaccessible at an industrial scale due to technological constraints [6, 7]. Self-optimization protocols for photo- and electrochemical transformations were created and validated, upgrading our algorithms so that reaction discovery and scale-up proceeded with less human intervention and tighter control over selectivity. Numerical simulation and model-based optimization guided reactor and recipe design, shortening iteration cycles and de-risking transfer to continuous equipment [8]. WP3 established a unified platform for sustainable, automated, and flow-based synthesis, linking mechanistic understanding with digital optimization to deliver scalable, low-waste, and high-efficiency routes for greener pharmaceutical manufacturing.

WP4 focused on developing and demonstrating systematic, data-driven methodologies for the optimal design and operation of continuous crystallization processes within a green and circular economy framework (PUR-to-PHARMA). Efforts targeted overcoming the traditional limitations of crystallization development [9] – its sensitivity to mixing, heat transfer, and recipe variations—by introducing holistic, computer-aided approaches that ensured precise control over critical quality attributes such as crystal size, morphology, purity, and polymorphism. A robust benchmark for integrated process design and decision-making was established. It improved reliability, scalability, and sustainability by aligning crystallization outcomes with economic, environmental, and regulatory objectives. WP4 successfully developed an integrated, data-driven framework for green and intelligent continuous crystallization [9], combining machine learning, digital twins, and multi-objective optimization to enable sustainable pharmaceutical production. The solubility for over 1,000 APIs with <5% deviation was predicted and eliminating 85% of unsuitable solvents, thus enabling green solvent and recipe design. WP4 modeled and optimized multi-impurity crystallization, reducing uncertainty and improving predictive accuracy by up to 30%. These innovations established a comprehensive digital ecosystem for crystallization that links AI-driven solvent and crystal design with real-time optimization and control – delivering a major advance toward sustainable, green-by-design, and fully digital pharmaceutical manufacturing.

WP5 Development of automation and artificial intelligence tools for the prediction of reaction experimental conditions, for the integration of chemical steps, and for the robotic automation of flow reactor systems [10]. The development of reaction and purification pathways and quality monitoring and control in pharma are painstaking and cost-prohibitive. This WP will leverage the emerging computer-aided digital technologies and deliver plug-and-play fully autonomous development and optimization platform (DIGITAL-to-PHARMA).

WP5 established a fully integrated platform for autonomous, green, and self-optimizing chemical synthesis by combining robotics, real-time modeling, and digital twins. For instance, the robotic system was developed to automate flash chromatography, column exchange, and sample handling, reducing human intervention and ensuring precise, traceable purification. These innovations created a closed-loop autonomous synthesis ecosystem that unites robotic sampling, real-time modeling, and intelligent control—advancing toward fully automated, sustainable, and data-driven pharmaceutical manufacturing.

WP6 Applying green strategies and technologies to API synthesis. WP6 advanced greener solid-form discovery, scale-up, and sustainability benchmarking, and it tied directly into the autonomous, flow,

and purification tools from other WPs. The mechanochemical screening was translated toward GMP-viable Resonant Acoustic Mixing, then built an integrated co-crystal platform that combined mechanochemistry, XRPD/Raman/ssNMR, and a machine-learning scorer to prioritize cocrformers and cut wet screening. Continuous flow generally reduced energy, water, E-factor, and CO₂ and reached earlier financial breakeven, while highlighting solvent-usage hotspots.

WP9 aims at establishing all-aqueous drug encapsulation strategies compatible with the generation of versatile controlled and on-demand release profiles of drugs, including co-crystallized NSAIDs. The elimination of the synthetic non-biodegradable fraction of the aqueous separating system is expected to lower the environmental impact of the processing of the capsules. Capsule formulations were achieved impermeable to negatively and positively charged small molecules. WP9 established a robust, tunable encapsulation system with enhanced mechanical resistance and controlled molecular release, suitable for drug delivery applications requiring precise release kinetics and mechanical stability.

Conclusions and perspectives. Batch production, which dominates much of the sector, inherently limits continuous automation since each stage must be validated and monitored separately. Smaller plants, often focused on niche or specialty drugs, face additional barriers such as high investment costs and limited economies of scale, making full automation less feasible. The pharmaceutical industry gradually moves toward digitalization and smart manufacturing, and the researches and developments of SusPharma project and another similar projects will be having demand.

Summary

The paper contains information about SusPharma project that aimed to development of automation and digitalization of Pharmaceutical Industry. The directions and results of researches and developments were presented. Among them there are: new heterogenous catalyst with unique qualities; flow chemical synthesis of API (active pharmaceutical ingredients); photo- and electrochemical transformation; artificial intelligence tools for the prediction of reaction experimental conditions; building an integrated co-crystal platform; establishment of the robust encapsulation system.

References

1. Korchuganova O., Tantsiura E., Abuzarova K. та ін. Preparation of Nanosized Mesoporous Metal Oxides. *ECCS 2025*. (01.08.2025). MDPI, 2025. DOI:[10.3390/chemproc2025017007](https://doi.org/10.3390/chemproc2025017007). С. 7-15.
2. Allasia N., Xu S., Jafri S. F. та ін. Resolving the Nanostructure of Carbon Nitride-Supported Single-Atom Catalysts. *Small*. Вип. 21, № 23. С. 240-286. DOI:[10.1002/smll.202408286](https://doi.org/10.1002/smll.202408286).
3. Massaro A., Nguyen K. G., Vogelsang Suárez D. та ін. 3D printed C₃ N₄ -based structures for photo- electro-chemical and piezoelectric applications. *Materials Chemistry Frontiers*. Вип. 9, № 18. С. 2730–2743. DOI:[10.1039/D5QM00290G](https://doi.org/10.1039/D5QM00290G).
4. Korchuganova O., Liubymova-Zinchenko O., Afonina I. та ін. Simulation of Biomass Processing into Furfural Using ChemCad. *Data-Centric Business and Applications*. ред. Andriy Semenov, Iryna Yepifanova, Jana Kajanová. Cham : Springer Nature Switzerland, 2025. С. 209–219. DOI:[10.1007/978-3-031-81557-7_12](https://doi.org/10.1007/978-3-031-81557-7_12).
5. Azizova L. R., Kulik T. V., Palianytsia B. B. та ін. The Role of Surface Complexes in Ketene Formation from Fatty Acids via Pyrolysis over Silica: from Platform Molecules to Waste Biomass. *Journal of the American Chemical Society*. Вип. 145, № 49. С. 26592–26610. DOI:[10.1021/jacs.3c06966](https://doi.org/10.1021/jacs.3c06966).
6. Graziano E., Natho P., Andresini M. та ін. 1-Oxa-2,6-Diazaspiro[3.3]heptane as a New Potential Piperazine Bioisostere – Flow-Assisted Preparation and Derivatisation by Strain-Release of

- Azabicyclo[1.1.0]butanes. *Advanced Synthesis & Catalysis*. Вип. 366, № 18. С. 3894–3902. DOI:[10.1002/adsc.202400781](https://doi.org/10.1002/adsc.202400781).
7. Bressi V., Minio F., Balu A. M. та ін. Brewing sustainability: Continuous flow Ru-supported hydrochar from bagasse beer waste for renewable N-containing chemicals via reductive amination of biomass-derived platform molecules. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*. Вип. 37, 02.2024. С. 101436. DOI:[10.1016/j.scp.2024.101436](https://doi.org/10.1016/j.scp.2024.101436).
 8. Ince M. C., Benyahia B., Vilé G. Sustainability and Techno-Economic Assessment of Batch and Flow Chemistry in Seven Industrial Pharmaceutical Processes. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*. Вип. 13, № 7. С. 2864–2874. DOI:[10.1021/acssuschemeng.4c09289](https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.4c09289).
 9. Aparicio D., Attanasi O. A., Filippone P. та ін. Straightforward Access to Pyrazines, Piperazinones, and Quinoxalines by Reactions of 1,2-Diaza-1,3-butadienes with 1,2-Diamines under Solution, Solvent-Free, or Solid-Phase Conditions. *The Journal of Organic Chemistry*. Вип. 71, № 16. С. 5897–5905. DOI:[10.1021/jo060450v](https://doi.org/10.1021/jo060450v).
 10. Teixeira R. I., Andresini M., Luisi R. та ін. Computer-Aided Retrosynthesis for Greener and Optimal Total Synthesis of a Helicase-Primase Inhibitor Active Pharmaceutical Ingredient. *JACS Au*. Вип. 4, № 11. С. 4263–4272. DOI:[10.1021/jacsau.4c00624](https://doi.org/10.1021/jacsau.4c00624).

Acknowledgments: This work has been funded by the European Union – Health and Digital Executive Agency (HADEA), project SusPharma grant agreement No 101057430. Views and opinions expressed are however those of the authors only and do not necessarily reflect those of the European Union or the Health and Digital Executive Agency. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.

СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЛІКАРЯ-АНЕСТЕЗІОЛОГА

Прудніков Д.А.

Наукові керівники – к.т.н., доц. Шумова Л.О.; д.т.н., проф. Рязанцев О.І.
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ, Україна

Вступ. Анестезіологія є однією з найбільш критичних сфер сучасної медицини, де фахівець працює в умовах перманентного дефіциту часу та екстремального когнітивного навантаження. Під час оперативного втручання лікар повинен одночасно враховувати та аналізувати десятки динамічних параметрів: гемодинаміку, оксигенацію, глибину анестезії, м'язову релаксацію. Одночасно необхідно проводити складні розрахунки дозувань сильнодіючих препаратів, де помилка у комі чи неправильне розведення може коштувати пацієнту життя.

У реальному клінічному середовищі на ці процеси накладаються фактори стресу, шуму, втоми та необхідності комунікації з хірургічною бригадою, що різко підвищує ризики «людського фактору». Статистичні дані свідчать, що помилки дозування трапляються приблизно в 1 з 130–150 анестезій. При цьому до 80% таких інцидентів є превентивними, тобто їх можна уникнути за наявності відповідних інструментів контролю. Впровадження клінічних систем підтримки прийняття рішень (СППР) розглядається як ефективна відповідь на ці виклики, дозволяючи створити бар'єр безпеки та автоматизувати рутинні процеси.

Метою роботи є дослідження методів та засобів побудови ефективної СППР для анестезіолога, яка здатна знизити ймовірність лікарських помилок та підвищити якість надання медичної допомоги. Основними завданнями є обґрунтування гібридної архітектури системи, визначення функціональних компонентів для розрахунку дозувань і прогнозування станів, а також вибір оптимального технологічного стеку для реалізації програмного продукту.

Для досягнення поставленої мети використано комплексний підхід, що включає системний аналіз предметної області, порівняльний аналіз архітектурних патернів та об'єктно-орієнтоване проєктування.

Основний зміст роботи. У ході дослідження проаналізовано наукову дискусію щодо архітектури медичних СППР. Було виокремлено два полярні підходи: детерміновані системи, що базуються на правилах, та стохастичні системи на основі машинного навчання. Прибічники першого підходу наголошують на важливості прозорості рішень та суворому дотриманні протоколів, що є критичним для сертифікації та юридичної відповідальності. Прибічники другого — на можливостях персоналізації та аналізу великих даних, що неможливо описати простими правилами «ЯКЩО-ТО».

В роботі запропоновано та обґрунтовано використання гібридної архітектури, яка поєднує переваги обох підходів. Для критичних модулів безпеки використано механізм чітких правил, а для прогностичних функцій — алгоритми машинного навчання.

В якості методології розробки обрано гнучкий підхід Agile. Це рішення зумовлене необхідністю тісної співпраці з практикуючими лікарями та ітеративного вдосконалення інтерфейсу, що є неможливим при використанні жорстких моделей типу Waterfall. Для візуального моделювання системи використано уніфіковану мову UML (діаграми прецедентів, класів, послідовностей та активності), що дозволило формалізувати вимоги та логіку взаємодії модулів.

Стислий опис. Розроблена концепція системи позиціонується не як заміна лікаря, а як інтелектуальний асистент. Структурно СППР складається з трьох основних функціональних модулів: «Калькулятор дозування», «Алгоритми екстреної допомоги» та «Інструмент прогнозування болю».

Модуль «Калькулятор дозування». Працює на базі детермінованих алгоритмів. Система автоматично розраховує дози препаратів, інфузійні швидкості, враховуючи вагу, вік та супутні патології пацієнта. Це нівелює ризик математичних помилок у стресових умовах.

Модуль «Алгоритми екстреної допомоги». У кризових ситуаціях система може надавати покрокові інструкції згідно з міжнародними протоколами (ACLS, PALS). Вона контролює час введення адреналіну та виконання етапів реанімації, не дозволяючи лікарю розгубитися.

Модуль «Інструмент прогнозування болю». Використовує методи машинного навчання для аналізу історичних даних та індивідуальних особливостей пацієнта. Це дозволяє прогнозувати рівень післяопераційного болю та оптимізувати схему анальгезії, що є завданням, яке важко формалізувати простими правилами.

Технологічна реалізація проєкту передбачає використання платформи .NET. Для клієнтської частини обрано фреймворк .NET MAUI, що дозволяє створити єдиний кросплатформний застосунок для планшетів та стаціонарних комп'ютерів в операційній. Серверна частина реалізується на ASP.NET Core Web API з використанням MS SQL Server. Ключовою особливістю є орієнтація на стандарт обміну медичними даними FHIR, що забезпечує інтероперабельність та можливість інтеграції з існуючими госпітальними системами.

Результати. Аналіз світового досвіду (США, Німеччина, Південна Корея) показав, що інтеграція СППР у клінічну практику дозволяє знизити кількість помилок при введенні ліків до 37% та покращити своєчасність введення препаратів на 60%.

У ході виконання роботи було спроектовано інформаційну систему, яка вирішує проблему «зоопарку приладів» та ізолюваності даних. Розроблена гібридна архітектура дозволяє обійти проблему «чорної скриньки» у критично важливих рішеннях: лікар завжди може перевірити, чому система рекомендує певну дозу, водночас отримуючи переваги предиктивної аналітики.

Створені UML-діаграми детально описують сценарії використання системи: від планової анестезії до роботи в ургентних станах. Зокрема, діаграми послідовностей для модуля екстреної допомоги демонструють, як система синхронізує дії команди, запускаючи таймери та нагадування. Це вирішує проблему когнітивного перевантаження, дозволяючи лікарю зосередитися на клінічному мисленні, а не на механічному відліку часу чи розрахунках.

Економічний аналіз вказує, що впровадження такої системи здатне зменшити витрати лікарні за рахунок точнішого дозування дорогих препаратів та, що важливіше, зменшення кількості ускладнень, які вимагають тривалого лікування в реанімації.

Висновки, перспективи для подальших робіт. Розроблена модель СППР для анестезіолога є актуальним інструментом підвищення безпеки пацієнтів. Використання гібридної архітектури є оптимальним компромісом між надійністю та інноваційністю, забезпечуючи як виконання жорстких медичних протоколів, так і персоналізований підхід до пацієнта.

Запропоноване рішення безпосередньо впливає на зниження рівня професійного вигорання медичного персоналу, оскільки знімає частину рутинного навантаження та зменшує стрес від відповідальності за математичні розрахунки. Подальший розвиток системи вбачається у

поглибленні можливостей ML-модуля для прогнозування гемодинамічних кризів та розширенні інтеграції з моніторинговим обладнанням через протоколи IoT.

Summary

The thesis presents the design of a clinical decision support system (CDSS) for anesthesiologists utilizing a hybrid architecture. The proposed system combines a deterministic rule-based core for dosage calculation and emergency protocols with a machine learning component for pain prediction. Implemented using .NET MAUI, the CDSS acts as a digital assistant to reduce medication errors and cognitive load in the operating room.

ОЦІНКА ЕМОЦІЙНИХ ПАТЕРНІВ ЕЕГ З ВИКОРИСТАННЯМ КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ ІНТЕГРАЛЬНОЇ ДИСТАНЦІЇ

Голобородько В.С.

Науковий керівник - д.т.н., проф. Лифар В.О.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ, Україна

Вступ. Стрімкий розвиток систем штучного інтелекту актуалізує необхідність створення об'єктивних технічних засобів для класифікації різних проявів інтелектуальної діяльності людини, зокрема емоцій. Основна проблема ідентифікації емоційних станів полягає в тому, що емоційна картина не є детермінованою і має характер нечіткої логіки, оскільки поняття "позитивного" чи "негативного сприйняття" не мають чітких меж. Додатковою складністю є не стаціонарність досліджуваних станів.

Метою роботи є подолання проблем класифікації емоційного стану за допомогою ЕЕГ.

Стислий опис ідеї. Для цього була розроблена класифікаційна модель, що базується на порівняльному кластерному аналізі та вимагає переходу від динамічних показників ЕЕГ до стаціонарних інтегральних категорій. Експеримент проводився за допомогою 24-канального енцефалографа та в програмному середовищі Mathcad. Записи виконувалися у стані спокою піддослідних, без зовнішніх подразників та рухів. Для емоційних стимулів використовувалися зображення, які піддослідний бачив вперше.

Для кожного емоційного стану, позитивного та негативного, було зареєстровано по 60 енцефалограм тривалістю 4 секунди кожна. Ці дані були розділені на дві групи:

1. Опорні кластери були розділені на 3 кластери по 20 записів у кожному. Для забезпечення варіативності даних та уникнення артефактів, пов'язаних з одним сеансом, кожна нова серія з 20 записів реєструвалася після повторного монтажу ЕЕГ-шапки.
2. Окремо було записано 2 порівняльні кластери - один позитивний та один негативний, по 20 записів у кожному. Ця вибірка використовувалася виключно для перевірки точності розробленої моделі.

Для аналізу використовувалися вихідні статистичні дані, а саме таблиці амплітуд. Ці таблиці містять дані про електричну активність мозку в часовій динаміці відповідно до схеми відведень.

На рисунку 1 представлені теплові карти, що візуалізують отримані кластери.

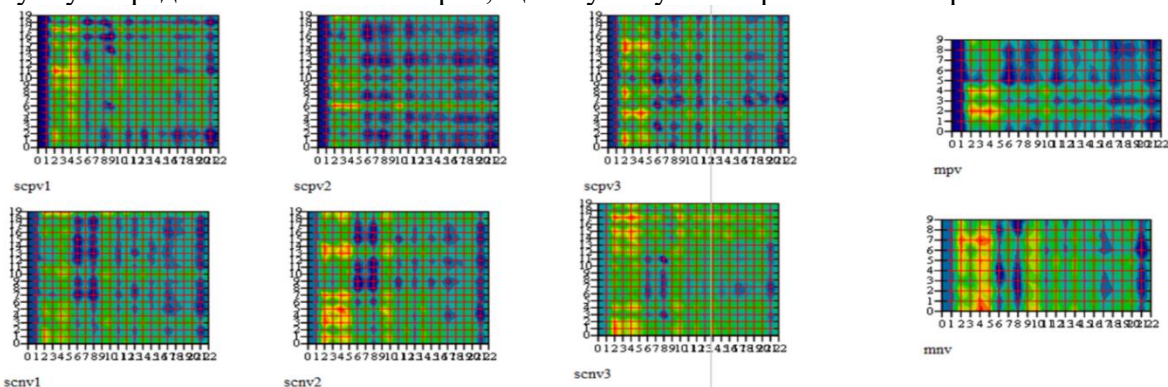


Рисунок 1 - Теплові карти спектральної потужності для опорних та порівняльних кластерів

Скорочення scr_v та scn_v з номером від 1-3 позначають опорні позитивні та негативні кластери відповідно, тоді як tr_v та mn_v використовуються для тестових позитивного та негативного кластерів.

Класифікація неперервної функції зміни амплітуди електромагнітних коливань ЕЕГ у часі можлива лише шляхом представлення її як інтегрального показника, який враховує історичну характеристику зміни амплітуди у сумарному значенні. На першому етапі проводиться підготовка даних, де встановлюються показники початку bt - 1000 мс та кінця end 3000 мс діапазону часу апроксимації, а також коефіцієнт розрідження kr - 50. Алгоритм апроксимації $SR(A)$ з програмного середовища Mathcad (рис. 2) використовує kr для встановлення кроку по часу, який менший за вихідну функцію.

```

SR(a) :=
  ij ← 0
  retij,0 ← bt + dt05
  while retij,0 < end - dt05·2
    retij,0 + dt05
    
$$\sum_{r = ret_{ij,0} - dt05}^{ret_{ij,0} + dt05} (a)_r$$

    retij,1 ←  $\frac{\sum_{r = ret_{ij,0} - dt05}^{ret_{ij,0} + dt05} (a)_r}{dt05 \cdot 2}$ 
    ij ← ij + 1
    retij,0 ← retij-1,0 + dt05·2
  ret
    
```

Рисунок 2 - Алгоритм апроксимації

Цей процес дозволяє фільтрувати високочастотні шумові показники, зберігаючи загальний інтегральний показник, усереднений за крок по часу, що очищає дані від небажаних шумів без видалення низькочастотного корисного сигналу.

Інтегральний показник $intsr(A)$ усередненої сигнатури $SR(A)$ визначається методом (рис. 3).

$$intsr(a) := (2 \cdot dt05) \cdot \left[\sum_{i1=0}^{rows(SR(a))-1} \left[\left[(SR(a))^{\langle 1 \rangle} \right]_{i1} \right] \right]$$

$$dt05 := \text{floor} \left(\frac{\text{floor} \left(\frac{end - bt}{kr} \right)}{2} \right)$$

Рисунок 3 - Алгоритм апроксимації

Отримані множини інтегральних показників використовуються для подальшого кластерного аналізу.

Метод інтегральної дистанції (S1) забезпечує визначення приналежності досліджуваної сигнатури до найближчого опорного кластера, негативного чи позитивного.

Класифікація проводиться шляхом обчислення повної інтегральної ейлерової дистанції $Dist(A,B)$ між множиною інтегральних показників досліджуваної ЕЕГ (сигнатури m1) та множинами інтегральних показників опорних кластерів. Розрахунок ейлерової дистанції виконується за формулою:

$$Dist(A,B) = \sqrt{\sum_{k=0}^{22} (A_k - B_k)^2} \quad (1)$$

Де k — індекс контрольованого відведення (від 2 до 22)

Досліджувана ЕЕГ класифікується як така, що належить до класу того емоційного стану, повна інтегральна дистанція до якого є мінімальною.

Результати класифікації електроенцефалограм за допомогою методу інтегральної дистанції (S1) зображені на рисунку 4.

	0	1
0	$5.70628 \cdot 10^5$	3
1	$6.80198 \cdot 10^5$	3
2	$1.54651 \cdot 10^6$	1
3	$5.67766 \cdot 10^5$	3
4	$1.21915 \cdot 10^6$	1
5	$6.28674 \cdot 10^5$	3
6	$5.49648 \cdot 10^5$	3
7	$5.88647 \cdot 10^5$	1
8	$5.14089 \cdot 10^5$	3
9	$7.1053 \cdot 10^5$	1

AAA =

Рисунок 4 - Результат класифікації

Результати методу S1: у нульовій колонці S1 наводиться мінімальна інтегральна дистанція, а в першій колонці - номер кластера та його приналежність (мінус - негатив, плюс - позитив).

Висновки. Ключовим результатом дослідження стало встановлення оптимальних меж інтегрування, необхідних для досягнення високої достовірності, оскільки на початку запису ЕЕГ виникає сильний артефакт.

Інтегрування, що починається з 0 мс, включає артефакт, викликаний зорово-руховою реакцією, який вносить високий шум і маскує корисний сигнал, що призводить лише до 50–60% достовірності.

Для досягнення максимальної достовірності необхідно відрізати першу секунду (1000 мс) ЕЕГ, щоб виключити вплив артефакту.

При встановленні початку інтегрування $bt=1000$ мс і кінця $end=3000$ мс, модель показує 100% достовірності класифікації як позитивних, так і негативних емоційних станів.

Зменшення діапазону інтегрування (наприклад, зсув end ближче до bt) призводить до зниження надійності класифікації, оскільки відносний вплив шуму на інтегральний показник зростає порівняно з впливом корисного сигналу.

Запропонований метод кластерного аналізу інтегральної дистанції довів свою високу ефективність для класифікації емоційних патернів ЕЕГ за умови коректного вибору часового вікна аналізу, що виключає початкові артефакти. Зібрані дані також свідчать про потенційну можливість розпізнавання особливостей абстрактного мислення. Подальші дослідження будуть зосереджені на покращенні методу та розробці відповідної нейронної мережі.

Summary

This work addresses the problem of classifying human emotional states using EEG signals, considering their non-deterministic and non-stationary nature. A classification model based on comparative cluster analysis and integral distance metrics is proposed, enabling the transformation of dynamic EEG signals into stationary integral features. Experiments were conducted using a 24-channel EEG system, with data recorded under controlled conditions for positive and negative emotional stimuli. An integral approximation method was applied to suppress high-frequency noise while preserving meaningful low-frequency components. Classification was performed using the Euler integral distance to reference clusters. The results demonstrate that excluding the first second of EEG data significantly improves accuracy by eliminating stimulus-related artifacts. With an integration window from 1000 ms to 3000 ms, the proposed method achieved 100% classification accuracy for both positive and negative emotional states. The approach proves effective for EEG-based emotion recognition and shows potential for further application in analyzing abstract cognitive processes.

Використані джерела

1. Zheng, W. L., Zhu, J. Y. & Lu, B. L. Identifying stable patterns over time for emotion recognition from eeg. *IEEE Trans. Affect. Comput.* 10, 417–429 (2019). <https://doi.org/10.1109/TAFFC.2017.2712143>
2. M. R. Islam et al., "Emotion Recognition From EEG Signal Focusing on Deep Learning and Shallow Learning Techniques," in *IEEE Access*, vol. 9, pp. 94601-94624, 2021, <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3091487>
3. Ismael, A.M., Alçin, Ö.F., Abdalla, K.H. et al. Two-stepped majority voting for efficient EEG-based emotion classification. *Brain Inf.* 7, 9 (2020). <https://doi.org/10.1186/s40708-020-00111-3>
4. Pillalamarri, R., Shanmugam, U. A review on EEG-based multimodal learning for emotion recognition. *Artif Intell Rev* 58, 131 (2025). <https://doi.org/10.1007/s10462-025-11126-9>

МЕТОДИ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ФАЗИ СНУ ТА ОПТИМАЛЬНОГО МОМЕНТУ ПРОБУДЖЕННЯ

Сурженко В.О.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Шумова Л.О.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ, Україна

Вступ. Сучасний темп життя часто призводить до хронічного недосипання та зміщення природних біоритмів, що зрештою негативно позначається як на фізичному здоров'ї, так і на психоемоційному стані людини. За оцінками ВООЗ, понад третина дорослого населення світу стикається з різними порушеннями сну. Один із підходів до покращення його якості полягає у пробудженні в найбільш сприятливу фазу – так званому використанні «розумного будильника», який не перериває глибокі стадії сну.

Методи глибокого навчання дають змогу з високою точністю аналізувати біосигнали, такі як рухи тіла, частота серцевих скорочень чи дихання, і в реальному часі прогнозувати фазу сну. Це відкриває можливості для створення персоналізованих та значно ефективніших систем моніторингу, здатних адаптуватися до індивідуальних особливостей користувача.

Мета проєкту – розробити інтелектуальну систему, яка аналізує фізіологічні сигнали за допомогою методів глибокого навчання, щоб визначати фазу сну та обирати оптимальний момент для пробудження користувача. Такий підхід має на меті підвищити якість сну та загальний рівень відновлення організму.

Стислий опис запропонованої ідеї. Проєкт передбачає створення мобільного застосунку для носимого пристрою (браслета або смарт-годинника), який у реальному часі збирає дані про серцевий ритм (PPI), рухи тіла (акселерометр), дихання. Отримані сигнали обробляються за допомогою глибоких нейронних мереж типу CNN-LSTM для визначення фаз сну: легкого, глибокого та REM. На основі цих даних алгоритм обирає найбільш оптимальний інтервал пробудження в межах 10–15 хвилин, що дозволяє забезпечити м'який і природний перехід від сну до активності.

Проблема, яку вирішує проєкт. Більшість сучасних будильників і фітнес-трекерів покладаються на прості евристичні алгоритми, які не враховують індивідуальні особливості біоритмів. У результаті пробудження нерідко припадає на фазу глибокого сну, що спричиняє втому, дратівливість та зниження когнітивної продуктивності. Запропонований проєкт покликаний розв'язати цю проблему за допомогою адаптивних моделей глибокого навчання, які здатні навчатися на персональних даних користувача й точніше визначати оптимальний момент для пробудження.

Потенційні користувачі і цільовий ринок проєкту:

- люди, які піклуються про своє здоров'я та якість відпочинку;
- працівники зі змінним графіком та підвищеним рівнем стресу;
- корпоративні програми добробуту (well-being);
- виробники фітнес-трекерів і мобільних застосунків для сну.

Цільовий ринок – сегмент wellness-технологій (SleepTech), який щорічно зростає на понад 15% і оцінюється у понад 40 млрд доларів на 2025 рік.

Основні конкуренти. Зарубіжні: Fitbit Sleep Score, Apple Sleep Analysis, Oura Ring, Sleep Cycle App.

Вітчизняні: BetterMe Sleep, Mi Fit (локалізована версія).

Конкуренти фокусуються переважно на аналізі базових метрик і менш адаптивних до індивідуального профілю користувача.

Переваги пропонованого рішення:

- використання багатоканальних даних (серцевий ритм, рух, дихання);
- самонавчальний алгоритм, який адаптується до кожного користувача;
- підтримка хмарної аналітики та персональних рекомендацій щодо поліпшення сну;
- висока точність класифікації фаз.

Використані технології:

- архітектури глибокого навчання: CNN, LSTM, Transformer;
- інструменти: TensorFlow, PyTorch, Python, AWS/Azure Cloud;
- пристрої збору даних;
- алгоритми оптимізації: Adam, RMSProp;
- методи обробки сигналів: спектральний аналіз, фільтрація, нормалізація часових рядів.

Поточний етап. На поточному етапі реалізовано аналітичну частину проєкту: зібрано та підготовлено відкритий датасет фізіологічних сигналів для навчання моделі. Проведено попередню обробку даних - фільтрацію шумів, усунення пропусків, нормалізацію часових рядів і сегментацію сесій сну. Створено базову архітектуру нейронної мережі CNN-LSTM, яку навчено на цьому датасеті для класифікації фаз сну. Отримана модель демонструє стабільну точність у визначенні легкого, глибокого та REM-сну на тестових даних, що створює основу для інтеграції в мобільний застосунок.

Перспективи розвитку. Розробка робочого прототипу застосунку, який у реальному часі збиратиме дані безпосередньо з носимого пристрою користувача (браслета або смарт-годинника). Спочатку система працюватиме з базовими параметрами, отриманими під час попереднього навчання, а в міру накопичення даних з конкретного пристрою - поступово адаптуватиметься до індивідуального профілю сну користувача. Для цього застосовується механізм динамічного оновлення вагових коефіцієнтів моделі, що забезпечує гібридне навчання: частина обчислень виконується локально на пристрої, а персоналізовані параметри синхронізуються з хмарною базою. Такий підхід дозволяє урахувати стиль життя, рівень фізичної активності, графік роботи та навіть сезонні зміни добових ритмів. Зрештою, система зможе не лише точніше визначати фази сну, а й прогнозувати оптимальні інтервали для пробудження в межах 10–15 хвилин, адаптовані до фізіологічного стану конкретної людини.

Висновки. Запропонована стартап-ідея реалізує інноваційний підхід до персоналізованого аналізу фаз сну, поєднуючи можливості глибоких нейронних мереж та інтелектуального планування пробудження. Подальший розвиток проєкту може охоплювати розширення функціоналу: моніторинг рівня стресу, оцінку відновлення після фізичних навантажень та формування індивідуальних рекомендацій щодо оптимізації режиму сну. У довгостроковій

перспективі технологію можна інтегрувати у сферу медицини сну (сомнології), а також поєднати з цифровими асистентами для створення повноцінної екосистеми здорового сну.

Summary

The project introduces an AI-driven system that applies deep learning methods (CNN-LSTM) to analyze physiological signals and accurately determine sleep phases in order to optimize the moment of awakening. This approach aims to improve sleep quality and overall well-being through adaptive, data-driven modeling. The intended users include health-conscious individuals as well as companies developing wellness technologies. The system integrates real-time signal processing, a mobile application, and wearable sensors to enable intelligent and personalized sleep monitoring.

МЕТОДИ ПОПЕРЕДНЬОЇ ОБРОБКИ ВЕЛИКОМАСШТАБНИХ ГЕНОМНИХ ДАНИХ ДЛЯ МОДЕЛЕЙ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ У ЗАДАЧАХ ПРОГНОЗУВАННЯ ФЕНОТИПІВ

Таболін О.А.¹

Наукові керівники – к.т.н., доц. Шумова Л.О.¹; к.т.н., доц. Білобородова Т.О.²

¹Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ, Україна

²Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, Київ, Україна

Вступ. Ми живемо на зорі революції персоналізованої медицини. Суспільство та системи охорони здоров'я вимагають більш точних методів діагностики, профілактики та лікування, що враховують індивідуальні генетичні особливості кожної людини. Сучасна епоха біомедичних досліджень характеризується безпрецедентним зростанням обсягів геномних даних, що стало можливим завдяки розвитку технологій високопродуктивного секвенування нового покоління (NGS). Це відкриває величезні перспективи, зокрема для фенотипового прогнозування – передбачення фізичних, біохімічних або поведінкових ознак на основі генетичної інформації. Здатність передбачити за геномом схильність до певних захворювань, реакцію на ліки або складні полігенні ознаки, є фундаментальним завданням, що може кардинально змінити якість життя.

Однак накопичення даних саме по собі не дорівнює знанням. «Великі дані» в геноміці породили фундаментальну проблему в їх інтерпретації. На шляху до надійного фенотипового прогнозування перебувають декілька основних перешкод. По-перше, складність передобробки сирих даних з секвенаторів (формат FASTQ), які повинні пройти багатоетапний, обчислювально інтенсивний процес контролю якості (QC), вирівнювання (наприклад, BWA) та пошуку варіантів (Variant Calling), що вимагає глибокої експертизи в біоінформатиці. По-друге, оскільки геном містить мільйони варіацій (SNP), ефективне кодування цієї великорозмірної інформації у тензори є нетривіальним завданням. Водночас, фундаментальною проблемою є критичний дефіцит даних. Хоча моделі глибокого навчання демонструють виняткову здатність до виявлення прихованих патернів, дана здатність напряду залежить від повноти навчальної вибірки. У геноміці дефіцит має специфічний характер, який полягає у розриві між кількістю генотипів та якістю фенотипів. В реальності, отримати набори даних, що містять одночасно повні геноми та детально описані фенотипи для десятків тисяч індивідів, вкрай складно. Особливо гостро проблема проявляється при вивченні рідкісних захворювань, де кількість пацієнтів за визначенням є вкрай малою і не може задовольнити потребу сучасних нейронних мереж. Тому розробка комплексних рішень, що поєднують автоматизовану обробку геномних послідовностей із алгоритмами симуляції спадковості та синтезу фенотипів людини для подолання дефіциту даних є актуальними задачами й обрана тематика потребує глибокого дослідження.

Метою роботи є побудова ефективної моделі глибокого навчання для прогнозування фенотипів на основі комплексного підходу автоматизації передобробки великомасштабних геномних даних із використанням алгоритмів симуляції спадковості та синтезу фенотипів.

Стислий опис ідеї. Дослідження пропонує комплексне вирішення проблеми прогнозування фізичних ознак (фенотипів) дитини на основі генетичної інформації батьків. Головна ідея полягає у створенні автоматизованої системи, яка поєднує класичні методи біоінформатики з технологіями глибокого навчання.

Суть підходу полягає у подоланні критичних проблем – технічної складності обробки масивів сирих біологічних послідовностей та нестачі якісних розмічених даних для навчання штучного інтелекту. Замість того, щоб покладатися виключно на обмежені реальні вибірки, система використовує наявні генотипи для створення «синтетичних» родин. Вона імітує біологічні процеси спадковості, генеруючи тисячі варіантів віртуальних нащадків. Це дозволяє отримати достатній обсяг даних для тренування нейромережі.

Основними завданнями дослідження є:

- реалізація автоматизованої системи, для вирішення проблеми складності обробки даних;
- розробка модуля симуляції та синтезу;
- адаптація отриманих даних для майбутнього навчання нейронних мереж.

Технології, що використовуються для реалізації проєкту. Згідно поставленого завдання, прийнято рішення використовувати інтегрований стек технологій, де мова програмування Python виступає фундаментом розробки, на якому реалізовано алгоритми синтезу геномних даних та навчання і корегування моделі глибокого навчання.

Початкова обробка сирих даних біологічних послідовностей (FASTQ), фільтрація, контроль якості виконується за допомогою бібліотеки BioPython та програмного забезпечення FastQC. Ключові етапи аналізу біологічних даних, такі як вирівнювання послідовностей (створення BAM-файлів) та пошук генетичних варіантів (створення VCF-файлів), покладаються на стандартизовані індустріальні інструменти: BWA та GATK.

Важливим процесом є симуляція штучних генотипів родини та синтез фенотипів дитини. Основний етап симуляції родини реалізовано на базі алгоритму, розробленого мовою Python з використанням бібліотеки NumPy для векторизованих обчислень. На відміну від використання готових рішень, власний алгоритм дозволяє безпосередньо моделювати менделівське успадкування для конкретних родин. Для прискорення первинної обробки та отримання великих вхідних файлів замість повільної бібліотеки PyVCF застосовано високопродуктивні інструменти svvcsf2, pysam.

Передбачено метод векторизації SNP варіантів реалізувати за допомогою проміжного алгоритму. Для створення тензорів, проєктування, навчання та валідації моделі глибокого навчання використано потужний низькорівневий фреймворк TensorFlow в поєднанні з високорівневим – Keras.

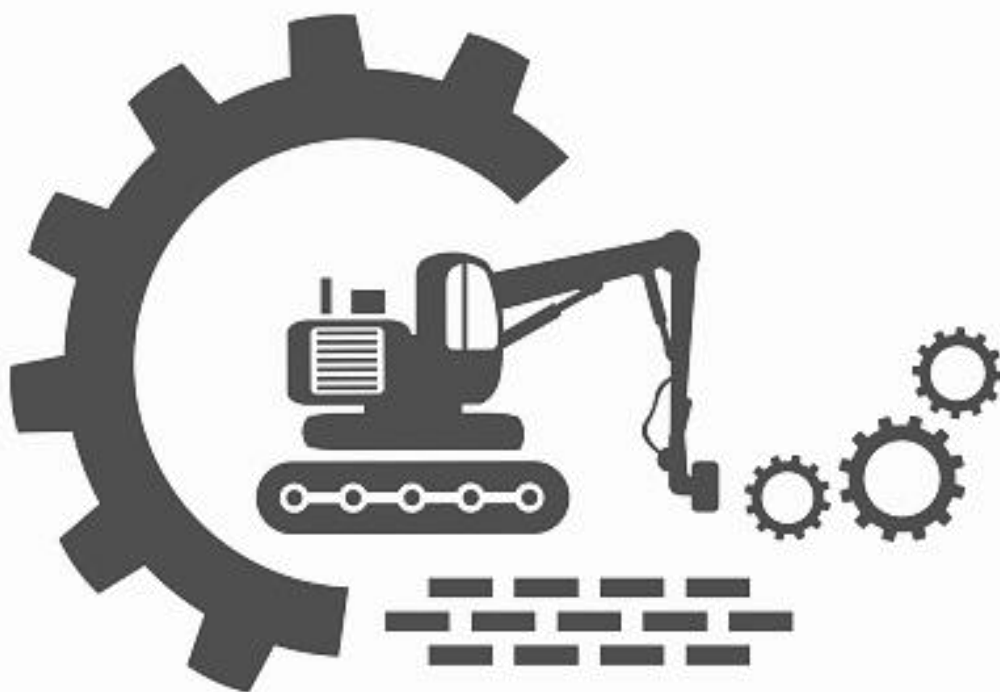
Висновки. Поєднання біоінформатики та глибокого навчання дає змогу ефективно прогнозувати успадковані ознаки дитини. Запропонована система долає ключові труднощі, що пов'язані з обробкою великих обсягів біологічних даних і нестачею розмічених вибірок. Використання синтетично згенерованих сімей дозволяє отримати достатню кількість прикладів для навчання моделей, не обмежуючись реальною кількістю доступних генотипів. У результаті підхід створює основу для побудови сучасних інструментів прогнозування фенотипів, які можуть працювати точніше, швидше та з меншими обчислювальними витратами.

Summary

The study presents a comprehensive automated software pipeline for solving the problem of phenotypic prediction using deep learning. It systematically addresses the main key problems of

modern genomics: the high complexity of preprocessing raw data and their critical shortage. The software complex was developed using the Python programming language in combination with BWA and GATK software, which automates the complete cycle of data conversion from FASTQ files to VCF variants. The main feature is an integrated data synthesis module that generates new, biologically plausible family genomes for deep learning training samples. The consolidated dataset is vectorized into tensors, allowing reliable deep learning models to be trained using the low-level TensorFlow framework in combination with the high-level Keras framework for accurate phenotype prediction.

РОЗРОБКИ ДЛЯ АГРО-ПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ



ІНФОРМАЦІЙНА ПІДСИСТЕМА ДІАГНОСТИКИ СТАНУ ВУЛИКА НА БАЗІ АДАПТИВНОЇ НЕЙРО- НЕЧІТКОЇ СИСТЕМИ ВИВЕДЕННЯ

Сотніков Д.О.; Дубовський О.Р.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Сотнікова Т.Г.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ, Україна

Вступ. Діагностичні методи на базі нечіткої логіки (Fuzzy Logic) використовуються для роботи з невизначеними, неточними або розмитими даними, що часто трапляються в різних галузях діагностики. Особливо ефективні ці методи в сферах, де важливі суб'єктивні оцінки та багатофакторний аналіз. Саме до таких категорій відноситься інформаційна система автоматизованого керування промисловою пасікою [1]. В цій системі для оцінки загального технічного та екологічного стану об'єкта (промислової пасіки) використовується блок аналізу даних та прийняття рішень за сукупністю комбінованих даних, як чітких так і часткових нечітких параметрів.

Метою даною роботи є аналіз різних методів нечіткої логіки для досягнення найбільшої ефективності системи автоматизованого керування промисловою пасікою.

Метод. Для формування підсистеми діагностики стану вулика вищезазначеного блоку використовуються методи моделювання і порівняння різних нечітких систем.

Стислий опис. Відомо, що методи на базі нечіткої логіки дозволяють формалізувати людські знання та експертні оцінки у вигляді правил, а також оперувати лінгвістичними змінними (наприклад, "температура висока", "вологість низька"), де ступінь істинності може бути будь-яким значенням між 0 (абсолютна неправда) і 1 (абсолютна істина), а не лише 0 або 1, як у класичній логіці.

Система нечіткої логіки для діагностики зазвичай включає чотири основні компоненти, і відмінності в них визначають конкретні методи. Порівняємо найбільш розповсюджені системи для задач діагностики стану вулика та стану бджолої сім'ї.

По-перше, розглянемо Нечіткі Експертні Системи (Fuzzy Expert Systems), які імітують процес прийняття рішень експертом. Вони включають декілька етапів:

- Фазифікація (Fuzzification) - перетворення чітких вхідних даних (наприклад, показники датчиків: -10.5°C) у нечіткі множини (наприклад, "Низька температура" зі ступенем приналежності 0.7).

- База Правил (Rule Base) - набір продукційних правил типу ЯКЩО (умова нечіткими змінними) ТОДІ (діагностичне рішення чи дія). Наприклад: ЯКЩО Температура НИЗЬКА І Запаси меду у вулику НИЗЬКІ, ТОДІ Ймовірна загибель бджіл ВИСОКА.

- Механізм Нечіткого Виведення (Inference Engine) - обробка фазифікованих даних за допомогою правил бази. Для виведення можна використовувати алгоритм Мамдані, коли вихід також є лінгвістичною змінною або алгоритм Такагі-Сугено, який краще підходить для систем керування, коли потрібна кількісна оцінка.

– Дефазифікація (Defuzzification): перетворення нечіткого результату виведення назад у чітке, зрозуміле для користувача діагностичне рішення чи оцінку (наприклад, "Ймовірність загибелі бджіл: 85%").

Для задач керування промисловою пасікою пропонується використовувати наступну базу правил [1]:

ЯКЩО (Сила сім'ї є слабка) І (Медові запаси є мало), ТО (Потреба у підгодівлі є висока).

ЯКЩО (Кількість розплоду є висока) І (Температура є сприятлива), ТО (Ризик роїння є значний).

ЯКЩО (Зараженість кліщем є висока) І (Активність бджіл є низька), ТО (Потреба в лікуванні є термінова).

високий).

ЯКЩО (Терміновість завдань є висока) І (Доступність персоналу є низька), ТО (Розглянути найм тимчасового персоналу є доцільно).

ЯКЩО (Відстань до полів є близько) І (Тип культури є ріпак) І (Наявність інформації є немає), ТО (Ризик отруєння є дуже високий).

ЯКЩО (Вітер є сильний) І (Наявність інформації є часткова), ТО (Рекомендована дія є закрити льотки або вивезти вулики).

Очевидно, що частина цих правил потребує вимірюваної інформації. Тож можна сформувати вектор симптомів у змішаному вигляді. Для цього можна використовувати інший другий підхід. Для діагностики стану вулика та стану бджолоїної сім'ї можна також використовувати схеми діагностичного виведення, які використовують для діагностики проблемних ситуацій (несправностей). У такому випадку будемо паралельно або послідовно порівнювати вектор нечітких діагностичних ознак (симптомів) з векторами "сигнатур" (профілів) відомих несправностей або проблемних станів.

Проте, найбільш перспективними можуть бути гібридні методи, які комбінують Нечітку логіку з іншими методами штучного інтелекту. Так адаптивні Нейро-Нечіткі Системи Виведення (ANFIS - Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems) поєднують нечітку логіку та нейронні мережі. Нейронна мережа використовується для автоматичного навчання та оптимізації параметрів нечіткої системи (функцій приналежності та правил), що робить діагностичну модель більш точною. Це є особливо актуальним для таких змішаних за своєю природою систем як промислова пасіка.

Ефективність ANFIS полягає в їхній здатності поєднувати найкращі якості двох потужних парадигм штучного інтелекту: з одного боку - Нечіткої логіки (Fuzzy Logic), що забезпечує прозорість та здатність працювати з невизначеністю і експерними даними щодо стану бджіл та вуликів, а з другого - Нейронних мереж (Neural Networks), які надають здатність до навчання та автоматичну адаптацію до даних.

Ця синергія дозволяє створювати моделі, які є одночасно високоточними, здатними до самоналаштування і, на відміну від "чорних скриньок" нейронних мереж, інтерпретованими. Найважливіша перевага полягає у використанні навчальних алгоритмів нейронних мереж для автоматичного налаштування параметрів нечіткої системи. Нейронна мережа ітеративно коригує форму (наприклад, центр, ширину) функцій приналежності, щоб вони найкраще відображали взаємозв'язок між вхідними даними та вихідним результатом. Крім того, відбувається налаштування коефіцієнтів правил, мережа навчає ваги та коефіцієнти в консеквентах (частина "ТОДІ") нечітких правил, підвищуючи точність виведення.

На відміну від статичних нечітких систем, де всі параметри повинні бути визначені експертом, ANFIS вимагає лише початкової структуризації, а точне налаштування виконується на основі навчальних даних.

До переваг зазначеного методу можна також віднести те, що він ефективно знаходить приховані закономірності у великих наборах діагностичних даних, і при цьому легко інтерпретується, бо базується на правилах "ЯКЩО-ТОДІ" нечіткої логіки.

Результати. За результатами порівняльного аналізу можна зробити висновок, що для ефективного автоматизованого керування пасікою найбільш доцільним є використання в інформаційній системі методу ANFIS, зважаючи на його здатність ефективно працювати з неточними та неповними вхідними даними, що є типовим для діагностики (наприклад, хвороб бджолиної сім'ї), і в той же час бути інструментом для автоматизованого керування.

Summary

The comparative analysis concludes that the ANFIS method is the most appropriate for the information system's effective automated apiary control. ANFIS is highly recommended due to its synergistic efficiency, allowing for the automatic adjustment of fuzzy system parameters based on training data, which is crucial for systems dealing with the inherent imprecision and incompleteness of bee colony and hive state data.

Використані джерела

1. Сотніков Д.О., Дубовський О.Р. РОЗРОБКА КОМПЛЕКСНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПАСІКОЮ. Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. 2025. вип. 7 : Технічні науки. С. 67–75.

КОМПЛЕКСНА АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ПАСІЧНИМ ГОСПОДАРСТВОМ

Сотніков Д.О.

Науковий керівник - к.т.н., доц. Сотнікова Т.Г.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ, Україна

Вступ. Сучасні пасічні господарства стикаються з низкою викликів, пов'язаних зі зміною клімату, сезонною варіативністю нектаропродуктивності, захворюваннями бджіл і потребою оперативного моніторингу стану вуликів. Використання цифрових технологій дозволяє значно підвищити ефективність бджільництва, забезпечити точний контроль ключових параметрів та оптимізувати виробничі процеси.

Мета. Розробити комплексну автоматизовану систему управління пасічним господарством на основі цифрових сенсорних технологій, аналітичних ІТ-моделей та інтелектуальних алгоритмів прогнозування продуктивності бджолиних сімей.

Стислий опис запропонованої ідеї. Запропонована система поєднує мережу IoT-сенсорів (температура, вологість, маса вулика, звуковий спектр), модуль аналітики великих даних та AI-моделі класифікації стану бджолиної сім'ї. Система забезпечує безперервний моніторинг, автоматичне виявлення відхилень від нормального функціонування та рекомендації щодо догляду в режимі реального часу. У складі системи передбачено мобільний застосунок для пасічника та хмарний сервер для обробки даних.

Проблема, яку вирішує проєкт. Пасічники зазвичай покладаються на ручні огляди, що призводить до запізненого виявлення проблем: роєвий стан, ізоляція матки, хвороби, перегрів або охолодження гнізда. Автоматизована система мінімізує людський фактор, забезпечує безперервний контроль та своєчасне реагування на загрози, зменшуючи втрати та підвищуючи продуктивність медозбору.

Потенційні користувачі і цільовий ринок:

- Приватні та фермерські пасіки.
- Аграрні підприємства з промисловим бджільництвом.
- Організації, що займаються цифровізацією агросектору (AgroTech, SmartFarming).
- Постачальники обладнання для моніторингу тепличних та аграрних систем.

Переваги запропонованого рішення:

1. Безперервний моніторинг і раннє виявлення критичних станів бджолиної сім'ї.
2. AI-прогнозування рівня медопродуктивності та можливості роїння.
3. Оптимізація трудових витрат пасічника та зменшення втрат.
4. Інтеграція з мобільними системами керування та хмарними платформами.
5. Можливість створення цифрового двійника пасічного господарства.

Технології реалізації:

- IoT-сенсори для збору даних (температура, вологість, вагові датчики, мікрофони).
- Моделі машинного навчання (класифікація станів, прогноз сезонної динаміки).

- Python / MATLAB для обробки сигналів та побудови моделей.
- Хмарна інфраструктура та мобільні додатки (Android / iOS).
- Інтеграція з веб-панеллю управління через MQTT або OPC UA.

Висновки та перспективи для подальших робіт. Розроблена комплексна автоматизована система дозволяє значно підвищити результативність та безпеку пасічного господарства, забезпечуючи своєчасне виявлення проблем та оптимізацію виробничих процесів. Подальші дослідження передбачають створення повноцінного цифрового двійника пасіки, інтеграцію з даними про клімат та медоносну базу, а також розробку адаптивних алгоритмів керування.

Summary

A comprehensive automated beekeeping management system based on IoT sensors and AI data analysis is proposed. The system enables real-time monitoring, early detection of hive anomalies, and productivity forecasting, supporting the development of a digital twin for modern apiaries.

Використані джерела

1. Zacepins, A., et al. "Application of information technologies in precision beekeeping." Biosystems Engineering, 2015.
2. Bencsik, M., et al. "Identification of the honeybee swarming process by analysing the acoustic environment of the hive." Computers and Electronics in Agriculture, 2018.

РОЗРОБКИ ДЛЯ ПРОМИСЛОВОСТІ



МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ КЕРУВАННЯ КАМЕРНИМ ФІЛЬТР- ПРЕСОМ У ВИРОБНИЦТВІ СОКІВ

Канєв В.О.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Лорія М.Г.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ, Україна

Вступ. У виробництві соків процес фільтрації визначає ключові показники якості кінцевого продукту — прозорість, ароматичну чистоту та стійкість до помутніння. Камерні фільтр-преси не є апаратами фінішної поліруючої фільтрації, однак забезпечують значне відділення твердих частинок м'язги і можуть давати виражений ефект попереднього освітлення порівняно з іншими методами відділення рідкої фази. Несталість гідравлічного опору та нерівномірний характер циклу фільтрації створюють потребу у впровадженні адаптивних систем автоматизації, здатних підтримувати стабільні умови роботи та компенсувати технологічні збурення.

Метою роботи є підвищення ефективності процесу фільтрації за рахунок автоматизованої системи керування та параметричної оптимізації роботи фільтр-пресу.

Стислий опис ідеї.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

- провести аналіз існуючих систем фільтрації, конструкцій камерних фільтр-пресів та особливостей їх циклічної роботи;
- визначити критичні технологічні параметри процесу (тиск, швидкість подачі, в'язкість сировини та ін.);
- сформувати концептуальну схему автоматизованого керування із застосуванням закону PID у контурі стабілізації тиску;
- сформувати інформаційно-логічну схему процесу з урахуванням збурюючих впливів;
- побудувати попередню математичну модель фільтрації та визначити критерії оптимізації закону регулювання.

Технології та інструменти реалізації. У пропонованому підході передбачається, що контроль тиску, рівня заповнення та стану насосного вузла здійснюватиметься за допомогою вимірювальних перетворювачів, інтегрованих до програмованого логічного контролера. Закон PID застосовуватиметься на тих етапах, де необхідно забезпечити плавну стабілізацію тиску; інші стадії циклу (заповнення, пресування, продування, розтискання) реалізовуватимуться засобами логічного керування. Планується використання методів параметричної оптимізації, зокрема методу відгукових поверхонь (Response Surface Methodology), що дає змогу мінімізувати перерегулювання та підвищити швидкодію системи, дозволяє врахувати нелінійність процесу і взаємозалежність технологічних параметрів.

Математичне моделювання передбачається виконувати у середовищі MATLAB із використанням моделей інерційних ланок другого порядку та часових запізнень, що є прийнятною апроксимацією для початкових етапів аналізу динаміки процесу. Оптимізація параметрів регулювання планується виконати методом планування експерименту Central

Composite Design (CCD). Програмна реалізація алгоритмів планується у TIA Portal із подальшою інтеграцією до SCADA WinCC для візуалізації, сигналізації та архівування технологічних параметрів.

Висновки. На цьому етапі формується концепція системи автоматизації та визначаються методи оптимізації, що можуть забезпечити підвищення стабільності процесу та ефективності роботи обладнання. У подальших етапах дослідження передбачається уточнення математичної моделі, адаптація закону регулювання до особливостей реального процесу та проведення експериментальної перевірки на виробництві. Очікується, що застосування оптимізованих алгоритмів керування може сприяти збільшенню продуктивності обладнання та зниженню енерговитрат, а також забезпечити більш стабільні показники якості продукту.

Summary

This work focuses on developing an approach to automated control of a chamber filter press in juice production through mathematical modelling and parameter optimisation of the filtration process. A preliminary dynamic model with variable technological disturbances is constructed, and the PID control law is optimised using Response Surface Methodology and Central Composite Design. The proposed framework aims to improve process stability, filtration efficiency, and the overall quality of the final product.

Використані джерела

1. Diemme Filtration. Filter press filtration process: key steps explained. Diemme Filtration Blog/Technical Article. 2024-25. URL: <https://www.diemmefiltration.com/blog/filter-press-filtration-process-key-steps-explained/>
2. Mirzabe A. H., Hajiahmad A. Filter press optimisation for black mulberry juice extraction. Iranian Journal of Biosystem Engineering / AGRIS entry. 2022; 53(2):123-140. DOI: 10.22059/ijbse.2022.336704.665468. URL: <https://agris.fao.org/search/en/providers/122188/records/6634c72922dd55a61c8cc3a5>

РОЗРОБКА ЦИФРОВОГО ДВІЙНИКА ПРОЦЕСУ СУШІННЯ В ЦЕМЕНТНОМУ ВИРОБНИЦТВІ НА ОСНОВІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ АЛГОРИТМІВ

Гудименко О.М.

Науковий керівник - д.т.н., проф. Целіщев О.Б.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ, Україна

Вступ. Процес сушіння сировини є одним із найважливіших етапів цементного виробництва, що суттєво впливає на якість кінцевого продукту та енергоспоживання. Барабанні сушарки, які використовуються на більшості цементних заводів, є складними нелінійними об'єктами з багатьма вхідними параметрами — температурою, витратою гарячих газів, вологістю сировини та швидкістю її подачі.

Традиційні методи керування не завжди дозволяють ефективно адаптувати систему до змін зовнішніх умов. Саме тому впровадження цифрового двійника сушильного агрегату, що базується на інтелектуальних алгоритмах машинного навчання, є перспективним напрямом розвитку промислової автоматизації.

Мета. Створити цифровий двійник процесу сушіння сировини в цементному виробництві, який моделює динаміку процесу в реальному часі, забезпечує прогнозування технологічних параметрів і підтримує прийняття оптимізаційних рішень для підвищення енергоефективності виробництва.

Стислий опис пропонованої ідеї. Запропоновано архітектуру цифрового двійника, яка поєднує математичну модель сушарки з інтелектуальним аналітичним модулем, що навчається на історичних даних SCADA-системи.

Основні компоненти системи:

1. Фізико-математична модель процесу сушіння, побудована на основі рівнянь теплопередачі, масообміну та енергетичного балансу.
2. Інтелектуальний модуль прогнозування, який використовує нейронні мережі типу LSTM для передбачення зміни вологості сировини та температури вихідного потоку.
3. Модуль адаптивного керування, що коригує витрату палива, обертання барабана та подачу матеріалу для підтримання оптимального режиму.
4. Візуалізаційна підсистема (Dashboard) для моніторингу параметрів у реальному часі, а також для моделювання різних сценаріїв у віртуальному середовищі.

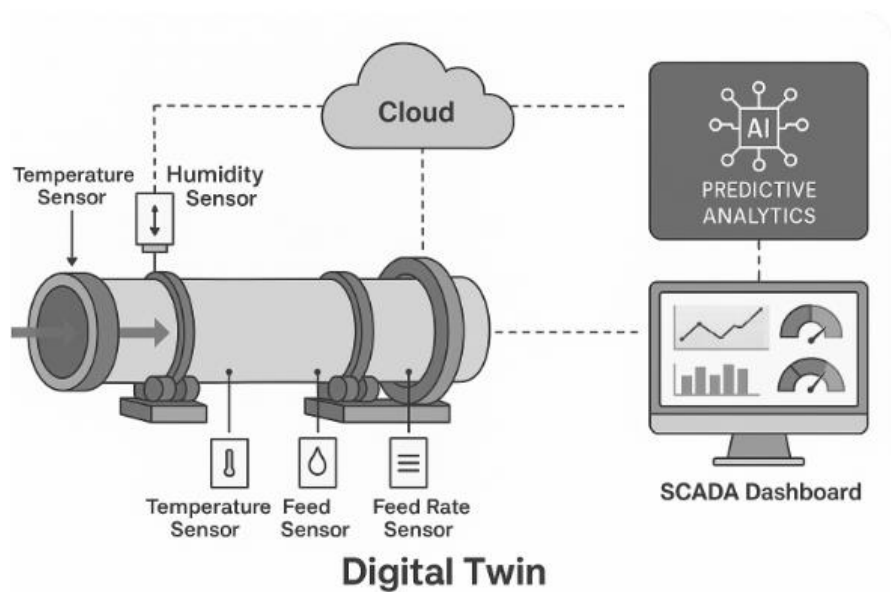


Рисунок 1 – Структурна схема цифрового двійника сушарки з інтегрованими модулями прогнозу та керування

Проблема, яку вирішує проєкт. Більшість цементних підприємств стикаються з проблемою нестійкості вологості сировини, коливаннями температури сушильного агента та низькою точністю ручного регулювання.

Цифровий двійник дозволяє:

- моделювати поведінку процесу при зміні будь-яких вхідних параметрів;
- прогнозувати наслідки регулюючих дій без втручання у фізичну систему;
- виконувати предиктивне керування, що підвищує стабільність процесу та економію палива.

Потенційні користувачі і цільовий ринок. Основними користувачами розробки є цементні комбінати, інжинірингові компанії, які займаються впровадженням промислових ІТ-рішень, а також науково-дослідні установи у сфері енергоефективності та автоматизації.

Переваги пропонованого рішення.

1. Можливість проведення «віртуальних експериментів» без ризику для реального виробництва.
2. Інтеграція цифрового двійника з SCADA-системами підприємства.
3. Прогнозна аналітика на основі нейромережевих алгоритмів.
4. Зменшення енергозатрат на 10–15 % завдяки оптимізації подачі палива.
5. Підтримка прийняття рішень оператором через аналітичний інтерфейс.

Технології реалізації.

- Моделювання: MATLAB/Simulink, COMSOL Multiphysics;
- Машинне навчання: TensorFlow, Scikit-learn, Python;
- Комунікації: OPC UA, MQTT, Node-RED;
- Візуалізація: Grafana, Power BI, Ignition SCADA;
- Хмарна інтеграція: Azure Digital Twins, AWS IoT Core.

Висновки та перспективи для подальших робіт. Розроблений цифровий двійник сушильного процесу дає змогу не лише підвищити стабільність і якість сировини, а й створити основу для повної цифровізації цементного виробництва.

Подальші дослідження передбачають використання глибинних нейронних мереж для самооптимізації процесу та інтеграцію системи в єдине середовище керування підприємством у межах концепції Smart Factory / Industry 4.0.

Summary

A digital twin of the cement-drying process has been developed based on hybrid mathematical and AI models. The system simulates temperature and humidity dynamics, predicts process behavior, and supports adaptive control to improve energy efficiency and product quality.

Використані джерела

1. Fuhrländer-Völker D., Lindner M., von Elling M., Frieß T., Karnapp S., Weigold M. «Method for the development and application of digital twins in manufacturing.» Production Engineering Research & Development, Vol. 19, 2025, pp. 959-973. Доступно: <https://doi.org/10.1007/s11740-025-01346-x>

СИСТЕМА ПРОГНОЗУВАННЯ МАТЕРІАЛЬНИХ БАЛАНСІВ В НАФТОПЕРЕРОБНІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ

Жушма Є.В.¹

Наукові керівники - к.т.н., доц. Кардашук В.С.¹; к.т.н., доц. Барбарук В.М.²

¹Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ, Україна

²Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського», Київ, Україна

Вступ. Нафтопереробна промисловість є однією з найбільш складних і ресурсомістких галузей, де точність обліку матеріальних потоків має вирішальне значення для економічної ефективності та оптимізації виробництва. Матеріальні баланси відображають рух сировини, напівпродуктів і готової товарної продукції в межах технологічного процесу, забезпечуючи контроль за використанням ресурсів. Однак традиційні методи управління балансами часто стикаються з такими проблемами, як похибки вимірювань, складність обробки великих обсягів даних, затримки в отриманні актуальної інформації. Це призводить до похибок у звітності, перевитрат ресурсів і зниження конкурентоспроможності підприємств. Сучасні умови вимагають впровадження автоматизованих систем, здатних не лише збирати та узгоджувати дані, але й прогнозувати матеріальні баланси для оперативного планування. Саме таку систему пропонується розробити в межах даного проєкту.

Метою роботи є створення комплексної автоматизованої інформаційної системи, що забезпечує точний облік матеріальних потоків, корекцію вимірювань згідно похибок вимірювальних приладів, прогнозування балансів і підтримку управлінських рішень на оперативному і стратегічному рівнях. Очікуваний результат - це підвищення ефективності виробництва, прозорості процесів та зниження втрат, отримання більш точної звітності, яка забезпечить підтримку прийняття рішень щодо управління виробництвом.

Стислий опис ідеї. Система виконує автоматичний збір даних, їх узгодження та прогнозування згідно моделі виробництва. В основі побудови моделі матеріального балансу лежить закон збереження маси в замкненій системі. Для корекції вимірювань використовується математичний метод найменших квадратів з урахуванням похибок вимірювальних приладів, а для прогнозування матеріальних балансів - нейронна мережа. Основні завдання: алгоритм корекції даних, програмний модуль прогнозування, можливість інтеграції з автоматизованою системою управління технологічними процесами АСУТП, надання користувачам зручного багатокористувацького інтерфейсу для аналітики та формування звітності на виробництві. Система надає користувачам можливість підтримки прийняття рішень на оперативному і стратегічному рівнях для більш ефективного управління виробництвом і зниження втрат у виробничому процесі.

Архітектура та технології, які використовуються в проєкті. Рішення побудоване за клієнт-серверною схемою, яка працює в багатокористувацькому режимі. Серверна частина реалізована з використанням системи керування базами даних Microsoft SQL Server, яка відповідає за зберігання даних і моделі виробництва. Програмна частина реалізована в середовищі розробки Embarcadero Delphi, а для звітності та візуалізації використовується програмне забезпечення

Microsoft Excel. Така архітектура інформаційної системи забезпечує її масштабованість, швидкий доступ до даних та інтеграцію з існуючими інформаційними системами на виробництві. Переваги цієї автоматизованої системи - це мінімізація похибок та узгодження вимірювань, прогнозування матеріальних балансів, підвищення контролю за використанням ресурсів на виробництві, зниження втрат у виробничому процесі та забезпечення відповідності стандартам у нафтопереробній галузі.

Технології, що використовуються для реалізації проєкту. Для створення системи застосовано комплекс сучасних технологій, які забезпечують надійність, масштабованість та гарні можливості для інтеграції. Система керування базами даних Microsoft SQL Server використовується для зберігання великих обсягів даних та моделі виробництва, середовище розробки Embarcadero Delphi використовується для реалізації алгоритмів автоматизованої системи прогнозування матеріальних балансів, табличний процесор Microsoft Excel застосовується для формування виробничої звітності і візуалізації даних. Поєднання цих сучасних технологій забезпечує масштабованість, швидкий доступ до даних та інтеграцію з існуючими інформаційними системами.

Висновки. Запропонована система прогнозування матеріальних балансів є комплексним рішенням, яке дозволяє значно підвищити точність обліку та ефективність управління виробничими процесами. Використання математичних методів корекції даних мінімізує похибки вимірювань, а застосування нейронних мереж забезпечує якісне прогнозування, що критично важливо для планування виробництва. Впровадження системи сприятиме зниженню витрат, оптимізації використання ресурсів та підвищенню прозорості процесів. Завдяки модульній структурі та клієнт-серверній архітектурі рішення легко масштабувати та адаптувати під потреби конкретного підприємства. Використання сучасних інформаційних технологій, таких як система керування базами даних Microsoft SQL Server, середовище розробки Embarcadero Delphi, табличний процесор Microsoft Excel гарантує надійність, швидкодію та інтеграцію з існуючими інформаційними системами на виробництві. Таким чином, система створює основу для прийняття оперативних і стратегічних рішень, забезпечує конкурентні переваги та відповідає сучасним вимогам нафтопереробної галузі.

Summary

This work outlines the development of a material balance forecasting system designed to enhance resource management and planning accuracy in the oil refining industry. Traditional methods often yield inaccurate results due to measurement errors and data complexity, leading to resource waste. The proposed system solves this by automating data collection, reconciliation, and forecasting using the least squares method for data adjustment and a neural network for predictions. This system introduces, for the first time, the development of a material balance prediction module, which provides an advantage over existing counterparts. Built on a client-server architecture, it integrates with the plant's Automated Process Control System and comprises key modules for data handling, administration, and reporting. Developed with Microsoft technologies MS SQL Server, MS Excel and Embarcadero Delphi, the system provides a scalable and powerful solution. Its implementation aims to increase process transparency, reduce costs, and provide a reliable foundation for strategic decision-making, offering significant competitive advantages to refineries.

ВИКОРИСТАННЯ ГІБРИДНИХ МЕТОДІВ ФІЛЬТРАЦІЇ ШУМІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ СТАБІЛЬНОСТІ ПОКАЗІВ СЕНСОРНИХ СИСТЕМ МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ

Салінко Г.О.; Салінко Р.І.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Сотнікова Т.Г.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ, Україна

Вступ. Розвиток сучасних ІТ технологій суттєво вплинув на якість та ефективність сенсорних систем у мобільній робототехніці. У центрі уваги нині перебувають цифрова фільтрація даних, алгоритмічна обробка сигналів та методи інтелектуальної оцінки станів, які визначають точність роботи роботів у складних умовах. Сенсори ультразвукового, оптичного або інерціального типу широко використовуються в автономних платформах, але їхні покази часто спотворюються впливом шумів середовища. Ці завади призводять до коливань сигналу, зниження точності навігації і нестабільності в поведінці системи. Оскільки багато сучасних стартапів та ІТ продуктів орієнтовані на розробку автономних рішень, питання підвищення якості сенсорної інформації стає критичним для подальшої комерціалізації таких технологій. Тому теоретичний аналіз алгоритмів фільтрації і визначення ефективності їх поєднання є актуальним напрямом досліджень.

Метою роботи є теоретичний аналіз методів цифрової фільтрації шумів у робототехнічних сенсорах та оцінка ефективності гібридних алгоритмічних підходів для підвищення стабільності показів у запилених, вологих та нестабільних середовищах.

Стислий опис ідеї. Для досягнення поставленої мети в роботі виконано такі теоретичні завдання:

- зроблено огляд типів шумів, що впливають на сенсорні системи мобільних роботів;
- проведено аналіз алгоритмів цифрової фільтрації, зокрема медіанної фільтрації, експоненційного згладжування і фільтра Каліма;
- досліджено ефективність кожного методу щодо різних видів завад;
- розглянуто концепцію комбінування алгоритмів як ІТ інструменту, здатного покращувати якість даних;
- узагальнено висновки досліджень щодо переваг гібридних методів у сенсорних системах.

Теоретична характеристика моделі. У роботі використано аналітичний підхід до порівняння трьох етапів цифрової обробки сенсорних даних, які описані у науковій літературі. Медіанна фільтрація розглядається як первинний засіб боротьби з імпульсними спотвореннями, які виникають під впливом вібрацій або механічних перешкод. Експоненційне згладжування описано як спосіб зменшення випадкових коливань та стабілізації динамічних сигналів. Фільтр Каліма представлено як алгоритм математичної оцінки станів, що дозволяє мінімізувати похибку вимірювань і отримувати найбільш ймовірне значення параметра у складних умовах. Теоретичне порівняння цих етапів показує, що комбінування методів дозволяє уникнути недоліків кожного з них окремо та забезпечує більш високу стійкість сигналу. Такий підхід у

літературі позиціонується як перспективний напрям розвитку сенсорної аналітики у робототехніці та автономних ІТ-системах.

Перспективність використання у сфері ІТ та стартапах. Гібридні підходи до фільтрації можуть бути основою для розробки ІТ-продуктів, які працюють із реальними даними від сенсорів. Це стосується автономних платформ, безпілотних пристроїв, систем моніторингу, розумної техніки та аналітичних програм для обробки сигналів. У стартап екосистемі такі рішення мають практичну цінність, оскільки дозволяють зменшити потребу в дорогому обладнанні і підвищити якість роботи пристроїв через вдосконалення програмних алгоритмів. Усвідомлення того, які фільтри ефективні за певних умов, дозволяє створювати гнучкі цифрові модулі, що можуть інтегруватися у широкий спектр ІТ-рішень.

Висновки. Проведений теоретичний аналіз дозволив систематизувати основні підходи до цифрової фільтрації шумів у робототехнічних сенсорах та оцінити їхні можливості з позиції сучасних ІТ-технологій. Окремі алгоритми мають ефективність лише за певних видів шумів, тоді як гібридні методи забезпечують більш стабільну роботу сенсорних систем у складних середовищах. З точки зору розробки ІТ-продуктів, це відкриває можливість створення універсальних програмних модулів для обробки даних від різних сенсорів. Результати огляду можуть стати основою для подальших досліджень, спрямованих на тестування алгоритмів на реальних платформах та інтеграцію таких підходів у стартап проекти, автономні системи та прикладні ІТ-рішення.

Summary

The paper presents a theoretical study of digital noise filtering methods applied to sensing systems in mobile robotics. Various algorithms, including median filtering, exponential smoothing and Kalman based estimation, were analyzed with a focus on their effectiveness under different types of environmental disturbances. The concept of hybrid signal processing is discussed as a promising IT approach capable of improving the stability and accuracy of sensor data. The results highlight the potential of combining several filtering methods to create more robust analytical modules for autonomous systems, startup solutions and modern IT products.

ЦИФРОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ СИНТЕЗУ АМІАКУ НА ОСНОВІ ГІБРИДНИХ ІТ-МОДЕЛЕЙ

Гурін О.М.

Науковий керівник - д.т.н., проф. Лорія М.Г.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ, Україна

Вступ. Процес синтезу аміаку є одним із найважливіших у хімічній промисловості, але водночас — складним для стабільного керування через нелінійність і високу чутливість до зміни температури, тиску та складу газової суміші. Цифрові технології та інтелектуальні моделі відкривають нові можливості для підвищення точності контролю, прогнозування та оптимізації параметрів роботи колони синтезу.

Мета. Розробити цифрову ІТ-технологію моделювання та інтелектуального аналізу параметрів процесу синтезу аміаку, що забезпечує підвищення точності регулювання, зниження енергоспоживання та стабільність технологічного циклу.

Стислий опис запропонованої ідеї. Запропонована система використовує гібридний підхід до моделювання: поєднання фізико-математичної моделі колони синтезу аміаку та інтелектуальних алгоритмів машинного навчання. Таке рішення дозволяє не лише імітувати поведінку процесу в реальному часі, а й здійснювати прогнозування оптимальних режимів роботи на основі архівних даних SCADA-системи.

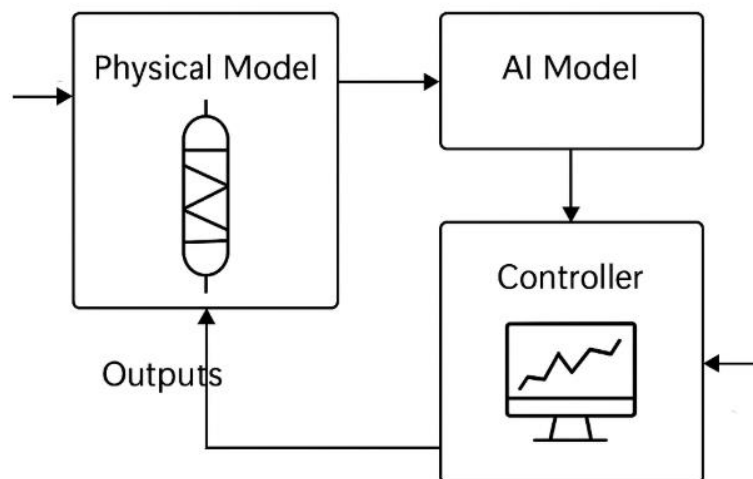


Рисунок 1 – Структурна схема гібридної інформаційної системи для аналізу параметрів колони синтезу аміаку

Проблема, яку вирішує проєкт. Традиційні системи автоматизації процесу синтезу аміаку не забезпечують достатньої гнучкості для роботи в умовах змінного навантаження. Проєкт

вирішує проблему адаптації керування до динамічних змін технологічних параметрів, що підвищує стабільність і знижує ризики аварійних ситуацій.

Потенційні користувачі і цільовий ринок. Хімічні підприємства, які виробляють аміак, метанол і азотні сполуки, а також організації, що впроваджують цифрові системи керування технологічними процесами (SCADA, DCS, MES).

Переваги пропонованого рішення:

1. Поєднання фізичної моделі колони синтезу та алгоритмів штучного інтелекту.
2. Підвищення точності прогнозу зміни температури та тиску в реальному часі.
3. Зниження енергозатрат і стабілізація процесу синтезу.
4. Можливість створення цифрового двійника реакційної колони.

Технології реалізації:

- гібридне моделювання (математичні рівняння + нейронна мережа);
- Python / MATLAB для побудови цифрових моделей;
- інтеграція з промисловими системами через OPC UA;
- SCADA-візуалізація результатів прогнозування.

Висновки та перспективи для подальших робіт. Розроблена технологія цифрового моделювання та інтелектуального аналізу параметрів процесу синтезу аміаку дозволяє підвищити стабільність технологічного процесу та зменшити енергоспоживання. У подальшому планується створення інтегрованої системи «цифровий двійник колони синтезу аміаку» з адаптивним керуванням на основі машинного навчання.

Summary

A hybrid digital system combining physical and AI-based models for ammonia synthesis analysis has been developed. The proposed IT approach enhances process stability, enables real-time prediction of key parameters, and supports the creation of a digital twin of the ammonia synthesis column.

Використані джерела

1. Araújo, A., et al. «Control structure design for the ammonia synthesis process.» Chemical Engineering Science, 2008.
2. Pallavicini, J., et al. «Digital twin-based optimization and demo-scale validation of ammonia-related process equipment.» Renewable & Sustainable Energy Reviews, 2023.

ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ В АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ НА ВИРОБНИЦТВІ

Салінко Н.М.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Сотнікова Т.Г.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ, Україна

Вступ. Сучасні виробничі процеси дедалі частіше використовують інформаційні технології для забезпечення точності, стабільності та швидкості контролю якості продукції. Одним з найбільш перспективних напрямів є застосування комп'ютерного зору, який поєднує алгоритми цифрової обробки зображень, машинного навчання та автоматизації. У промисловості зростає потреба у системах, здатних швидко виявляти дефекти, оцінювати геометричні параметри виробів і приймати рішення в режимі реального часу без участі людини. Це дозволяє зменшити кількість браку, скоротити витрати та підвищити конкурентоспроможність підприємств. Враховуючи швидкий розвиток алгоритмів аналізу зображень, технологій нейронних мереж та апаратних засобів, дослідження методів комп'ютерного зору в контексті автоматизованого контролю якості має вагомое теоретичне та практичне значення.

Метою роботи є теоретичний аналіз можливостей застосування комп'ютерного зору в автоматизованих системах контролю якості та оцінка ефективності алгоритмічних підходів для виявлення й класифікації дефектів продукції.

Стислий опис ідеї. Для досягнення поставленої мети було виконано такі теоретичні завдання:

- проаналізовано основні алгоритми цифрової обробки зображень, які застосовуються у виробничому контролі;
- розглянуто можливості традиційних методів виявлення дефектів, зокрема порогової обробки, фільтрації, контурного аналізу;
- досліджено принципи роботи нейромережових моделей, які використовують для класифікації поверхневих та структурних дефектів;
- узагальнено існуючі підходи до побудови автоматизованих систем візуального контролю;
- підкреслено важливість поєднання алгоритмічних і апаратних засобів для досягнення високої точності.

Теоретична характеристика моделі контролю якості. У літературі модель автоматизованого візуального контролю описується як послідовність етапів, які забезпечують аналіз зображення та прийняття рішення щодо стану виробу. На першому етапі відбувається отримання зображення за допомогою промислових камер або сенсорів. Другий етап передбачає попередню обробку даних, де застосовують фільтрацію шумів, підвищення контрастності, нормалізацію освітлення. Третій етап полягає у виділенні ознак, що можуть свідчити про дефект. У класичних системах використовують аналіз контурів, сегментацію та порівняння геометричних параметрів. Сучасні ІТ-дослідження акцентують увагу на застосуванні глибоких нейронних мереж, які дозволяють автоматично виявляти дефекти різної складності. Остаточний етап полягає у прийнятті рішення про відповідність виробу стандарту. Така модель є гнучкою і може масштабуватися під різні типи виробництва.

Перспективність використання у сфері ІТ та автоматизації. Комп'ютерний зір відкриває широкі можливості для створення ІТ-продуктів та стартапів, орієнтованих на автоматизацію виробничих процесів. Алгоритмічні рішення можуть бути реалізовані як окремі модулі для інтеграції у промислове обладнання або хмарні сервіси. Такі системи роблять контроль якості швидшим, точнішим і менш залежним від людського фактора. У сучасних умовах цифровізації підприємствам потрібні рішення, які дозволяють автоматично обробляти великі масиви візуальних даних та генерувати аналітичні висновки в режимі реального часу. Це створює передумови для впровадження нових продуктів у сфері роботизації, інтелектуальних ліній виробництва та комплексів технічного зору.

Висновки. Проведений теоретичний аналіз підтвердив актуальність застосування комп'ютерного зору у системах контролю якості на виробництві. Алгоритми цифрової обробки зображень і нейронних мереж дозволяють значно підвищити точність визначення дефектів та зробити процес контролю більш стабільним і передбачуваним. Поєднання програмних і апаратних рішень забезпечує можливість використання таких систем у різних галузях промисловості. Результати дослідження можуть бути корисними для подальшої роботи над створенням ІТ-продуктів, спрямованих на автоматизацію виробництва та впровадження інтелектуальних систем контролю.

Summary

The paper provides a theoretical study of computer vision methods applied to automated quality control in industrial environments. Traditional image processing techniques and modern neural network based approaches were analyzed with a focus on their ability to detect and classify defects. The results emphasize the potential of computer vision as an effective IT tool for increasing accuracy, reducing inspection time and improving the stability of production processes. The study outlines prospects for integrating vision based solutions into modern automation systems and industrial IT products.

РОЗРОБКА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ХМАРНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ВИПАЛЮВАННЯ РІДКОГО АМІАКУ

Дуришев О.А.

Науковий керівник - д.т.н., проф. Лорія М.Г.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ, Україна

Вступ. Процес випалювання рідкого аміаку є важливою ланкою виробництва аміаку, яка забезпечує стабільність технологічного циклу та безпечне перетворення залишкових компонентів у газоподібний стан. Невідповідність температурного та тискового режимів призводить до значних енергетичних втрат і можливих аварійних ситуацій. Традиційні системи автоматизації мають обмежені можливості адаптації до динамічних змін у процесі, тому сучасні інформаційні технології — хмарні сервіси, предиктивна аналітика й алгоритми машинного навчання — відкривають нові можливості для створення інтелектуальної системи управління випалювачем.

Мета. Розробити та дослідити хмарну комп'ютерно-інтегровану систему управління процесом випалювання рідкого аміаку, яка забезпечує:

- збір і аналіз даних у режимі реального часу;
- прогнозування змін технологічних параметрів;
- оптимізацію режимів роботи з урахуванням енергетичних критеріїв.

Стислий опис пропонованої ідеї. Запропонована система складається з трьох основних рівнів:

1. Рівень збору даних — підключення польових сенсорів температури, тиску, витрат і складу газової суміші через контролери із підтримкою стандарту OPC UA.
2. Аналітичний рівень (Cloud AI) — передача даних у хмарне середовище, де за допомогою нейронних мереж та моделей часових рядів (LSTM, Prophet) здійснюється прогнозування зміни температури й тиску, виявлення трендів і аномалій.
3. Рівень управління — автоматичне коригування параметрів подачі пари й газу на основі рекомендацій системи, а також відображення даних у веб-дашбордах SCADA-типу для оператора.

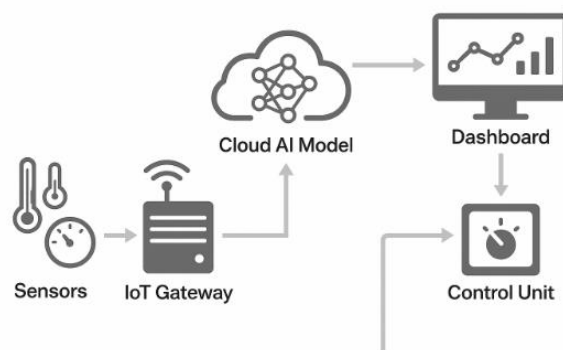


Рисунок 1 – Архітектура інтелектуальної хмарної системи управління процесом випалювання рідкого аміаку

Проблема, яку вирішує проєкт. Процес випалювання характеризується значною інерційністю та нелінійністю, що ускладнює традиційне ПІД-регулювання. Запропонована система усуває ці обмеження шляхом інтеграції адаптивних алгоритмів і прогнозного управління (Model Predictive Control, MPC). Це дає змогу:

- зменшити коливання температури та тиску на 10–15 %;
- запобігати перевищенню критичних значень температури;
- знизити енергоспоживання за рахунок оптимізації подачі пари.

Потенційні користувачі і цільовий ринок. Розробка орієнтована на хімічні підприємства, що виробляють аміак та його похідні, а також на ІТ-компанії, які впроваджують промислові хмарні рішення, SCADA- та MES-системи.

Переваги запропонованого рішення:

1. Інтеграція промислових сенсорів з хмарними аналітичними сервісами.
2. Використання алгоритмів штучного інтелекту для прогнозування параметрів процесу.
3. Автоматичне виявлення відхилень та рекомендації оператору.
4. Енергоефективне управління режимом випалювання.
5. Можливість масштабування та інтеграції у систему цифрового двійника виробництва аміаку.

Технології реалізації:

- Хмарна інфраструктура: Microsoft Azure IoT Hub / AWS IoT Core.
- Машинне навчання: TensorFlow, Scikit-Learn, PyTorch.
- Бази даних: PostgreSQL + TimeScale для часових рядів.
- Комунікація: OPC UA, MQTT.
- Візуалізація: Grafana / Node-RED Dashboard.

Висновки та перспективи для подальших робіт. Запропонована інтелектуальна система створює основу для переходу від класичних систем керування до концепції «розумного виробництва» (Smart Factory). Її впровадження дозволяє підвищити стабільність процесу випалювання рідкого аміаку, зменшити втрати енергії та збільшити надійність технологічного обладнання.

У подальшому планується розробка цифрового двійника випалювача для дослідження динаміки процесу та автоматичного налаштування параметрів управління в реальному часі.

Summary

An intelligent cloud-based control system for the liquid ammonia firing process has been developed. The platform integrates industrial IoT sensors, AI-based predictive analytics, and cloud dashboards to ensure stable operation, improve energy efficiency, and support the concept of a Smart Factory.

Використані джерела

1. Lee J., Bagheri B., Kao H.-A. A Cyber-Physical Systems Architecture for Industry 4.0-Based Manufacturing Systems. Manufacturing Letters, 2015, Vol. 3, pp. 18–23. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2014.12.001>

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ АНАЛІЗУ ТА ПРОГНОЗУ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ РОЗКЛАДЕННЯ КАРБАМАТУ НА ОСНОВІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ МОДЕЛЕЙ

Кобзарев Є.В.

Науковий керівник - Купіна О.А.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ, Україна

Вступ. У сучасному виробництві карбаміду процес розкладання карбамату є одним із найенергоємніших етапів. Для підвищення стабільності та економічності виробництва необхідно своєчасно виявляти відхилення технологічних параметрів (тиску, температури, концентрації) та прогнозувати їх розвиток. Застосування інтелектуальних ІТ-технологій відкриває нові можливості для автоматичного аналізу стану технологічного обладнання та підтримки прийняття рішень оператором.

Мета. Розробити інформаційну технологію аналізу, прогнозування та оптимізації параметрів процесу розкладання карбамату на основі інтелектуальних моделей і методів машинного навчання.

Стислий опис запропонованої ідеї. Запропоновано створення інтелектуальної підсистеми в складі комп'ютерно-інтегрованої системи управління, яка здійснює моніторинг технологічних змінних, виявляє аномалії та прогнозує динаміку процесу розкладання. Алгоритми штучних нейронних мереж навчаються на архівних даних SCADA-системи для формування моделей поведінки процесу за різних режимів роботи.

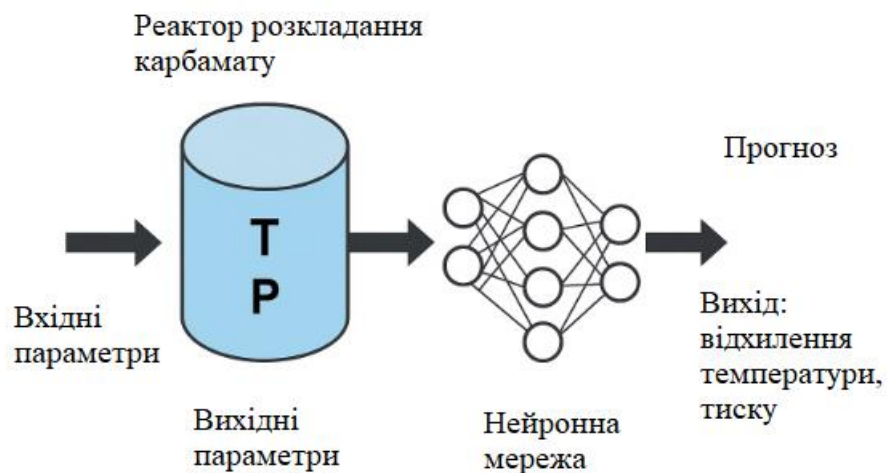


Рисунок 1 – Приклад застосування нейронної мережі для прогнозу температури та тиску в реакторі розкладання карбамату

Проблема, яку вирішує проєкт. У традиційних системах контролю оператор не має інструментів для прогнозування відхилень технологічних параметрів. Це призводить до втрат

енергії, зниження виходу карбаміду та підвищення ризику зупинки виробництва. Запропонована технологія забезпечує аналітичну підтримку рішень і дозволяє виявляти відхилення на ранніх етапах.

Потенційні користувачі та цільовий ринок. Хімічні підприємства, що здійснюють виробництво карбаміду, аміаку й азотних добрив, а також розробники промислових SCADA- і MES-систем для технологічних процесів.

Переваги пропонованого рішення:

1. Застосування нейромережевих алгоритмів для прогнозування відхилень параметрів.
2. Інтеграція з існуючими комп'ютерно-інтегрованими системами управління.
3. Візуалізація результатів у SCADA-інтерфейсі для оперативного контролю.
4. Зниження енергозатрат і підвищення стабільності процесу.

Технології реалізації:

- алгоритми машинного навчання (нейронні мережі, регресійний аналіз);
- бази даних для архівування параметрів процесу;
- платформи промислового моніторингу (SCADA / OPC UA);
- модулі Python-аналітики для прогнозу технологічних трендів.

Висновки та перспективи. Запропонована інформаційна технологія дозволяє реалізувати аналітичний рівень у системі керування процесом розкладання карбамату, що підвищує ефективність та безпеку виробництва карбаміду. Подальші дослідження планується спрямувати на створення цифрового двійника процесу з використанням гібридних моделей — поєднання фізико-математичних та інтелектуальних методів.

Summary

The paper presents an intelligent information technology for analyzing and predicting the parameters of carbamate decomposition in urea production using neural networks. The approach enhances process stability, supports decision-making, and reduces energy consumption through integration with computer-integrated control systems.

Використані джерела

1. Bequette, B. W. Process Control: Modeling, Design, and Simulation. – Prentice Hall PTR, 2003. – 448 p.
2. Control Engineering: An Introduction with the Use of MATLAB

ВДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ КЕРУВАННЯ РЕАКТОРОМ ПОЛІМЕРИЗАЦІЇ ПОЛІЕТИЛЕНУ

Сафонов О.Д.

Науковий керівник — к.т.н., доц. Сотнікова Т.Г.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ, Україна

Вступ. Виробництво поліетилену — це складний технологічний процес, який вимагає суворого дотримання температурних режимів та тиску. Реактор полімеризації як об'єкт керування є небезпечним та складним через виділення великої кількості тепла під час реакції. Як зазначається у фаховій літературі, для створення адекватної математичної моделі такого об'єкта необхідно враховувати не лише хімічні перетворення, а й складні процеси теплообміну та динаміку змішування компонентів [1]. На багатьох діючих заводах системи автоматизації є застарілими. Вони базуються на стандартних регуляторах, які не можуть швидко реагувати на зміни активності каталізатора або ефективно керувати переходом з однієї марки поліетилену на іншу, що призводить до втрат сировини та енергії.

Метою роботи є вдосконалення системи керування реактором шляхом додавання сучасних інтелектуальних надбудов до наявного обладнання. Для цього проведено аналіз реактора як об'єкта керування. Визначено вхідні змінні, якими ми можемо керувати: це подача етилену (мономеру), комономеру, водню, каталізатора та холодоагенту для охолодження. Вихідними змінними, які необхідно контролювати, є температура в реакторі, тиск, рівень рідини, а також показники якості продукту — індекс плинності розплаву та густина. На процес постійно діють збурення, які важко передбачити: наприклад, раптова зміна активності каталізатора або коливання складу сировини.

Стислий опис ідеї. Запропоноване рішення полягає у використанні дворівневої системи. Нижній рівень (базова автоматизація) відповідає за безпеку та прості контури регулювання. На верхньому рівні впроваджується так зване передиктивне керування (MPC — Model Predictive Control) [2]. Цей метод дозволяє комп'ютеру «передбачати» поведінку реактора на кілька кроків уперед і заздалегідь змінювати подачу реагентів так, щоб утримати процес у межах норми. Головна перевага MPC — це вміння працювати з жорсткими обмеженнями (наприклад, не перевищувати критичну температуру), оптимізуючи при цьому витрати ресурсів та покращуючи економічні показники процесу [3].

Однією з головних проблем є те, що якість поліетилену (індекс плинності) неможливо виміряти миттєво — лабораторний аналіз займає багато часу. Щоб вирішити це, у систему додається «віртуальний аналізатор». Це математичний алгоритм, який на основі доступних даних (температури, тиску) розраховує поточну якість продукту в реальному часі. Для підвищення точності цих розрахунків використовується фільтр Калмана, який постійно коригує модель відповідно до реального стану реактора.

Технології, що використовуються для реалізації проєкту. Для реалізації цієї системи проєктується оновлена SCADA-система. На даному етапі розробки конкретний програмний продукт ще не обрано, проте сформульовано чіткі вимоги до нього. Система повинна

підтримувати сучасний протокол передачі даних OPC UA для швидкого зв'язку з моделлю керування, мати потужний архів для зберігання історії процесів та забезпечувати зручну візуалізацію. Оператор повинен бачити на екрані не лише поточні значення, а й графіки прогнозу, які будує система MPC, щоб розуміти, куди рухається процес.

Окрему увагу в роботі планується приділити безпеці впровадження системи. Перед підключенням до реального об'єкта розроблені алгоритми проходять всебічну валідацію на «цифровому двійнику» — динамічній комп'ютерній моделі, що точно відтворює поведінку реактора. Використання двійника дозволить протестувати роботу системи в різних режимах, включаючи складні переходи між марками продукції, та відпрацювати реакцію на можливі збурення. Такий підхід дає змогу налаштувати параметри регуляторів та підтвердити ефективність запропонованих рішень без жодного ризику для діючого обладнання.

Висновки. Впровадження розробленої системи дозволить перейти від реактивного керування (виправлення помилок) до попереджувального. Це забезпечить стабільнішу якість поліетилену, зменшить кількість браку та знизить витрати енергії на виробництво одиниці продукції.

Summary

This work focuses on enhancing the automation of a polyethylene polymerization reactor by integrating an advanced control layer into the existing infrastructure. The proposed system features a hierarchical architecture combining Model Predictive Control (MPC) with virtual analyzers (soft-sensors) to achieve proactive process management and real-time quality monitoring. Validation through digital twin technology ensures operational safety and efficiency, ultimately reducing energy consumption, raw material waste, and product quality variance.

Використані джерела

1. Лорія М. Г., Целіщев О. Б., Єлісєєв П. Й., Захаров І. І. Математичне моделювання технологічних об'єктів. Луганськ: ЧНУ ім. В. Даля, 2011.
2. Rawlings J. B., Mayne D. Q., Diehl M. Model Predictive Control: Theory, Computation, and Design. 2nd ed. Nob Hill Publishing, 2017. URL (official PDF): <https://sites.engineering.ucsb.edu/~jbraw/mpc/MPC-book-2nd-edition-5th-printing.pdf>
3. Ellis M., Durand H., Christofides P. D. A tutorial review of economic model predictive control. Journal of Process Control, 2014, 24:1156–1178. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959152414000900>

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ ТА ДІАГНОСТИКИ КОМПРЕСОРНИХ УСТАНОВОК У ВИРОБНИЦТВІ СТИСНЕНОГО ПРИРОДНОГО ГАЗУ

Чекалов В.А.

Науковий керівник - д.т.н., проф. Целіщев О.Б.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ, Україна

Вступ. Компресорні установки є ключовими елементами технологічного циклу виробництва стисненого природного газу (СПГ). Їх стабільна робота безпосередньо впливає на ефективність усього процесу, енергозатрати та надійність обладнання. Традиційні системи автоматизації переважно забезпечують підтримку заданих параметрів, однак не здійснюють інтелектуального аналізу стану компресора. У сучасних умовах розвитку ІТ та кіберфізичних систем з'являється можливість застосування інтелектуальних алгоритмів діагностики, прогнозування несправностей та оптимізації режимів роботи компресора.

Мета. Розробити інформаційну технологію інтелектуального управління компресорними установками у виробництві стисненого природного газу, яка забезпечує підвищення енергоефективності, стабільності процесу та зменшення аварійності через впровадження прогнозовної аналітики та цифрового моніторингу.

Стислий опис запропонованої ідеї. Запропонована технологія базується на використанні інтелектуальної комп'ютерно-інтегрованої системи управління (КІСУ), яка поєднує:

- цифрову модель компресора, побудовану за рівняннями масового та енергетичного балансів;
- аналітичний модуль діагностики на основі алгоритмів машинного навчання (Decision Trees, Random Forest, SVM);
- систему моніторингу з візуалізацією основних параметрів у реальному часі через SCADA/HMI інтерфейс.

Система дозволяє виявляти відхилення у вібраційних, температурних і тискових характеристиках компресора ще до виникнення відмови, а також пропонує оптимальні режими роботи.



Рисунок 1 – Структура інформаційної технології інтелектуального управління компресорною установкою

Проблема, яку вирішує проєкт. Більшість сучасних систем управління не здатні адаптуватися до змін навантаження або прогнозувати відмови обладнання. Розроблена система усуває ці обмеження шляхом об'єднання фізичної моделі процесу з алгоритмами предиктивної діагностики, що значно підвищує рівень надійності та зменшує простій.

Потенційні користувачі і цільовий ринок: хімічні та енергетичні підприємства, станції компримування природного газу, компанії, що займаються розробкою цифрових систем промислового моніторингу (IoT, SCADA, MES).

Переваги пропонованого рішення:

1. Інтелектуальна діагностика стану компресора в реальному часі.
2. Оптимізація режимів роботи на основі енергетичних критеріїв.
3. Автоматичне попередження про можливі несправності.
4. Інтеграція з системами промислової аналітики та цифровими двійниками.

Технології реалізації:

- машинне навчання (Python, TensorFlow, Scikit-Learn);
- SCADA-система Siemens WinCC / Ignition для моніторингу;
- OPC UA та MQTT для передачі даних;
- цифрова модель компресора на базі MATLAB/Simulink;
- хмарна база даних для архівування параметрів.

Висновки та перспективи для подальших робіт. Розроблена інформаційна технологія дозволяє здійснювати комплексний моніторинг і прогнозування стану компресора, підвищуючи ефективність виробництва СПГ. У подальшому планується створення цифрового двійника компресорної установки з елементами самонавчання для автоматичного вибору оптимального режиму роботи.

Summary

An intelligent computer-integrated control and diagnostic system for compressor units in compressed natural gas production has been developed. The proposed IT solution integrates digital models and machine learning algorithms to predict faults, optimize energy consumption, and enhance process stability.

Використані джерела

1. Aminzadeh A., Sattarpanah Karganroudi S., Majidi S. et al. «A Machine Learning Implementation to Predictive Maintenance and Monitoring of Industrial Compressors». Sensors, 2025, Vol. 25, 1006. Доступно: <https://www.mdpi.com/1424-8220/25/4/1006> MDPI
2. Edward G., et al. «Developing a Digital Twin for the Ammonia Fuelling System». Open Research Europe, 2025. Доступно: <https://open-research-europe.ec.europa.eu/articles/5-218>

ІТ ДЛЯ НАВЧАННЯ ТА РОБОТИ



SENTIMENT & CHURN ANALYSIS INTEGRATION IN CRM

Качинський М.В.

Науковий керівник – к.т.н. Барбарук Л.В.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ, Україна

Вступ. У сучасному сервісному бізнесі, зокрема у туристичній сфері, якість взаємодії з клієнтом та швидкість реагування на негативні сигнали визначають рівень лояльності та конкурентоспроможності компанії. Більшість CRM-систем фіксують історію комунікацій, але не здійснюють глибинний автоматичний аналіз емоційного стану клієнта та не прогнозують ризик його відтоку. Це призводить до втрати цінної інформації та запізнених управлінських рішень. Використання машинного навчання для аналізу настроїв клієнтів та оцінки їхнього ризику відтоку дозволяє підвищити ефективність роботи менеджерів, автоматизувати аналітичні процеси та суттєво покращити клієнтський досвід. Саме тому тема інтеграції моделей Sentiment Analysis і Churn Prediction у CRM є актуальною та практично значущою.

Мета. Метою проєкту є розроблення інтегрованого інтелектуального модуля для CRM, який автоматично аналізує текстові повідомлення клієнтів, визначає їхню емоційну тональність та прогнозує ймовірність відтоку, забезпечуючи менеджерів туристичної компанії оперативними аналітичними індикаторами для прийняття рішень.

Стислий опис запропонованої ідеї. Проєкт передбачає створення серверного модуля, який обробляє вебхуки CRM Pipedrive (рис. 1) у режимі реального часу, визначає тональність отриманих повідомлень, оновлює аналітичний стан клієнта, прогнозує ризик його відтоку та формує службові нотатки у CRM у картці клієнта та компанії, до якої клієнт належить (рис. 2). Система об'єднує ML-моделі та програмну інтеграцію.

Яку задачу вирішує проєкт. Проєкт вирішує комплексну проблему відсутності оперативної аналітики у CRM, яка включає:

- неможливість автоматично визначати негативний настрій клієнта у момент звернення;
- відсутність прогнозу ймовірності відтоку на основі історії взаємодій;
- значні витрати часу менеджерів на ручний аналіз комунікацій;
- втрату клієнтів через несвоєчасне реагування на приховані ризики.

Розроблений модуль переводить ці процеси в автоматизований режим і забезпечує раннє виявлення проблемних ситуацій.

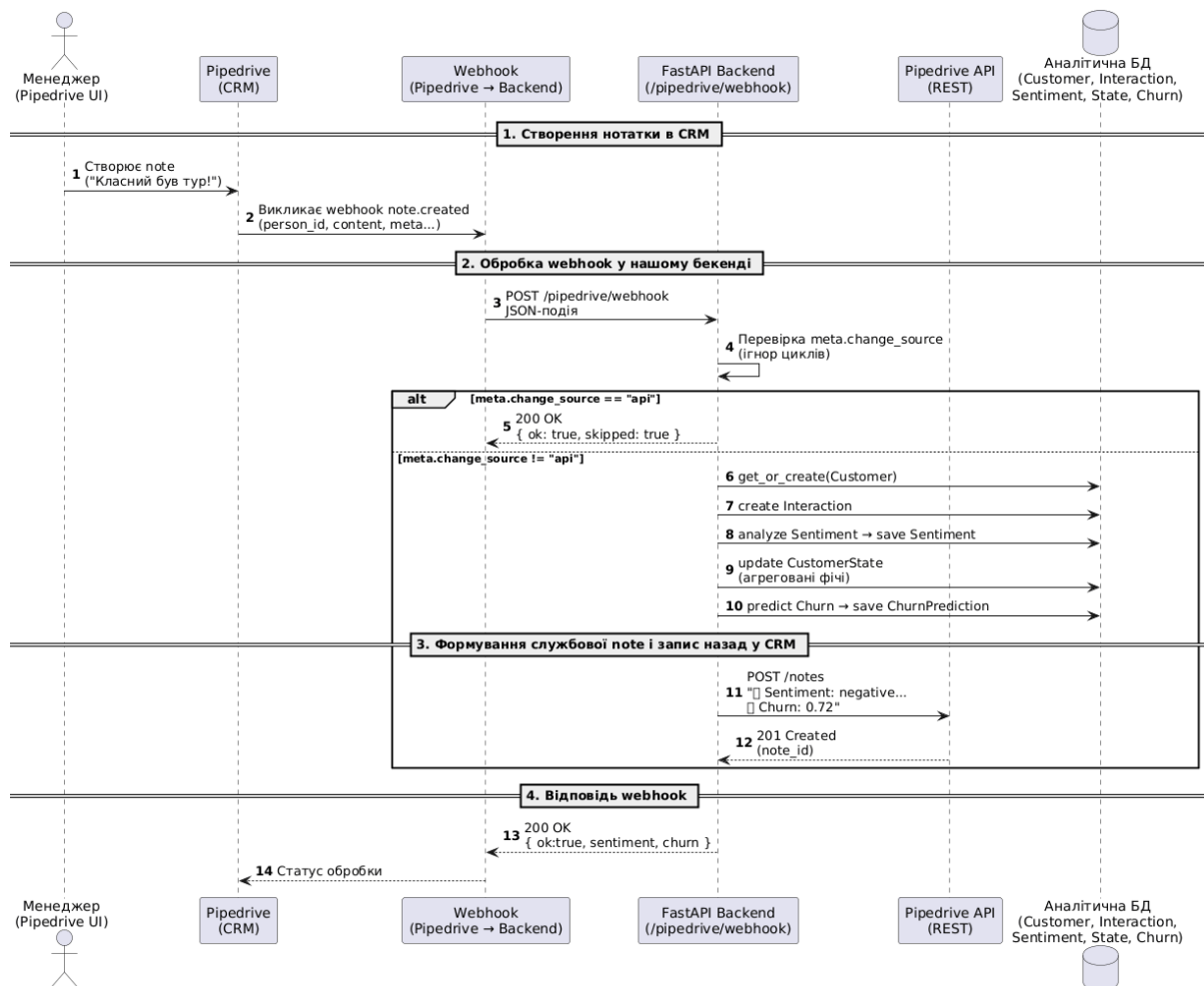


Рисунок 1 – Діаграма послідовності обробки вебхука від Pipedrive і запис системної нотатки

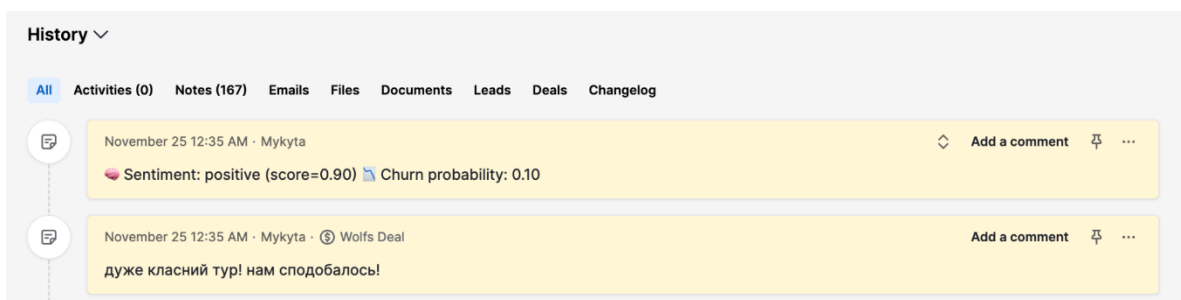


Рисунок 2 - Приклад результату роботи модуля у відповідь на додану нотатку

Потенційні користувачі і цільовий ринок проєкту. Користувачами можуть бути:

- туристичні оператори та турагенції;
- сервіси онлайн-замовлень та бронювання;
- компанії з активним клієнтським сервісом (страхові, логістичні, ритейл, телеком);
- CRM-відділи та служби підтримки.

Ринком є користувачі CRM системи PipeDrive, а також інші CRM системи (для яких потрібна буде невелика адаптація через окремий модуль).

Основні конкуренти (зарубіжні та вітчизняні аналоги). Зарубіжні аналоги включають:

- Zendesk AI Suite (Sentiment Tracking, не має churn-модуля);
- HubSpot Service Hub (аналіз настроїв, без інтегрованого прогнозу відтоку);
- Salesforce Einstein (потужна ML-екосистема, але складна та дорога).

Вітчизняні аналоги включають різні базові модулі аналітики у Bitrix24 та AmoCRM (аналізують звернення, але не визначають тон клієнта і не прогнозують відтік. Також на ринку присутні окремі зовнішні сервіси для sentiment analysis (неінтегровані з CRM-логікою). Відмінність проєкту полягає в тому, що жодна з популярних CRM-систем не надає інтегрованого рішення “Sentiment + Churn” у вигляді єдиного автоматизованого циклу з негайним зворотним записом у CRM.

Які технології використовуються для реалізації проєкту. Для реалізації проєкту використано сучасний стек технологій, що забезпечує надійність, масштабованість і високу продуктивність системи. Аналіз тональності реалізовано за допомогою моделей машинного навчання (TF-IDF + Linear SVM, XGBoost) та бібліотек scikit-learn, TensorFlow/Keras і HuggingFace Transformers. Обробка вебхуків, бізнес-логіка, API-ендпойнти та інтеграція з CRM виконані у бекенд-сервісі на Python з FastAPI (рис. 3). Для зберігання даних використано SQLite, а для розробки – PyCharm.

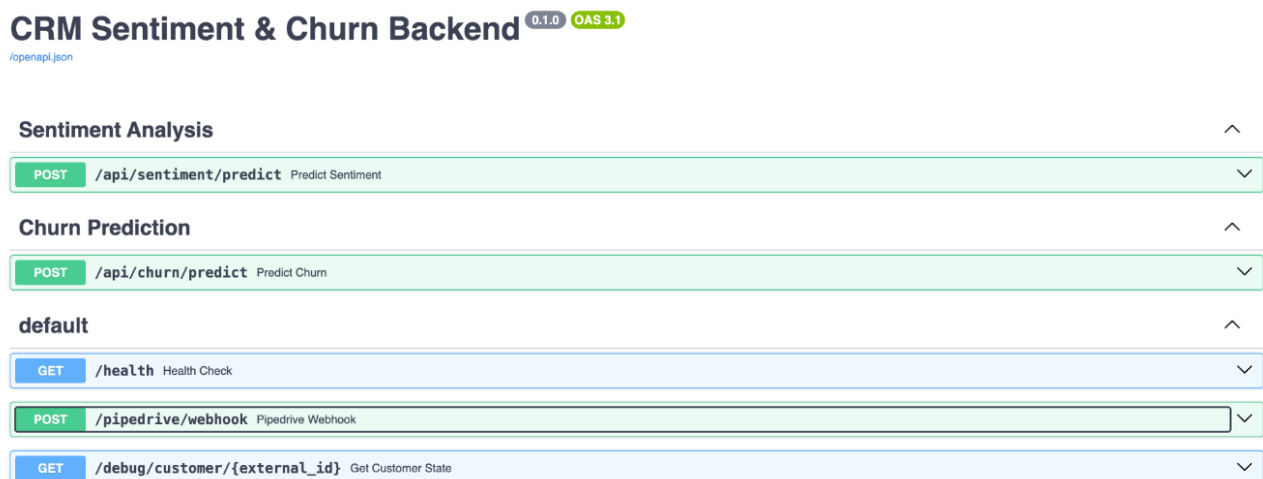


Рисунок 3 - Інтерфейс Swagger UI для бекенд-сервісу CRM Sentiment & Churn

Взаємодія з CRM Pipedrive реалізована через REST API та вебхуки, а внутрішня інтеграція модулів забезпечується структурованими сервісами для Sentiment Analysis, Churn Prediction та оновлення стану клієнта. Додатково застосовуються інструменти pandas, NumPy та matplotlib для візуалізації результатів експериментів.

Висновки. У межах роботи було розроблено та досліджено інтегрований модуль автоматичного аналізу взаємодій із клієнтами для CRM-системи туристичного оператора. Модуль поєднує два ключові компоненти – Sentiment Analysis та Churn Prediction – і забезпечує можливість автоматичного реагування на критичні зміни в емоційному стані клієнтів та ризик їхнього відтоку.

Проведені експерименти продемонстрували, що для аналізу коротких CRM-повідомлень найбільш ефективною є модель Linear SVM із TF-IDF-векторизацією, яка забезпечила

найвищий F1-score та найменший час інференсу серед усіх протестованих підходів. У задачі прогнозування відтоку найкращі результати продемонструвала модель Logistic Regression, а алгоритм XGBoost показав високу стійкість і здатність працювати з різнотипними фічами, що робить його перспективним для промислового застосування.

Інтеграція обох моделей у CRM через механізм вебхуків дала змогу побудувати повністю автоматизований цикл: від отримання клієнтського повідомлення – до формування рекомендації для менеджера й оновлення картки клієнта в режимі реального часу. Це доводить практичну цінність розробленого рішення та його відповідність сучасним вимогам до інтелектуальних CRM-систем.

Отримані результати підтверджують, що застосування машинного навчання у CRM-середовищі суттєво підвищує ефективність управління клієнтським досвідом, дозволяє виявляти ознаки ризику відтоку та забезпечує якісно новий рівень аналітики. Розроблений прототип може бути масштабований, розширений додатковими каналами комунікацій та адаптований для використання в інших сервісних галузях.

Summary

This project presents an integrated CRM enhancement module that automatically analyzes customer messages using sentiment analysis and predicts churn risk based on behavioral data. The system combines machine learning models (Linear SVM for sentiment and XGBoost for churn prediction) with real-time processing of CRM webhooks from Pipedrive. The implemented backend updates customer profiles, generates analytical insights, and triggers rule-based actions to support timely decision-making. The solution demonstrates practical value for service-oriented businesses by improving customer retention, operational efficiency, and data-driven automation.

АВТОМАТИЗОВАНА ГЕНЕРАЦІЯ ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ ДЛЯ LEGACY-СИСТЕМ З ВИКОРИСТАННЯМ ГІБРИДНИХ LLM-АРХІТЕКТУР

Рудич М.В.¹

Наукові керівники - к.т.н., доц. Щербакова М.Є.¹; д.ф. Критська Я.О.^{1,2}

¹Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ, Україна

²School of Engineering, Computing and Mathematics of Oxford Brookes University, Oxford, UK

Вступ. У сучасному ІТ-ландшафті проблема підтримки "успадкованих" систем (legacy systems) набуває критичного масштабу. За оцінками експертів, понад 70% програмного забезпечення у фінансовому та державному секторах базується на коді, написаному 15-20 років тому. Головним бар'єром для модернізації або міграції таких систем є відсутність актуальної технічної документації. Знання про бізнес-логіку часто втрачаються разом із відтоком кадрів, перетворюючи програмні комплекси на "чорні скриньки". Ручне відновлення документації (реверс-інжиніринг) є надзвичайно ресурсомістким процесом, схильним до помилок через людський фактор. Поява великих мовних моделей (LLM) відкрила нові можливості для автоматизації, проте використання базових LLM (наприклад, GPT-4) стикається з проблемами обмеженого контексту та "галюцинацій" — генерації правдоподібного, але технічно некоректного опису. Актуальність роботи полягає у розробці гібридного підходу, що поєднує точний статичний аналіз коду з генеративними можливостями штучного інтелекту для створення верифікованої документації.

Мета. Підвищення ефективності процесу документування legacy-систем шляхом розробки автоматизованої системи, яка використовує архітектуру RAG (Retrieval-Augmented Generation) у поєднанні з аналізом абстрактних синтаксичних дерев (AST) та графами знань для мінімізації галюцинацій та збереження структурної цілісності опису бізнес-логіки.

Метод. Для досягнення поставленої мети використано комбінований методологічний підхід, що складається з трьох етапів.

1. Статичний аналіз (AST Parsing). На відміну від простих текстових методів (Regex), застосовано бібліотеку Tree-sitter для побудови абстрактного синтаксичного дерева. Це дозволяє детерміновано виділяти класи, методи та їхні сигнатури, ігноруючи синтаксичний шум.
2. Побудова Графа Знань (Knowledge Graph). На основі AST формується граф викликів (Call Graph), де вузлами є методи, а ребрами — факти виклику. Це дозволяє системі "розуміти" не лише локальний код функції, а і її залежності.
3. Контекстно-орієнтована генерація (AST-RAG). При генерації документації LLM отримує не просто код методу, а збагачений контекст: сигнатури викликаних функцій, типи змінних та батьківський клас.

Стислий опис. Розроблена система "DocuGen-Legacy" функціонує як конвеєр (pipeline). Вхідними даними є репозиторій коду (Java/C++), вихідними — структурована документація у форматі Markdown та діаграми. Система використовує агентний підхід:

- Агент-Аналітик розбирає синтаксис та будує карту залежностей.
- Агент-Документатор генерує опис на основі отриманого контексту.
- Агент-Візуалізатор автоматично генерує код для діаграм послідовності (Sequence Diagrams) у форматі Mermaid, що дозволяє візуалізувати потоки даних.

На рисунку 1 наведено приклад діаграми, автоматично згенерованої системою для модуля обробки платежів.

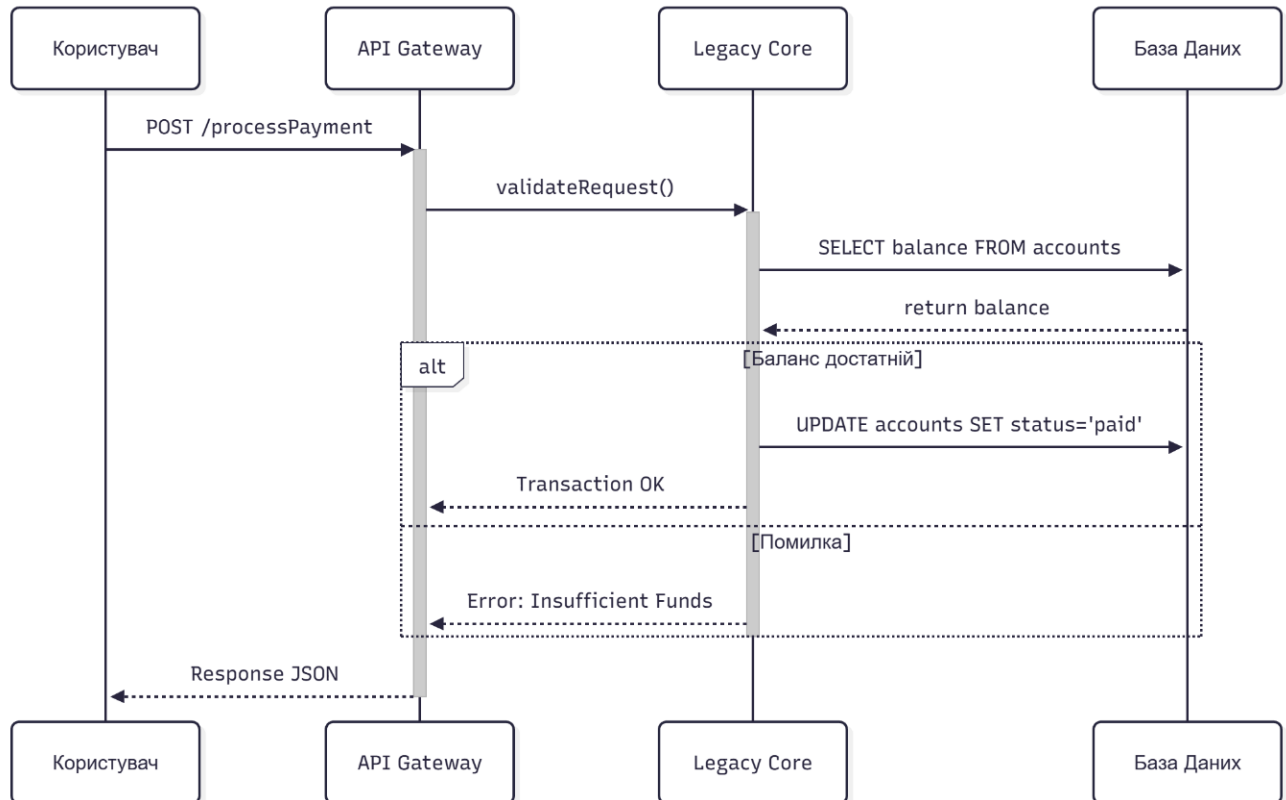


Рисунок 1 – Автоматично відновлена діаграма послідовності (Sequence Diagram)

Результати. Експериментальне тестування проводилося на open-source проєкті електронної комерції (Java 8, ~50 тис. рядків коду). Для оцінки якості використовувалися метрика CodeBLEU (схожість структури) та експертна оцінка розробників. Порівняльний аналіз показав, що запропонований гібридний підхід (AST + RAG) демонструє кращі показники порівняно з базовим використанням LLM:

1. Рівень галюцинацій (Hallucination Rate) знизився з 15% до 2.3%. Система перестала вигадувати неіснуючі змінні, оскільки їх список жорстко задається через AST.
2. Точність опису залежностей зросла на 31%. Модель коректно описує, як зміни в одному модулі впливають на інший.
3. Виявлення "мертвого коду" - система автоматично ідентифікувала 5% методів, які не мали вхідних викликів у графі, що дозволило безпечно оптимізувати проєкт.

Висновки, інтерпретація отриманих результатів, перспективи для подальших робіт. Застосування синтаксичного аналізу (AST) як "фільтра правди" для генеративних моделей є ефективним методом боротьби з недостовірністю ШІ в технічних задачах. Запропонований метод дозволяє перетворити застарілий код на активну базу знань, скорочуючи час на онбординг нових розробників до 40%. Перспективи подальших досліджень включають адаптацію методу для мови COBOL (для банківського сектору), впровадження підтримки мульти-агентної верифікації (де один ШІ пише, а інший — тестує документацію) та інтеграцію інструменту безпосередньо в середовища розробки (IDE).

Summary

The paper presents a method for automated technical documentation generation for legacy systems using a hybrid approach of Abstract Syntax Trees (AST) and Retrieval-Augmented Generation (RAG). The proposed solution significantly reduces LLM hallucinations and provides context-aware documentation including automatically generated sequence diagrams. Experimental results demonstrate high accuracy and practical utility for software modernization tasks.

СИСТЕМА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СПОВІЩЕНЬ ПРО НАВЧАЛЬНІ ЗАНЯТТЯ З ВЕБ-КАБІНЕТОМ ТА ІНТЕГРАЦІЄЮ TELEGRAM-БОТА

Якимова К.С.; Підопригора О.О.

Науковий керівник – к.т.н. Барбарук Л.В.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ, Україна

Вступ. У сучасному освітньому середовищі важливою складовою є оперативний обмін інформацією між учасниками навчального процесу. Студенти та викладачі часто стикаються з проблемою несвоєчасного отримання сповіщень про зміни в розкладі: зміна аудиторій, позапланові події, консультації чи наради. Більшість навчальних закладів використовує розрізнені канали комунікації: соціальні мережі, месенджери, внутрішні сайти, паперові оголошення або електронні таблиці. У результаті важлива інформація може бути втрачена, а студенти дізнаються про зміни вже постфактум. При цьому наявні інформаційні системи або не забезпечують автоматичні сповіщення, або складні у використанні та потребують спеціальних навичок. Через це виникає потреба у створенні єдиної платформи, що поєднує зручність, швидкість оновлення та автоматизацію інформування. Ідея проєкту сформувалася на основі аналізу виявлених проблем. У результаті було визначено потребу у створенні компактною системи, яка зможе виступати універсальним інструментом для перегляду розкладу та отримання сповіщень, працюватиме швидко та інтуїтивно, а також не вимагатиме складного налаштування чи додаткового програмного забезпечення. Telegram як популярна платформа комунікації дає можливість забезпечити максимально швидко доставку повідомлень, а веб-інтерфейс — зручний доступ до редагування та перегляду розкладу. Таким чином, поєднання цих інструментів створює цілісну екосистему для організації навчальних подій.

Метою роботи є створення системи, яка автоматично повідомляє користувача про майбутні навчальні заняття, зміни у розкладі та інші навчальні події через Telegram-бота та веб-кабінет, забезпечуючи при цьому керування розкладом, синхронізацію даних і можливість подальшого масштабування.

Стислий опис ідеї. Ідеєю розробленого проєкту є створення мініверсії повноцінної інформаційної системи, що об'єднує веб-кабінет та Telegram-бота у єдиному середовищі керування навчальними подіями. У веб-кабінеті користувач може додавати нові заняття, редагувати існуючі, переглядати розклад на день або на тиждень, а також налаштовувати час отримання нагадувань (рис. 1). Особлива увага була приділена простоті інтерфейсу та зрозумілій логіці взаємодії. Кожна подія має чітку структуру: назву предмета, дату, час, тип заняття, при потребі — аудиторію або посилання для онлайн-підключення.

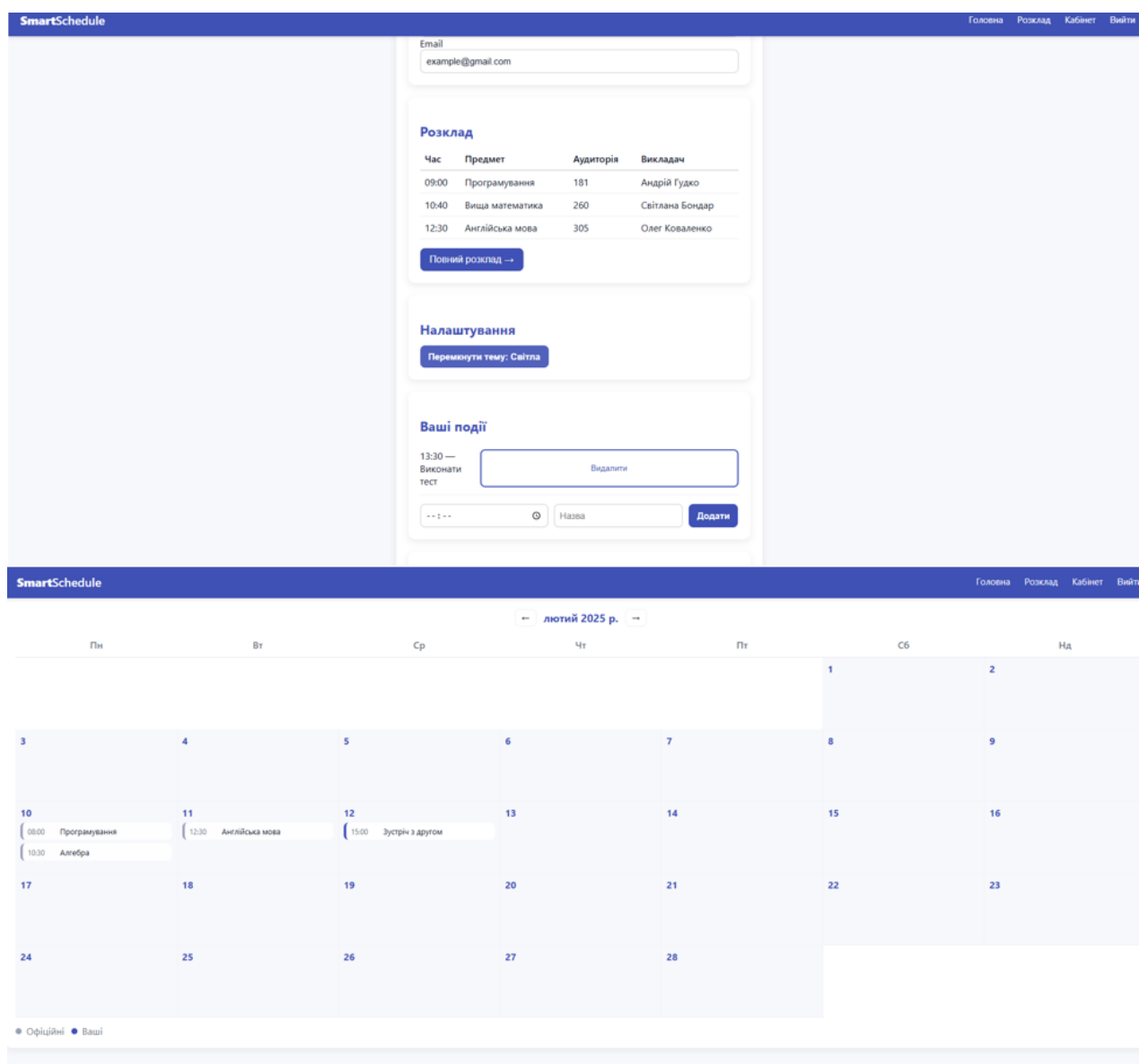


Рисунок 1– Вигляд веб-кабінету

Telegram-бот виступає основним каналом сповіщень. Він має базову підтримку команд, здатен відображати найближчі події, надсилати нагадування у встановлений час, реагувати на зміни розкладу та інформувати користувача без потреби заходити у веб-кабінет. Логіку бота побудовано так, щоб процес користування був максимально простим: користувач не мусить шукати інформацію, система надсилає її автоматично (рис. 2). Інтелектуальний модуль передбачає можливість гнучкого визначення часу сповіщень: наприклад, за годину до початку заняття, за добу, або у конкретний час, обраний користувачем. Крім того, розроблено механізм перевірки актуальності подій, завдяки якому бот не надсилає вже неактуальну інформацію та не дублює повідомлення.

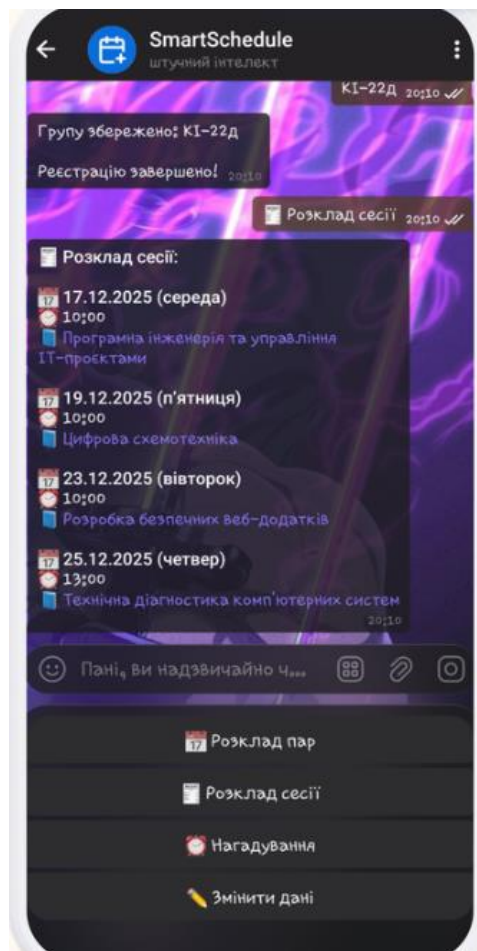


Рисунок 2 – Вигляд Telegram-бота

Проект перебуває на етапі розроблення. У його межах реалізовано інтерфейс керування розкладом, мінісховище подій, базову інтеграцію з Telegram-ботом, механізм нагадувань та основну логіку взаємодії між компонентами системи. Наступним кроком є повноцінне підключення до бази даних SQLite, що забезпечить можливість одночасної роботи багатьох користувачів, централізоване збереження даних, історію змін, розширену аналітику та його подальшу масштабованість. Після інтеграції планується автоматичне оновлення подій, зв'язок між різними користувачами (наприклад, групи або викладачі), а також можливість спільного користування розкладом.

Архітектура веб-кабінету побудована за принципами SPA-додатка. Вся логіка взаємодії розділена на окремі компоненти, що спрощує оновлення, розширення та заміну функціональних частин системи. Telegram-бот працює через офіційне API, включаючи механізми обробки команд, відправлення повідомлень та адаптовані блоки інтерактивної взаємодії. У системі передбачено можливість розширення функціоналу бота за рахунок додавання кнопок, швидких відповідей або контекстних меню.

Технології, що використовуються для реалізації проєкту

Для створення клієнтської частини використано бібліотеку React, яка забезпечує швидку роботу інтерфейсу та зручність у розробці компонентів. Для Telegram-бота застосовано офіційний

інтерфейс API, що дозволяє надсилати повідомлення, обробляти команди та підтримувати діалог із користувачем. На цьому етапі дані зберігаються локально, але структура подій, формат їх передачі та логіка взаємодії вже повністю відповідають вимогам майбутнього підключення до бази даних SQLite. Це дозволить забезпечити стабільність, багатокористувацьку взаємодію та можливість інтеграції бекенд-модуля, розробка якого планується на Node.js або PHP залежно від подальшої архітектури.

Висновки. Створена система демонструє ефективний підхід до автоматизації інформування студентів про навчальні заняття. Реалізований проєкт вже дозволяє створювати та оновлювати розклад, отримувати сповіщення через Telegram-бота, переглядати події у веб-кабінеті та користуватися основними програмними модулями системи. Подальший розвиток проєкту передбачає глибше розширення всієї системної логіки та можливостей взаємодії. Наразі система працює переважно в індивідуальному режимі: кожен користувач отримує власні сповіщення, а веб-кабінет не підтримує повноцінний розподіл ролей чи спільний доступ до даних. Тому одним із ключових напрямів є впровадження багатокористувацького режиму, у якому викладачі, студенти та адміністратори матимуть окремі типи доступу, зможуть взаємодіяти з розкладом та впливати на систему відповідно до своїх повноважень. Це забезпечить колективну роботу з даними та синхронізацію змін у режимі реального часу. Розширення функціоналу Telegram-бота дозволить перетворити його на інтелектуальний центр оперативної комунікації для навчальних груп. У перспективі проєкт може бути адаптований для використання закладами освіти різного масштабу та інтегрований у вже існуючі електронні системи.

Summary

The project presents an intelligent notification system for academic events, combining a web interface with a Telegram bot. A functional prototype has been developed, including the core scheduling features, event management and automatic reminders. Future development focuses on integrating a database, enabling multi-user access, extending analytics and improving the synchronization between system modules.

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА «FINANCE PROGRAM» ДЛЯ ОБЛІКУ ОСОБИСТИХ ФІНАНСІВ

Волохов В.В.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Щербаков Є.В.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ, Україна

Вступ. У сучасних умовах автоматизація фінансового аналізу набуває особливого значення для ефективного управління ресурсами. Finance Program – це програмний засіб, призначений для обробки та аналізу фінансових даних користувача з метою спрощення ведення бюджету, контролю витрат і планування фінансів. Проєкт реалізовано мовою Python з використанням графічного інтерфейсу та низки бібліотек для обробки та візуалізації даних. Система надає користувачам можливість вводити фінансові транзакції, зберігати їх у реляційній базі даних, виконувати аналіз (включно з агрегуванням даних за категоріями та періодами) і будувати наочні графічні звіти. Такий підхід дозволяє підвищити точність і оперативність фінансових розрахунків у порівнянні з ручними методами.

Метою розробки є створення інтерактивної системи для ведення та аналізу фінансів, що поєднує зручний інтерфейс користувача з потужними засобами опрацювання даних. Серед основних завдань проєкту:

- розробити зрозумілий графічний інтерфейс для введення фінансових даних (доходів, витрат, категорій тощо) та перегляду результатів;
- забезпечити надійне зберігання даних у реляційній базі даних MySQL (серверна СУБД) з можливістю багатокористувацького доступу;
- реалізувати модулі аналізу даних із використанням бібліотеки pandas для виконання розрахунків і агрегування фінансової інформації;
- забезпечити візуалізацію отриманих результатів за допомогою matplotlib у вигляді графіків і діаграм для наочного представлення фінансових показників;
- гарантувати масштабованість рішення та можливість його подальшого розширення (наприклад, додавання нових видів аналізу або інтеграція з веб-сервісами).

Основний зміст роботи. Інтерфейс програми реалізовано засобами стандартної бібліотеки Python Tkinter, що є крос-платформним інструментарієм для побудови GUI і входить до складу стандартної бібліотеки Python. Вибір Tkinter обумовлений його простотою та достатніми можливостями для створення настільних застосунків. Інтерфейс Finance Program містить головне вікно з меню та набір форм для введення даних фінансових операцій (сума, категорія, дата, опис тощо). Для покращення зручності передбачено поля вводу з підказками та механізми валідації (наприклад, перевірка правильності формату дати й числових полів). Через інтерфейс користувач може додавати нові записи про доходи чи витрати, редагувати наявні дані або видаляти помилково внесені транзакції. Також реалізовано відображення підсумкової інформації: загальний баланс, сумарні витрати та доходи за вибраний період, що динамічно оновлюються при внесенні змін. Розроблено окреме вікно (або вкладка) для побудови графіків, де користувач може обрати тип діаграми (наприклад, розподіл витрат за категоріями або динаміка витрат за місяцями) та переглянути відповідний графік, згенерований на основі

поточної бази даних. Таким чином, інтерфейс забезпечує інтерактивну роботу з системою та не потребує від користувача глибоких технічних знань.

Для зберігання фінансових даних у проєкті використовується MySQL – серверна реляційна система керування базами даних, що працює за архітектурою клієнт-сервер та вимагає окремого серверного процесу. На відміну від попередньої версії програми, де застосовувалася файлова БД SQLite, перехід на MySQL дозволив забезпечити більш високу надійність та гнучкість сховища даних. База даних розгорнута на MySQL-сервері, до якого Finance Program підключається через відповідний драйвер (конектор) Python. У базі даних спроектовано таблиці для зберігання основної інформації: таблиця транзакцій (поля: сума, дата, категорія, опис, тип операції тощо), таблиця категорій витрат/доходів, а також пов'язані таблиці для додаткових функцій (за потреби).

Для ефективної обробки табличних фінансових даних у проєкті використовується бібліотека pandas. Pandas є потужним інструментом Python, призначеним для маніпулювання даними та їхнього аналізу; вона забезпечує зручні структури даних (особливо двовимірні структури типу DataFrame) та операції для роботи з числовими таблицями і часовими рядами. У межах Finance Program pandas відповідає за завантаження даних з бази MySQL у пам'ять програми та виконання над ними різноманітних аналітичних операцій. Зокрема, після отримання вибірки транзакцій (наприклад, за певний період або категорію) дані організуються у DataFrame, що дозволяє легко їх фільтрувати, групувати та агрегувати. Реалізовано функції підрахунку підсумкових сум витрат і доходів за місяць, визначення середньомісячних витрат, пошуку максимальних та мінімальних значень по категоріях тощо. За допомогою методів групування та агрегування pandas здійснюється, наприклад, обчислення сум витрат для кожної категорії або побудова часових рядів витрат за кожен місяць року. Отримані зведені дані передаються модулю візуалізації для побудови графіків. Pandas значно спрощує код аналізу: багато типових операцій (сортування, обчислення статистичних показників, об'єднання таблиць) виконуються викликом готових методів бібліотеки, що підвищує надійність і читабельність коду.

Варто зазначити, що pandas підвищує продуктивність обробки даних, адже ключові операції виконуються на C/Cython, що забезпечує швидку роботу навіть із великими наборами даних. Завдяки цьому бібліотека надає Finance Program гнучкість і широкий набір інструментів для фінансового аналізу.

Для побудови графіків у системі використовується Matplotlib — стандартний інструмент Python для двовимірної візуалізації. Вона підтримує різні типи діаграм (лінійні, стовпчикові, кругові, гістограми) та дозволяє створювати якісні зображення для звітів і презентацій. У Finance Program модуль візуалізації отримує вже оброблені дані з pandas та генерує відповідні графіки. Для їх відображення в інтерфейсі використано Canvas Matplotlib, інтегрований у Tkinter, що дозволяє показувати діаграми безпосередньо в застосунку.

Предбачено декілька видів візуалізацій:

- Розподіл витрат за категоріями – генерується секторна діаграма (pie chart), де кожна секція відповідає певній категорії витрат, а її розмір пропорційний сумі витрат по цій категорії. Це дозволяє користувачу оцінити, на які потреби витрачається найбільше коштів.
- Динаміка змін у часі – будується лінійний графік із відображенням витрат або доходів по місяцях (чи інших періодах). На осі X – час, на осі Y – сума. Такий графік дозволяє швидко оцінити тенденції, сезонність або зміни рівня витрат.
- Порівняння плану та факту – використовуються стовпчикові діаграми, які показують різницю між запланованими та фактичними витратами в кожній категорії. Це допомагає виявити перевитрати.

Matplotlib забезпечує гнучке налаштування зовнішнього вигляду графіків: у програмі використано форматування підписів (зокрема відсоткові значення на секторах), легенди, різні кольори для кращої візуалізації. Графіки можна зберігати у файли (PNG, JPG, SVG). Завдяки цьому результати аналізу у Finance Program подаються наочно та полегшують розуміння фінансового стану користувача.

Висновки. У ході виконання проекту Finance Program розроблено повнофункціональну настільну систему для ведення та аналізу особистих (або малого бізнесу) фінансів. Досягнуто поставлену мету – розроблений додаток забезпечує зручний інтерфейс для внесення фінансових даних, їх надійне зберігання та комплексний аналіз із візуалізацією ключових показників. Впровадження MySQL як серверної бази даних значно підвищило можливості системи у порівнянні з початковим варіантом на SQLite: тепер програма підтримує багатокористувацький режим роботи, одночасну взаємодію кількох клієнтів із базою даних та обробку великих масивів інформації без втрати продуктивності. Це робить Finance Program придатним для використання не лише однією особою, але й, наприклад, фінансовим відділом невеликої організації, де декілька співробітників можуть паралельно працювати із системою.

Отримані результати підтверджують ефективність інтеграції бібліотек pandas та matplotlib для вирішення задач фінансового аналізу: програмний модуль аналітики правильно обробляє та агрегує дані, а модуль візуалізації формує інформативні графічні звіти. Інтерфейс на базі Tkinter продемонстрував зручність для кінцевого користувача, забезпечуючи інтерактивність та простоту освоєння.

Таким чином, Finance Program успішно реалізує поставлені цілі та поєднує сучасні технології для вирішення задач фінансового моніторингу. Перехід на MySQL забезпечив можливість масштабування системи, а також відкрив перспективи інтеграції з веб-сервісами й мобільними застосунками, що працюватимуть із єдиною базою даних. У майбутньому планується додати нові можливості — автоматичний імпорт банківських виписок, прогнозування бюджету та інші інструменти аналізу, що ще більше підвищить цінність та функціональність Finance Program.

Summary

Finance Program is a Python application for managing and analyzing financial data, featuring a user-friendly GUI built with Tkinter. Users can add income and expense records with categories, dates, and descriptions, and immediately view the results. All data are stored on a MySQL server, which ensures reliability, scalability, and multi-client access. Unlike file-based databases, MySQL efficiently handles large datasets and concurrent connections. Data analysis is performed with pandas: transactions are loaded into DataFrames for filtering, grouping, and generating summaries. Visualization is handled by Matplotlib, which produces pie charts, line plots, and other graphs. The project integrates these technologies to provide a complete solution for personal or small-business finance tracking. Switching from SQLite to MySQL expanded the system's capabilities, enabling secure access and multi-user operation. Overall, Finance Program simplifies budgeting and financial decision-making and offers a solid foundation for future growth, including web integration and predictive analytics.

ІНТЕГРОВАНА ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ НАВЧАЛЬНИМ ПРОЦЕСОМ

Возний К.М.¹

Наукові керівники – к.т.н., доц. Шумова Л.О.¹; к.пед.н. Жученко Є.В.²

¹Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ, Україна

²Відокремлений структурний підрозділ "Сєвєродонецький політехнічний фаховий коледж
Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля", Сміла, Україна

Анотація. У роботі представлено концепцію веб-порталу «ЄРозклад», призначеного для підтримки навчального процесу у закладах вищої освіти. Система об'єднує перегляд розкладу занять, роботу з навчальними завданнями та засоби комунікації між студентами й викладачами в єдиному інформаційному середовищі. Особлива увага приділена інтеграції з ЄДЕБО, що дозволяє автоматизувати додавання студентів та забезпечити актуальність освітніх даних. У межах дослідження сформовано структуру основних модулів системи, визначено вимоги до реалізації, а також проаналізовано перспективи використання платформи як єдиної державної цифрової інфраструктури для управління навчальним процесом.

Вступ. У сучасних закладах освіти зростає потреба у вдосконаленні процесів управління навчанням та комунікації між учасниками освітнього процесу. Більшість використовуваних систем вирішують окремі завдання, наприклад, формування розкладу, облік завдань чи обмін повідомленнями, але не забезпечують цілісного інтегрованого середовища для студентів і викладачів. Це ускладнює організацію навчання, призводить до фрагментації даних, збільшує навантаження на адміністративний персонал, і в результаті потребує об'єднання необхідного функціоналу для спільного рішення, яке полегшить роботу студентів, викладачів та адміністративних працівників.

На сьогодні не існує єдиної загальнодержавної платформи, якою могли б користуватися всі студенти України. Кожен вищий навчальний заклад застосовує власні технологічні рішення, що різняться за функціональністю та рівнем інтеграції.

Тому актуальною задачею стає створення єдиної платформи, яка поєднує перегляд розкладу занять, роботу із завданнями, обмін файлами та можливість комунікації між студентами та викладачами. Система має стати зручним інструментом для організації щоденної навчальної діяльності, спростити взаємодію між користувачами та підвищити прозорість освітнього процесу.

Розроблена концепція архітектури та структурно-логічної моделі інтегрованої системи «ЄРозклад», здатної забезпечити автоматичну взаємодію з державними освітніми реєстрами та оптимізувати управління навчальним процесом. Однією з ключових цілей цього проекту є інтеграція з державними освітніми реєстрами, насамперед із Єдиною державною електронною базою з питань освіти (ЄДЕБО). Такий підхід дозволяє автоматизувати формування користувацьких записів, зменшити кількість ручних операцій і мінімізувати помилки, пов'язані з введенням даних. Адміністраторам необхідно буде лише призначати студентів до відповідних груп, тоді як інформація про них автоматично надходитиме з державного реєстру.

Метою проекту є удосконалення управління навчальним процесом з використанням інтегрованої з державними освітніми реєстрами системи.

Для досягнення цієї мети поставлені і вирішені такі завдання:

- аналіз існуючих інформаційних систем, які використовуються закладами освіти, та визначення їх функціональних обмежень. На основі цього аналізу формується розуміння того, яких можливостей не вистачає сучасним рішенням і які потреби мають користувачі (студенти, викладачі та адміністрація);
- формулювання вимог до інтегрованої системи, що дозволяє визначити її ключовий функціонал, принципи роботи та особливості взаємодії між компонентами. З урахуванням цих вимог розробляється структурно-логічна модель системи «єРозклад», яка описує архітектуру платформи, модульну будову та інформаційні потоки. Окрема увага приділяється формуванню підходів до інтеграції з державними освітніми реєстрами, зокрема ЄДЕБО, оскільки саме цей аспект забезпечує актуальність даних та мінімізує ручне адміністрування. Для інтеграції визначаються принципи доступу, формати даних, алгоритми синхронізації та вимоги безпеки;
- узагальнення вимог до реалізації системи, як функціональних, так і нефункціональних, включно з вимогами до продуктивності захисту даних та середовища розгортання, що формує основу для її практичної реалізації.

Загальна характеристика проєкту. Система «єРозклад» передбачає створення єдиного середовища для студентів, викладачів та адміністрації. Основний функціонал включає:

- перегляд та формування розкладу занять;
- управління навчальними завданнями та обмін файлами;
- можливість спілкування між учасниками навчального процесу;
- автоматичне отримання даних про студентів і групи з ЄДЕБО;
- інструменти адміністратора для управління користувачами та навчальними процесами.

Особливістю проєкту є механізм синхронізації з державними реєстрами, який дозволяє уникнути ручного введення інформації та зменшити кількість помилок.

Результати аналізу предметної області підтвердили необхідність створення комплексної інтегрованої системи «єРозклад», яка об'єднує функції управління розкладом, роботу із завданнями, комунікацію та автоматичну синхронізацію з ЄДЕБО. Такий підхід дозволить мінімізувати ручні операції, забезпечити цілісність і актуальність даних, знизити навантаження на адміністративний персонал та створити єдину платформу, доступну для освітніх закладів різного рівня.

Архітектура системи «єРозклад» побудована за модульним принципом, що забезпечує незалежність компонентів та узгоджену взаємодію між ними через внутрішні API. Такий підхід дозволяє масштабувати рішення, розширювати функціональність і підтримувати стабільну роботу всієї платформи під час оновлень окремих частин.

Першим ключовим компонентом виступає Auth Service, який відповідає за автентифікацію користувачів та розмежування доступу. Після входу роботу продовжує User Service, що зберігає інформацію про студентів, викладачів і навчальні групи, а також приймає дані, отримані з ЄДЕБО.

Безпосереднє управління освітнім процесом забезпечує Schedule Service, який формує та перевіряє розклади, а також враховує конфлікти ресурсів. Доповнює його Task/Assignment Service, що організовує взаємодію між викладачами та студентами в межах завдань і матеріалів. Комунікація всередині системи реалізована через Messaging/Chat Service, який забезпечує обмін повідомленнями, групові чати та сповіщення. Узагальнення та аналіз даних здійснює Analytics Service, що надає статистику для управлінських рішень.

Центральну роль в інтеграції з державними реєстрами виконує Integration Service – саме він отримує структуру студентських груп з ЄДЕБО, перевіряє її коректність та передає внутрішнім модулям системи.

Елемент архітектури Admin Service забезпечує адміністрування всієї платформи: керування користувачами, дисциплінами, групами та моніторинг процесів синхронізації. Він виконує функцію управлінського ядра й гарантує цілісність та актуальність даних.

У комплексі ці модулі формують узгоджену цифрову екосистему, яка підтримує навчальний процес, автоматизує роботу навчальних закладів та забезпечує інтеграцію з державними освітніми сервісами.

Інтеграція системи «ЄРозклад» з ЄДЕБО є ключовою складовою проєкту, оскільки саме вона забезпечує автоматичне формування та оновлення контингенту студентів. Основна ідея інтеграції полягає у тому, щоб дані про зарахування, академічні групи та освітні програми надходили у систему з офіційного джерела, без ручного введення, що мінімізує ймовірність помилок та значно зменшує навантаження на адміністраторів.

Обмін інформацією здійснюється через окремий модуль – Integration Service, який отримує структуровані дані (JSON, XML) з ЄДЕБО, виконує валідацію та перетворення у внутрішній формат системи. Після цього дані передаються до User Service для оновлення профілів студентів і груп. Така схема дозволяє підтримувати найвищу актуальність інформації та уникати дублювання в різних інформаційних системах навчальних закладів.

Окрему увагу приділено питанням узгодженості форматів і політик обробки персональних даних. Інтеграція передбачає офіційне погодження технічних специфікацій із розробниками та адміністраторами ЄДЕБО, а також забезпечення вимог щодо захищених каналів зв'язку, автентифікації запитів і обмеження доступу лише для уповноважених осіб.

Завдяки такому підходу інтеграція перетворює «ЄРозклад» на частину єдиного державного освітнього середовища, забезпечує достовірність контингенту студентів і дозволяє розгортати систему у масштабах країни без втручання користувачів у ручне адміністрування даних.

Вимоги до реалізації. Реалізація системи «ЄРозклад» передбачає дотримання низки технічних та організаційних вимог, спрямованих на забезпечення стабільності, безпеки та можливості подальшого масштабування. Однією з базових є модульна архітектура, яка дозволяє оновлювати окремі компоненти незалежно один від одного. Це забезпечує гнучкість під час розширення функціональності та адаптації системи до змін нормативних вимог.

До ключових вимог також належить підтримка стійкої роботи з зовнішніми сервісами – насамперед із ЄДЕБО. Система повинна коректно обробляти відкладені або часткові відповіді, повторювати запити в разі виникнення тимчасових збоїв і забезпечувати цілісність даних під час синхронізації. Для цього рекомендується використовувати механізми черг повідомлень та асинхронну обробку даних.

У сфері захисту інформації система має забезпечувати безпечне зберігання персональних даних і застосовувати стандартизовані методи шифрування при передачі. Доступ до адміністративних функцій повинен бути жорстко регламентований ролями користувачів, а всі дії протоколюватися. Це особливо важливо, враховуючи інтеграцію з державними реєстрами та необхідність відповідати вимогам українського законодавства.

Крім технічних аспектів, реалізація повинна враховувати й експлуатаційні вимоги: простоту використання для студентів та викладачів, зручність адміністрування, підтримку веб-інтерфейсу та мобільних пристроїв. Лише поєднання цих характеристик дозволить системі

ефективно працювати в умовах різних навчальних закладів і відповідати сучасним вимогам цифрової освіти.

Висновки. Розроблення системи «eРозклад» є актуальним кроком у напрямі цифровізації освітнього середовища України. Проведений аналіз показав, що наявні інформаційні системи навчальних закладів залишаються фрагментованими та не забезпечують єдиного підходу до управління розкладом, завданнями й комунікацією між учасниками освітнього процесу. Це створює потребу у створенні інтегрованої платформи, здатної об'єднати ключові функції в єдиному цифровому просторі.

Запропонована архітектура системи орієнтована на модульність, масштабованість та інтеграцію з ЄДЕБО. Такий підхід забезпечує автоматичне отримання даних про студентів і групи, підвищує точність інформації та зменшує адміністративне навантаження на працівників навчальних закладів. Ключові системні модулі від керування розкладом і завданнями до внутрішньої комунікації та аналітики формують комплексний інструмент для підтримки освітнього процесу.

Визначені вимоги до реалізації підкреслюють необхідність дотримання безпеки даних, використання сучасних вебтехнологій та забезпечення зручності для користувачів. Завдяки цьому проєкт має потенціал стати універсальним рішенням для різних типів навчальних закладів і створити основу для формування єдиної державної платформи електронної взаємодії у сфері освіти.

Summary

This work presents the concept of the integrated system “eRozklad”, designed to support and optimize the educational process in higher education institutions. The analysis of existing solutions revealed that most university information systems remain fragmented and do not provide a unified environment for managing schedules, assignments, and communication. This demonstrates the need for a centralized platform capable of consolidating these core functions within a single digital ecosystem.

The proposed system architecture is based on modularity, scalability, and seamless integration with the Unified State Electronic Database on Education (EDEBO). Such an approach enables automatic synchronization of student and group data, improves information accuracy, and significantly reduces administrative workload. The main system modules—from schedule and assignment management to internal communication and analytics—create a comprehensive tool for supporting daily educational activities.

The defined implementation requirements emphasize the importance of data security, modern web technologies, and user-friendly interaction. Due to these characteristics, the project has the potential to become a universal solution for educational institutions of different types and form the foundation of a national digital platform for educational management in Ukraine.

СИСТЕМА ОБЛІКУ ТА СЕРТИФІКАЦІЇ СТУДЕНТІВ

Ушич В.В.

Науковий керівник – к.т.н. Барбарук Л.В.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ, Україна

Вступ. У сучасних умовах стрімкого технологічного розвитку та високих вимог до кваліфікації персоналу, виробничі підприємства, які надають складне або високотехнологічне обладнання, стикаються з критичною проблемою: неефективним обліком та відсутністю уніфікованої системи верифікації фахівців, навчених до його експлуатації. Традиційні паперові методи обліку та видачі сертифікатів є повільними, схильними до помилок і не забезпечують миттєвої перевірки статусу кваліфікації. Це створює ризики для безпеки експлуатації та ускладнює роботу з навчальним центром. Актуальність розробки полягає у створенні цифрового, централізованого сервісу, який мінімізує паперовий документообіг та забезпечує прозорість і достовірність даних про підготовку кадрів.

Мета. Розробка масштабованої, багатокомпонентної вебсистеми для автоматизації повного циклу обліку, оцінювання та сертифікації студентів, навчених роботі з конкретним обладнанням, що забезпечує високу надійність даних та легку перевірку кваліфікації.

Стислий опис ідеї. Пропонується реалізація вебсервісу, що функціонує як єдина платформа для керування навчальним процесом, пов'язаним з експлуатацією обладнання. Ключові функції включають:

- реєстрація та облік: ведення повного реєстру студентів та груп, інтеграція з навчальними даними;
- проведення екзаменів: фіксація результатів іспитів та оцінювання знань за предметами (рис.1);
- сертифікація та валідація: генерація сертифікатів з унікальним ідентифікатором та наданням публічного API для миттєвої перевірки його дійсності та терміну придатності (рис.2);
- адміністрування: надання адміністративного інтерфейсу для повного контролю за даними, пагінацією та пошуком.

The screenshot displays a web application interface for student certification. At the top, there is a dark green header bar with a logo on the left, a book icon in the center, and a '+ Створити студента' button on the right. Below the header, the main content area has a light orange background. It features a student profile card with the name 'Харман Максим Васильович' and buttons for 'Сертифікат', 'Редагувати', and 'Створити Екзамен'. Below this is a table showing exam results.

ЕКЗАМЕНИ СТУДЕНТА	ДАТА ОЦІНЮВАННЯ	ДАТА СТВОРЕННЯ	СЕРЕДНІЙ БАЛ
Екзамен №1	12/5/2025	12/5/2025	4.0

Рисунок 1 — Фіксація результатів



Рисунок 1 — Генерація сертифікатів

Проблема, яку вирішує проєкт. Проєкт вирішує проблему децентралізованого та непрозорого обліку кваліфікації технічних фахівців. Зокрема:

- усунення паперового документообігу та пов'язаних з ним затримок і помилок;
- забезпечення достовірної та миттєвої валідації сертифікатів (перевірка чинності кваліфікації), що є критично важливим для виробника обладнання та безпеки;
- надання єдиної точки управління для навчального центру, дозволяючи легко фільтрувати та сортувати великі обсяги даних про навчання.

Цільовий ринок проєкту. Виробники складного промислового, медичного або військового обладнання, які мають власні навчальні центри або надають ліцензії на експлуатацію.

Потенційні користувачі:

- адміністратори/викладачі навчального центру виробника (для реєстрації, оцінювання та видачі сертифікатів);
- менеджмент компанії-виробника (для моніторингу якості підготовки та аудиту);
- сторонні організації/інспектори: можливість швидкої публічної валідації сертифікатів.

Основні конкуренти (зарубіжні та вітчизняні аналоги). Прямими конкурентами є великі, універсальні LMS-системи (Learning Management Systems, такі як Moodle), а також корпоративні системи документообігу (наприклад, АС «Деканат», JetIQ).

Ключова відмінність (перевага). На відміну від універсальних систем, які вимагають складної адаптації, цей проєкт сфокусований на вузькій задачі обліку кваліфікації та забезпечує готовий, чистий API для валідації сертифікатів у режимі реального часу, інтегрований у сучасну веб-архітектуру.

Переваги пропонованого рішення:

- сучасна архітектура та технології: використання сучасного, високопродуктивного стеку (Ruby on Rails 8, Next.js, PostgreSQL) забезпечує гнучкість, надійність та готовність до масштабування;
- швидкість розгортання та ізоляція: контейнеризація за допомогою Docker для деплою спрощує розгортання та гарантує ізольованість середовищ;

- висока безпека: реалізація API на базі JSON Web Tokens (JWT) для захисту даних користувачів забезпечує високий рівень захисту інформації;
- UX/UI та кросплатформенність: використання Next.js на фронтенді забезпечує сучасний, оптимізований інтерфейс, готовий до використання як на десктопі, так і на мобільних пристроях.

Технології, що використовуються для реалізації проєкту. Проєкт побудований на сучасній двокомпонентній архітектурі (Backend + Frontend) з використанням контейнеризації.

Таблиця 1 - Використані технології

Компонент	Технології	Призначення та деталізація
Backend	Ruby on Rails 8.0.0, Ruby 3.3.6	Реалізація API-логіки, робота з даними
СУБД	PostgreSQL	Надійна реляційна база даних для зберігання облікових записів, оцінок та сертифікатів
Фронтенд	Next.js, React, TypeScript	Сучасний інтерфейс користувача (Single Page Application) з типізацією коду
Архітектура	Docker, Docker Compose	Контейнеризація для легкого розгортання, ізоляції середовищ та автоматизації деплою
Додатково	U-Case, Ransack	Бізнес-логіка (Use Cases), розширена фільтрація та пагінація даних

Результати. Було успішно розроблено повноцінний MVP вебсервісу для автоматизованого обліку та сертифікації. Головним досягненням є створення надійної цифрової платформи, що замінює традиційні паперові процеси та надає миттєвий інструмент для перевірки кваліфікації фахівців. Чітке розділення на Front-end та Back-end, а також застосування контейнеризації (Docker), забезпечує високу стійкість системи та простоту обслуговування.

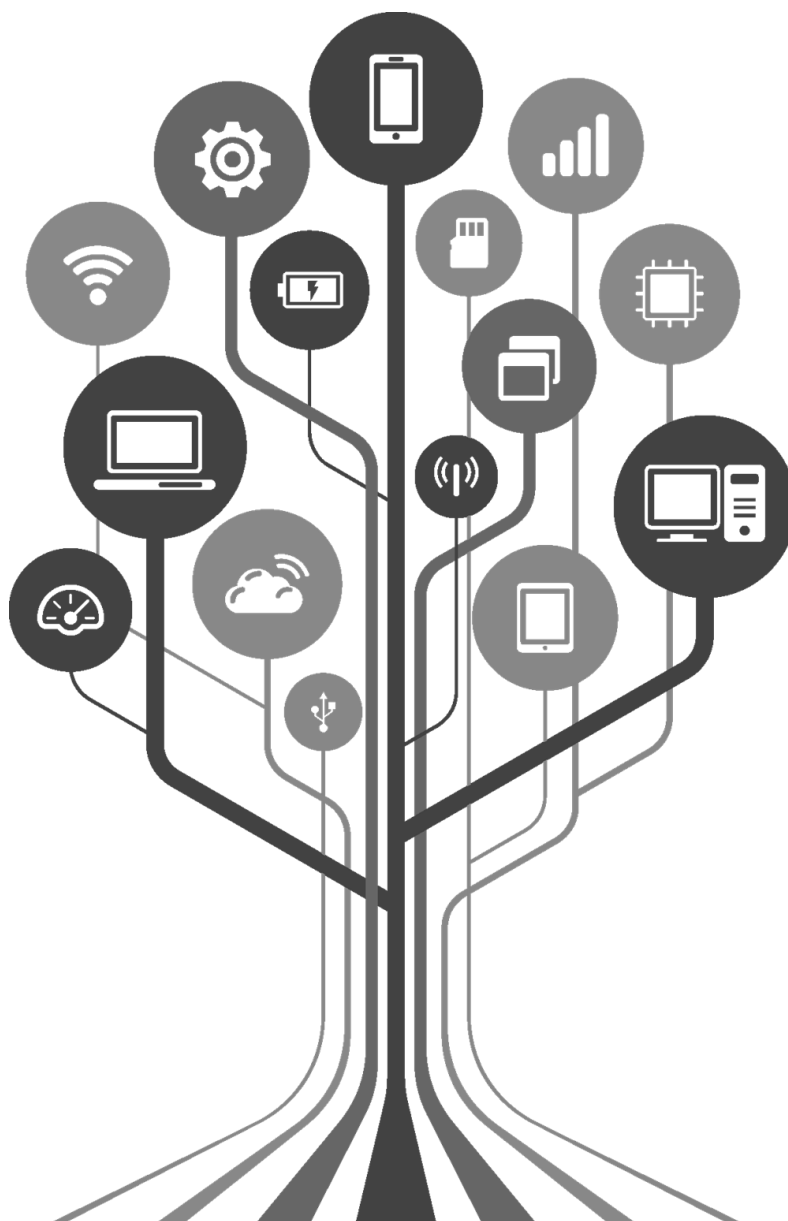
Перспективи для подальших робіт:

- розширення функціоналу: впровадження системи для проведення самого онлайн-тестування (LMS-функціонал);
- інтеграція з CRM: додавання можливості інтеграції з корпоративними системами виробника для автоматичного оновлення даних про персонал;
- мобільна адаптація: створення повноцінного мобільного додатка для швидкого доступу до сертифікатів (наприклад, через Flutter або React Native, як у прикладах).

Summary

The project introduces a reliable web service for automated tracking and certification of students trained to operate specialized industrial equipment. It solves the critical problem of inefficient paper-based record-keeping by providing a centralized digital platform for registration, grading, and real-time certificate validation. The solution is built on a modern stack (Ruby on Rails 8, Next.js, PostgreSQL) and deployed using Docker/Kamal architecture, offering high security (JWT, Bcrypt) and scalability. The system is targeted at specialized equipment manufacturers. Future plans include integrating online testing and CRM synchronization.

ДОСЛІДЖЕННЯ В ІТ ГАЛУЗІ



КОНЦЕПТ РОЗУМНОГО МІСТА З ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Травін В.М.¹

Наукові керівники - д.т.н., проф. Рязанцев О.І.¹; д.т.н., проф. Скарга-Бандурова І.С.^{2,3}

¹Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ, Україна

²Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, Україна

³School of Engineering, Computing and Mathematics of Oxford Brookes University, Oxford, UK

Вступ. В останні десятиліття було досягнуто значного прогресу у сфері інформаційних технологій, що включає в себе штучний інтелект, машинне навчання, IoT технології, тощо. Цифрові додатки, завдяки їх ефективності, широко використовуються у повсякденному житті, зокрема в охороні здоров'я, транспорті та соціальних мережах. Більше того, мобільні та веб-додатки покривають майже всі аспекти повсякденної діяльності, такі як розваги, спортивні заняття, навігаційні послуги тощо. Ми розглядаємо можливість застосування існуючого досвіду для розробки централізованої системи прийняття рішень на рівні міст України.

Метою цього проєкту є розробка прототипу застосунку «Розумного Міста», котра допоможе моніторингу інфраструктури міст, а також покращить якість життя мешканців як на загальному рівні, так і на рівні виконання окремих повсякденних справ.

Стислий опис пропонованої ідеї. Основна стратегія полягає в інтеграції як існуючих, так і майбутніх джерел даних у застосунок для моніторингу різних аспектів міста та надання підтримки і рекомендацій на вимогу або під час надзвичайних ситуацій. Першочерговими аспектами розглядаються:

- Вибір маршрутів для піших та вело прогулянок в залежності від:
 - стану повітря;
 - стану погоди;
 - стану доріг.

- Моніторинг і попередження аварійних станів електро та водо-мереж.

Головною ціллю є розробка моделей штучного інтелекту, здатних генерувати швидкі відповіді, використовуючи:

- історичні дані;
- існуючий стан різноманітних систем;
- введені користувачем дані та власні налаштування;
- тощо.

Платформа «Розумне місто» буде розроблена як модульне рішення, де кожен модуль буде присвячено певній функції на основі спеціалізованої моделі штучного інтелекту. Крім того, платформа буде підтримувати інтеграцію кількох модулів для вирішення більш складніших рішень. Такий підхід дозволить безперешкодно інтегрувати нові модулі без порушення роботи вже існуючої системи та вважається найкращою практикою в масштабованих рішеннях.

Іншим ключовим компонентом є інтеграція даних з різних джерел. У рамках цієї системи будуть створені дата стріми для стандартизації та уніфікації процесу збору та обробки даних. Цілеспрямоване узагальнення сприятиме точному навчанню моделей штучного інтелекту, а також сприятиме легшому обміну даними між різними містами, бізнесом та сферами моніторингу поза рамками головної задачі проєкту.

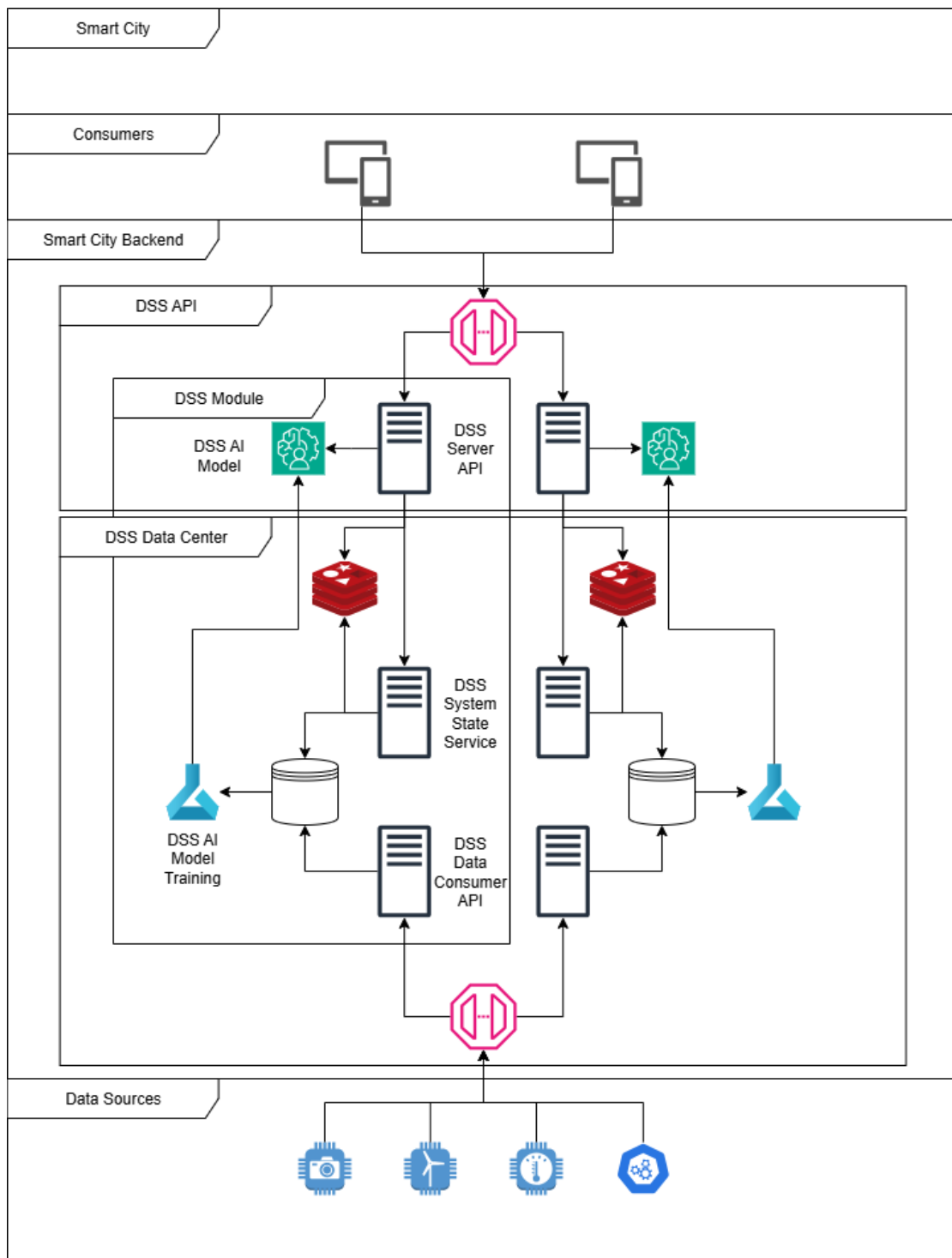


Рисунок 1 - Загальна архітектура «Розумного Міста». Центр прийняття рішень DSS поєднаний на модулі за стандартизованою структурою. Кожен модуль відповідає конкретній ізольованій задачі

Крім того, будуть застосовані заходи безпеки. Розглядаються різні рівні доступу, що будуть надавати гранульований доступ до різних модулів «Розумного міста». Публічний доступ буде надано до таких послуг, як розклади руху транспорту та інформація про якість повітря, тоді як

модулі, необхідні для стабільності систем електромережі, водяних насосів та інших, будуть доступні виключно відповідним установам.

Серцем архітектури проєкту (

Рисунок 1) будуть API системи підтримки прийняття рішень (DSS), що складатимуться з програм, які використовують попередньо навчені моделі штучного інтелекту для обробки запитів на прогнозування, класифікацію або виявлення аномалій на основі їхнього цільового призначення. Як вхідні дані користувача, так і поточний стан системи будуть використовуватись як вхідні параметри моделі.

Центр обробки даних (DSS Data Center) працюватиме незалежно від API користувача (DSS API) та розроблений для обробки, аналізу, відстеження та зберігання записів з різних джерел вхідних даних. Він сприятиме навчанню моделей штучного інтелекту з використанням історичних наборів даних.

Проблема (задача), яку вирішує проєкт. Створення централізованої системи аналізу стану міст, що включає в себе як погодні, так і інфраструктурні фактори. Надання персоналізованих рекомендацій, спрямованих на покращення життя людей і праці місцевої інфраструктури, а також впровадження систем інформації і попереджень у надзвичайних станах.

Потенційні користувачі і цільовий ринок проєкту - це мешканці міст, а також комунальні підприємства.

Основні конкуренти (зарубіжні та вітчизняні аналоги). Натхненням для цього проєкту став вже існуючий аналог Розумного Міста та Портів міста Турку, Фінлядія, Turku's Integrated and Interconnected City Ecosystem [1]. Цей проєкт вже багато років розробляє цифрове забезпечення для інтеграції різних систем міста.

Для аналізу стану погоди існує популярний сервіс Open Weather App [2]. Іншим прикладом успішної системи рекомендацій є польський проєкт Jakdojade [3]. Він існує вже багато років і успішно запроваджує інформацію щодо громадського транспорту, включаючи розклад автобусів та трамваїв, а також планування подорожі і маршруту. Аналогічні можливості надає і сервіс Google Map [4], але приклад Jakdojade показує, що місцеві рішення можуть мати перевагу над узагальненими застосунками.

Переваги пропонованого рішення проявляються у адаптивності під потреби індивідуального міста і його можливостей. Головний фокус сконцентрований на модульності системи з можливістю запозичення рішень між містами. Фінальним етапом буде незалежність від зарубіжних рішень і сервісів.

Технології для реалізації проєкту. На етапі прототипу планується використовувати:

- ASP.NET буде використовуватися як основна технологія для розробки бекенд-серверів.
- Python як основна мова для побудови нейронних мереж та машинного навчання.
- PostgreSQL для реляційних, графових та документних баз даних.
- Azure Blob Storage для збору файлів, що використовуються в навчанні, а також для навчених моделей.
- Redis для кешування.
- Azure Kubernetes Service для оркестрації.
- Azure ML Studio для навчального середовища моделей.

У разі успіху, хмарні технології можна замінити на локальні рішення для кожного міста.

Висновки. Проєкт «Розумне Місто» - це амбіційний проєкт, спрямований на діджиталізацію міст України і створення централізованого моніторингу стану міста, а також автоматизованої системи прийняття рішень. На етапі прототипу будуть розглянуті найпростіші системи, будуть створені загальні архітектурні рішення для розробки сервісів, а також спроможність застосунку виконувати свої задачі. Розглядатиметься різний підхід по побудування і навчання нейронних моделей і створення спеціалізованого штучного інтелекту. Особлива увага приділятиметься вже існуючим системам в містах, а також можливостям введення нових моніторингових систем. Нарешті, використовуватиметься досвід вже існуючих систем, котрі надають загальні послуги, а також результати введення подібних систем в інших містах світу.

Summary

Smart City is an ambitious project aimed at digitizing Ukrainian cities and creating a centralized system for city condition monitoring and automated decision-making. At the prototype stage, the simplest systems will be considered, general architectural solutions for developing services will be created, and the application's capability to perform its tasks will be validated. Various approaches to building and training neural models and creating specialized artificial intelligence will be explored. Special attention will be paid to existing city systems, as well as opportunities to introduce new monitoring systems. Finally, the project will leverage the experience of existing systems that provide general services, as well as outcomes from implementing similar systems in other cities around the world.

Використані джерела

1. I. Wahlström, K. Edelman, R. Franzén, A. Tsvetkova та Y. C. Zhou, «Digital integration generates synergies driving the development of a smart port-city,» The City of Turku P.O.Box 355 (Yliopistonkatu 27a), 20101, Turku, 2025.
2. «Current weather and forecast,» OpenWeather , 2025. [Онлайновий]. Available: <https://openweathermap.org/>.
3. «Jakdojade - Twój Partner Podróży,» Jakdojade, 2025. [Онлайновий]. Available: <https://jakdojade.pl/>.
4. «Google Maps,» Google, 2025. [Онлайновий]. Available: <https://www.google.com/maps>.

МЕТОДИ І ЗАСОБИ ПІДВИЩЕННЯ АВТОНОМНОСТІ РОБОТИ ГІБРИДНИХ СИСТЕМ БЕЗПЕРЕБІЙНОГО ЖИВЛЕННЯ

Полтавський І.А.

Науковий керівник - д.т.н., проф. Захожай О.І.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ, Україна

Вступ. Сучасне суспільство демонструє критичну залежність від стабільного та безперебійного електропостачання. Функціонування центрів обробки даних, телекомунікаційних мереж, медичного обладнання та інших критично важливих систем залежить від наявності електроенергії. Будь-яке порушення живлення, навіть короточасне, може призвести до значних фінансових втрат, втрати даних, зупинки технологічних процесів та виникнення загроз для здоров'я і життя людей. Особливої гостроти ця проблема набуває в умовах тривалих та непередбачуваних відключень електроенергії, з якими стикається населення України. Для вирішення цієї проблеми існують різні підходи. Традиційні джерела безперервного живлення забезпечують захист, але мають обмежений час автономної роботи. Мережеві інвертори дозволяють використовувати сонячну енергію, проте вимикаються при зникненні мережі. Найбільш ефективним рішенням є гібридні системи, які поєднують переваги обох технологій: здатність працювати з відновлюваними джерелами, накопичувати енергію в акумуляторах та забезпечувати живлення при відсутності зовнішньої мережі. Однак аналіз існуючих рішень показав, що стандартні алгоритми керування гібридними системами не здатні адаптуватися до мінливих зовнішніх умов, таких як графіки планових відключень, які запроваджені по різних регіонах України. Це призводить до ситуацій, коли в момент збою мережі, або великої щільності відключень акумулятор виявляється недостатньо зарядженим, що нівелює автономність системи та обґрунтовує актуальність розробки нових підходів до керування.

Метою роботи є підвищення автономності роботи систем безперебійного живлення з резервуванням вхідних каналів шляхом розробки та впровадження адаптивного алгоритму керування.

Метод. Для досягнення мети запропоновано метод адаптивного керування енергетичними потоками, який базується на інтеграції зовнішніх даних у алгоритм прийняття рішень. На відміну від класичних систем з жорсткою логікою (де пріоритет надається або економії, або надійності), запропонований метод динамічно змінює стратегію поведінки системи залежно від зовнішніх умов.

Сутність методу полягає у безперервному моніторингу та аналізі трьох груп параметрів:

- 1) внутрішній стан системи: рівень заряду акумулятора, поточне споживання навантаження та миттєва потужність генерації сонячних панелей.
- 2) стан зовнішньої мережі: наявність живлення та стабільність його параметрів.
- 3) зовнішні прогнози: графіки планових відключень (завантажені користувачем).

Основна ідея запропонованого підходу полягає у завчасному реагуванні на майбутні відключення. Алгоритм безперервно порівнює поточний час із часом початку найближчого запланованого відключення згідно з графіком. На основі цих даних та поточних параметрів живлення розраховується критичний момент, коли необхідно почати підзарядку акумуляторної батареї (АКБ). Поки до відключення залишається достатньо часу, система працює в режимі максимальної ефективності, використовуючи сонячну енергію для максимальної ефективності.

Однак, як тільки час до початку знеструмлення наближається до критичної межі активується режим заряджання АКБ. У цьому стані пріоритет миттєво змінюється: система фокусується на гарантуванні енергетичної безпеки, примусово заряджаючи акумулятори від усіх доступних джерел прагнучи максимального накопичування заряду.

Стислий опис. Для досягнення цієї мети були вирішені наступні завдання:

1. Проведено аналіз предметної області та виявлено недоліки існуючих стратегій керування.
2. Сформульовано вимоги до адаптивного алгоритму, який забезпечує перехід системи у режим підвищеної готовності перед прогнозованим відключенням.
3. Визначено логіку роботи системи, яка аналізує енергетичний баланс у реальному часі та інтегрує зовнішню інформацію про графіки відключень для гарантування необхідного рівня заряду АКБ.

Результати. Результатом роботи є розроблений адаптивний алгоритм керування, який реалізує стратегію динамічного балансування енергетичними потоками в залежності від графіків відключень електричного живлення.

Висновки. Запропонований адаптивний алгоритм дозволяє створити автоматичну систему, яка не тільки здійснює реагування на поточні параметри, а й комбінує його з прогнозним керуванням, що забезпечує максимальну енергетичну автономність та ефективність живлення споживачів електричної енергії. Отримані результати підтверджують доцільність інтеграції прогностичних даних у контур керування. Подальші дослідження будуть спрямовані на перевірку ефективності алгоритму шляхом комп'ютерного моделювання різних сценаріїв роботи для кількісної оцінки підвищення часу автономної роботи.

Summary

The work focuses on increasing the autonomy of hybrid uninterruptible power systems by introducing an adaptive control algorithm. The method integrates internal system parameters, grid status, and scheduled outage data to adjust operation in real time. The algorithm ensures timely battery charging before predicted outages, improving reliability and autonomy. Further evaluation is planned through computer-based modelling.

РОЗРОБКА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО БЕНЧМАРКУ ДЛЯ ОЦІНКИ МАТЕМАТИЧНОГО МІРКУВАННЯ ТА СИМВОЛЬНОЇ РЕКОНСТРУКЦІЙ ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ

Блажків В.О.

Науковий керівник – к.т.н. Барбарук Л.В.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ, Україна

Вступ. Стрімкий розвиток великих мовних моделей (LLM) відкриває нові перспективи для їх використання в наукових дослідженнях. Однак існуючі інструменти оцінки (на кшталт GSM8K) фокусуються на текстових задачах і не дозволяють повною мірою перевірити здатність моделей до індуктивного математичного виведення. Актуальність пропонованого дослідження зумовлена необхідністю створення спеціалізованих інструментів для перевірки глибинних здібностей ШІ у сфері символічної регресії — відновлення точного аналітичного вигляду функції за набором даних, що є критичним для автоматизованого наукового пошуку.

Метою дослідження є розробка програмного бенчмарку та алгоритмічних підходів для комплексної оцінки здатності LLM реконструювати математичні функції різної розмірності, а також відновлювати залежності через їхні диференціальні характеристики та в умовах трансформації систем координат.

Метод. Для досягнення поставленої мети розроблено та застосовано метод процедурно-генеративного оцінювання із символічною верифікацією. Цей підхід базується на принципах системного аналізу, теорії формальних мов та інженерії програмного забезпечення. Він дозволяє нівелювати ефект «забруднення даних» (data leakage), притаманний статичним наборам даних, та забезпечує перевірку здатності моделей до генералізації, а не запам'ятовування.

Реалізація методу передбачає створення автоматизованого конвеєра (pipeline), який декомпозується на три функціональні етапи.

Перший етап - це процедурна генерація структурованих тестових завдань (The Oracle). На відміну від використання фіксованих датасетів, застосовано алгоритмічний підхід до створення завдань "на льоту" (On-the-fly generation) з використанням бібліотек символічної алгебри (наприклад, SymPy). Генератор базується на розробленій багатовимірній матриці складності, що включає три вісі варіювання:

- глибина дерева виразу та набір допустимих операторів (від арифметичних до вкладених композицій);
- типи функцій (поліноміальні, трансцендентні, спеціальні, рекурсивні);
- наявність точок розриву, асимптот, періодичності або модулярності.

Другий етап включає уніфікацію взаємодії з LLM. Для кожної згенерованої функції автоматично формуються два набори даних: інтерполяційний (для навчання/контексту) та екстраполяційний (для перевірки прогностичних здібностей поза межами навчального діапазону). До числових значень додається контрольований гаусів шум для імітації реальних експериментальних умов.

Для проведення масштабного порівняльного аналізу реалізовано програмний шлюз (API Gateway), що абстрагує взаємодію з різними архітектурами моделей:

- Proprietary Models: доступ до SOTA-моделей (OpenAI GPT-5, Anthropic Claude, Google Gemini) через відповідні API;
- Open-Source Models: розгортання локальних серверів інференсу (на базі vLLM, Ollama) для тестування моделей Llama, Mistral, Gemma тощо.

Система підтримує динамічне формування промптів (Prompt Engineering), що дозволяє варіювати постановку задачі: від прямого відновлення (Zero-shot) до агентної взаємодії, де модель може запитувати додаткові точки даних (Active Learning) або отримувати підказки про аналітичні властивості функції (наприклад, наявність полюсів).

На третьому етапі буде багатокритеріальна верифікація та оцінювання. Отримані від LLM текстові відповіді проходять етап синтаксичного розбору (парсингу) для виокремлення математичних формул у формат LaTeX або Python-код.

Оцінка якості реконструкції є комплексною і включає:

- символна еквівалентність (Symbolic Equivalence): використання систем комп'ютерної алгебри для спрощення різниці між еталонною $f(x)$ та відновленою $\hat{f}(x)$ функціями ($f(x) - \hat{f}(x) \rightarrow 0$). Це дозволяє ігнорувати синтаксичні відмінності запису (наприклад, $x + x$ проти $2x$);
- числова точність (Numerical Accuracy): розрахунок метрик MSE та R^2 окремо на інтерполяційному та екстраполяційному наборах;
- структурна схожість (Structural Similarity): оцінка відповідності "скелету" формули (наприклад, через метрику Tree Edit Distance), що дозволяє виявити, чи зрозуміла модель фізичний закон, чи просто апроксимувала дані поліномом високого ступеня.

Такий підхід забезпечує валідність оцінювання когнітивних здібностей моделей до математичної індукції, виключаючи фактор простого запам'ятовування.

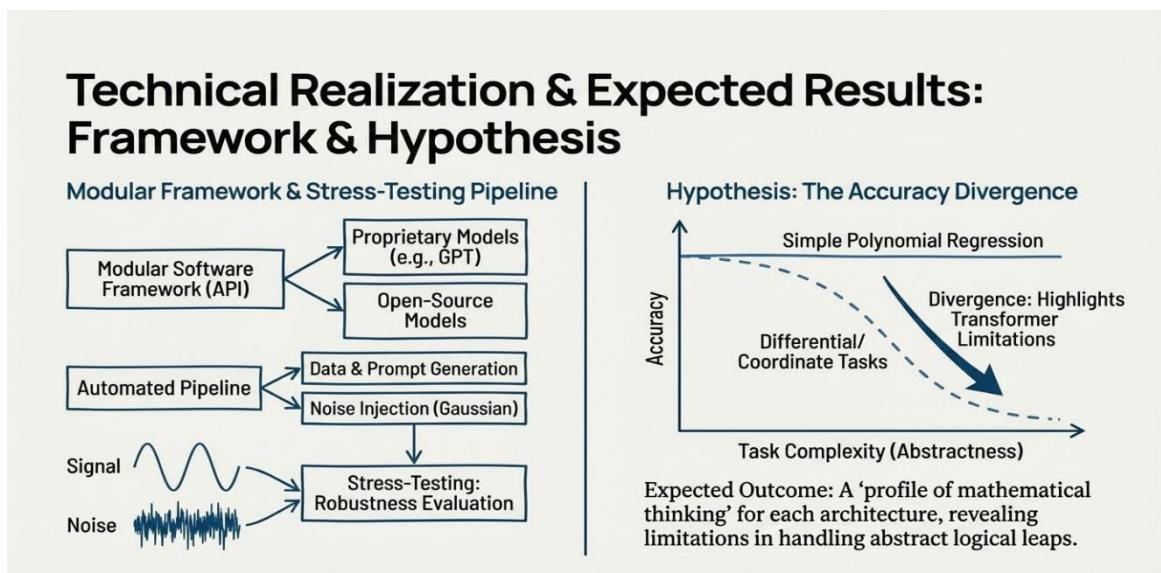


Рисунок 1 — Схематичний опис запропонованого методу

Стислий опис. В основу проєкту покладено ідею створення гнучкого середовища для оцінки здатності ШІ вирішувати задачі за межами стандартної апроксимації. Бенчмарк проєктується з урахуванням поступового ускладнення завдань:

Класична символна регресія. Відновлення $y = f(x)$ за набором точок.

Додатково LLM може отримувати дані від похідної $f^{(n)}(x)$ або первісної $F(x)$ із завданням відновити вихідну функцію. Це перевіряє розуміння фундаментальних зв'язків математичного аналізу.

Трансформація координат: Подача вхідних даних в одній системі (наприклад, полярній), з вимогою надати формулу в іншій (декартовій).

У майбутньому планується розширення бенчмарку на функції багатьох змінних $z = f(x, y)$ що дозволить оцінити здатність моделей працювати з поверхнями.

Результати. У ході дослідження планується спроектувати та реалізувати програмний каркас на мові Python. Планується провести серію експериментів на широкому спектрі моделей для побудови порівняльної матриці їхніх компетенцій.

Планується підтвердити гіпотезу, що введення додаткових вимірів та непрямих даних (похідних) суттєво знизить точність моделей, які покладаються на запам'ятовування, дозволивши виділити архітектури, здатні до абстрактного узагальнення.

Також планується дослідити ефективність різних стратегій промптингу (Chain-of-Thought, Program-of-Thought) для підвищення якості символічної регресії.

Висновки. Запропонований підхід та програмний засіб дозволять створити об'єктивну систему оцінювання математичних здібностей ІІІ. Автоматизація процесу генерації та валідації завдань через API забезпечить відтворюваність експериментів та масштабованість дослідження. Практичним результатом стане відкритий інструмент, який допоможе дослідникам визначати придатність конкретних LLM для вирішення складних завдань фізичного моделювання та аналізу даних.

Summary

The project aims to develop a software benchmark for evaluating Large Language Models (LLMs) in symbolic regression. The method involves creating an automated pipeline for generating synthetic data (including derivatives and multivariate functions) and testing models via API integration. The study plans to assess LLMs' ability to reconstruct functions under complex conditions, such as coordinate transformations and indirect data inputs, using a metric of semantic equivalence.

АНАЛІЗ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ТЕСТУВАННЯ БЕЗДРОТОВИХ МЕРЕЖ НА ПРОНИКНЕННЯ

Матюк Д.С.; Наконечний Б.В.; Олійник С.І.
Науковий керівник – к.т.н., доц. Деркач М.В.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, Україна

Вступ. Бездротові точки доступу – це ефективне рішення для побудови масштабованих, гнучких мобільних мереж, але існує проблема, що часто пов'язана з відсутністю безпеки на них. Згідно з міжнародними дослідженнями в галузі кібербезпеки, загрози безпеці бездротових мереж послідовно входять до найбільш поширених векторів атак, зі збільшенням на 45% зареєстрованих інцидентів за останній рік. Користувачі регулярно підключаються до бездротових точок доступу, не замислюючись про те, чи є вони справжніми чи зловмисними. Більше того, користувачі не знають про типи атак, які можуть виходити з «шахрайських» точок доступу, встановлених зловмисниками, і яку інформацію вони можуть захопити. Зловмисники використовують цю перевагу, щоб отримати доступ до конфіденційної інформації користувачів. До того ж організації все більше покладаються на бездротовий зв'язок для критично важливих операцій, тому значення пристроїв у практиці етичного хакінгу для ретельної оцінки безпеки, таких як WiFi Pineapple, Flipper Zero, пропорційно зростає.

Мета – проаналізувати пристрої для тестування бездротових мереж на проникнення і розробити власний портативний пристрій, що дає змогу проводити польові випробування, швидко розгортати точки атаки та мінімізувати час налаштування.

Wi-Fi Pineapple. WiFi Pineapple – це пристрій, розроблений компанією Hak5, для оцінки безпеки бездротових мереж стандарту IEEE 802.11. Пристрій функціонує як спеціалізована платформа для аудиту бездротових мереж, здатна виконувати безліч атак, включаючи атаки Evil Twin і MitM. По суті WiFi Pineapple дозволяє користувачам шукати та знаходити вразливості в бездротових мережах, аналізувати та ідентифікувати потенційні цілі, а також оперативно вживати коригувальних заходів до того, як мережа буде скомпрометована. Пристрій також надає у своєму вебінтерфейсі набір модулів, які можна налаштувати та використовувати для розвідки, проникнення в мережу, відстеження, реєстрації та звітності про активність цих мереж.

Flipper Zero. Flipper Zero - портативний пристрій для дослідження бездротових протоколів ближньої дії та IoT-пристроїв. Flipper Zero може зчитувати, зберігати та емулювати різні RFID та NFC-карти, що працюють на частотах як 125 кГц, так і 13,56 МГц, а також здатен захоплювати, аналізувати та відтворювати сигнали в радіочастотному діапазоні 300-928 МГц. Пристрій має вбудований ІЧ-передавач і приймач, відкриті GPIO-піни, що розширює його можливості. До того ж Flipper Zero може функціонувати як програмований USB HID-пристрій.

NetScope. NetScope – власноруч розроблений портативний пристрій, що призначений для тестування безпеки бездротових мереж на вразливості, зокрема WPA/WPA2, відкриті точки доступу, слабкі паролі, застарілі протоколи шифрування, WPS; здатний автоматично виявляти бездротові мережі та підключені пристрої; проводити атаки, включаючи атаки деавтентифікації, спам-маяки; перевіряти стійкість до MitM-сценаріїв, а також клонувати мережі. NetScope повністю автономний і не потребує: суттєвих витрат на час розгортання та

використання додаткового програмного забезпечення, підключення до мережі живлення, а також спеціальних знань. Має модульну структуру, що надає можливість розширювати функціонал для тестування інших протоколів бездротового зв'язку. В подальшому планується розробка додаткових модулів, в тому числі для можливості надання звіту через вебінтерфейс.

Таблиця 1 – Аналіз пристроїв для тестування бездротових мереж

Критерій	Wi-Fi Pineapple	Flipper Zero	NetScope
Ціна	до 250 USD	до 400 USD	до 70 USD
Розмір / портативність	Середній, потребує додаткових модулів	Компактний, кишеньковий формат	Компактний, кишеньковий формат
Простота використання	Потребує знань Linux / CLI	Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс	Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс
Функціональність	Обмежена Wi-Fi	Підтримка Wi-Fi, BLE, RFID/NFC, Radio 300-928 MHz	Підтримка Wi-Fi, BLE, ZigBee, Radio 2.4 GHz
Призначення	Для фахівців	Для фахівців	Для фахівців і освітніх установ

Результати всебічного аналізу демонструють потребу в пристроях для пентестінгу бездротових мереж як зручного у використанні рішення, що дозволяє оперативно перевірити рівень захищеності точок доступу, контролерів, клієнтських пристроїв у будь-якому місці; забезпечує зниження ризиків витоку даних шляхом швидкої діагностики вразливостей в конфігурації бездротових мереж в реальних умовах. Розроблений портативний пристрій NetScope перейняв переваги багатофункціонального Flipper Zero, при цьому має відносно малу собівартість навіть порівняно з WiFi Pineapple, і може бути використаний як навчальний інструмент для курсів з кібербезпеки.

Висновки. Компрометація бездротових мереж не залишається ізольованою проблемою, а часто служить плацдармом для глибших вторгнень у ІТ-середовище. Задля проведення легітимного тестування безпеки в межах етичного хакінгу фахівцям, яким необхідно оцінювати та зміцнювати безпеку бездротових мереж, у нагоді стають не лише програмні, а й апаратні інструменти.

Summary

Wireless network compromise is not an isolated problem but often serves as a springboard for deeper intrusions into the IT environment. To conduct legitimate security testing within the framework of ethical hacking, professionals who need to assess and strengthen the security of wireless networks need not only software, but also hardware tools.

Використані джерела

1. Mishko O., Matiuk D., Derkach M. (2024) Security of remote iot system management by integrating firewall configuration into tunneled traffic. Scientific Journal of TNTU (Tern.), vol 115, no 3, pp. 122–129.
2. Матюк Д.С. NetScope: ПЕНТЕСТІНГ БЕЗДРОТОВИХ МЕРЕЖ / Д.С. Матюк, М.В. Деркач // Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей XIV міжнар. наук.-техн. конф. молодих учених та студентів, (Тернопіль, 11-12 грудня 2025) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін.]. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2025.

ВИКОРИСТАННЯ ІТ-ТЕХНОЛОГІЙ У СИСТЕМІ ФОРМУВАННЯ КАРТИ ПРОСТОРОВОГО РОЗТАШУВАННЯ МАЛОРОЗМІРНИХ ОБ'ЄКТІВ

Коррель В.В.

Науковий керівник - д.т.н., проф. Захожай О.І.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ, Україна

Вступ. Актуальність роботи зумовлена необхідністю створення ефективних мобільних систем просторового аналізу малорозмірних об'єктів у геоінформаційних технологіях. Застосування наземних дронів із вбудованими сенсорними модулями та локальною обробкою даних дозволяє забезпечити автономність, точність і відмовостійкість таких систем. Однак існує проблема точності ідентифікації типу малорозмірних об'єктів та відокремлення інформативних ознак від інформаційного шуму. Існує велике різноманіття сенсорів, що працюють за різним фізичним принципом, поєднання яких в одній системі дозволяє підвищити кількість інформативних ознак для ідентифікації, однак, в цьому випадку, потрібне застосування спеціальних методів та інструментальних засобів агрегації даних та їх селекції за ступенем інформативності. При чому, слід зазначити, що за умов зміни умов спостереження також змінюватиметься й інформативність даних з різних сенсорів.

Метою роботи є підвищення точності ідентифікації малорозмірних об'єктів та побудови мапи їх просторового розташування шляхом розробки і обґрунтування програмно-апаратної системи із використанням доступного стеку технологій. Обраний стек ІТ-технологій: Raspberry Pi, Python, SQLite, Flask/FastAPI, Nginx, Android забезпечує можливість швидкого прототипування, масштабування та проведення експериментальних досліджень.

Метод. Методологія включає застосування одноплатного комп'ютера Raspberry Pi для інтеграції системи сенсорів різного фізичного принципу реєстрації, подальшого збору, локальної обробки та агрегації даних і подальшої селекції інформативних ознак за якими здійснюється ідентифікація малорозмірних об'єктів. Для локального зберігання даних з сенсорів застосовано SQLite. Далі локальні сховища можуть поєднуватися в глобальні для представлення даних просторового розташування об'єктів на великих територіях. Flask/FastAPI та Nginx застосовуються для реалізації REST API. Android-планшет призначений для візуалізації мапи розміщення об'єктів, керування процесом збору даних, а також формування структурованих наборів ознак для подальшого аналізу, розробки моделей машинного навчання та вирішення задачі ідентифікації та класифікації.

Стислий опис. Система складається з наземної роботизованої платформи на якій розташовується основний операційний модуль – Raspberry Pi та система сенсорів з різним фізичним принципом ідентифікації малорозмірних об'єктів, а також системи зв'язку: GNSS (Global Navigation Satellite System), GSM (Global System for Mobile Communications), металодетектор, магнітометр). На одноплатному комп'ютері Raspberry Pi також розгортається локальне сховище даних SQLite, веб-сервер NGINX та API для обміну даними з мобільним застосунком. Робоче місце оператора на основі Android-пристрою забезпечує візуалізацію траєкторій та зареєстрованих об'єктів. Дані передаються до центру обробки, де виконуються кластеризація, аналіз та формування узагальнених результатів.

Результати. Реалізовано MVP системи з повнофункціональним циклом: збір даних сенсорів, зчитування координат, фіксація малорозмірних об'єктів, передача даних та їх візуалізація. Експерименти підтвердили ефективність обраного стека технологій, здатність системи працювати автономно та формувати достовірні карти розташування об'єктів.

Висновки. Отримані результати доводять доцільність використання автономних платформ з попереднім локальним розташуванням сховищ даних та подальшої агрегації цих даних в глобальні сховища та наступну обробку великих масивів агрегованих даних для отримання достовірного результату ідентифікації малорозмірних об'єктів. Інтерпретація результатів роботи MVP свідчить, що запропонований програмний стек (Python + REST API) забезпечує надійну локальну обробку даних, що зменшує залежність від стабільності інтернет-з'єднання та дозволяє виконувати місії в автономному режимі. Візуалізація даних у реальному часі надає оператору можливість оперативно оцінювати ситуацію та коригувати маршрут. Перспективи подальших робіт полягають у розробці методів комплексної інтеграції даних від різномірних сенсорів (GNSS, металодетектор, мігнітометр) для підвищення точності позиціонування. Також планується впровадження оптимізованих моделей машинного навчання безпосередньо на борту дрона для автоматичної класифікації типу виявлених об'єктів та фільтрації хибних спрацювань. Це дозволить перейти від простої фіксації аномалій до створення інтелектуальних карт забруднення територій.

Summary

The paper presents a hardware–software system for detecting and mapping small ground objects using a technology stack based on Raspberry Pi, Python, SQLite, Flask/FastAPI, and Android. The proposed architecture ensures autonomous data collection, local processing, wireless communication, and real-time visualization. Experimental results confirm the effectiveness of the chosen technologies and outline future directions for machine learning integration and system scaling.

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ДЛЯ ПЕРСОНАЛІЗАЦІЇ ВЗАЄМОДІЇ КОРИСТУВАЧІВ З ІНТЕРНЕТ-МАГАЗИНАМИ НА ОСНОВІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Арендаренко О.Я.

Науковий керівник – к.т.н. Барбарук Л.В.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ, Україна

Вступ. В сучасних умовах розвиток електронної комерції супроводжується інтеграцією рішень зі штучним інтелектом для підвищення ефективності продажів і поліпшення досвіду користувачів. Особливо актуальними є персоналізовані рекомендаційні системи, інтелектуальні пошукові асистенти, мультимовні перекладачі і чат-боти для підтримки клієнтів. Використання таких AI-модулів дозволяє суттєво підвищувати конверсію й дохід: зокрема, досвід впровадження персоналізованих рекомендацій показує можливий приріст конверсії на рівні $\approx 30\%$ та покращення користувацького досвіду. Крім того, автоматичний переклад контенту відкриває доступ до нових ринків, а чат-боти цілодобово відповідають на запити клієнтів, знижуючи навантаження на службу підтримки. Враховуючи ці фактори, постає задача створення комплексного рішення, що об'єднує різні інтелектуальні функції в єдиній системі для інтернет-магазину. Проєкт AuroraAI має на меті саме таку інтегровану платформу: об'єднати модулі рекомендацій, пошуку, перекладу та підтримки клієнтів для синергетичного покращення бізнес-процесів.

Метою проєкту є розробка інтегрованої AI-платформи AuroraAI, що надасть модулі персоналізованих рекомендацій, семантичного пошуку товарів, автоматичного перекладу контенту і чат-бота для підтримки користувачів. Це рішення дозволить оптимізувати процес покупки в електронному магазині через інтелектуалізацію взаємодії з клієнтом.

Метод. Для досягнення мети було застосовано модульний підхід до розробки платформи AuroraAI:

- аналіз вимог та існуючих рішень: здійснено огляд технологій інтелектуальних асистентів у e-commerce та вивчення документації окремих модулів;
- проєктування архітектури: розроблено модульну архітектуру платформи з чотирма основними компонентами (рекомендації, пошук, переклад, чат). Кожний модуль має власний інтерфейс та взаємодіє через єдиний API;
- розробка та інтеграція модулів: реалізовано і налаштовано кожний із ключових модулів (Aurora Proposals, SmartBuy, AuroraTranslator, AI Chatbot) згідно з технічними вимогами.
- тестування та налагодження: проведено інтеграційне тестування взаємодії компонентів, перевірено коректність формування рекомендацій, пошукових запитів, відповідей чат-бота та перекладу контенту.

Стислий опис ідеї. Платформа AuroraAI містить чотири основні інтелектуальні компоненти, що працюють узгоджено:

- AuroraProposals Assistant: модуль персоналізованих рекомендацій товарів. Він відстежує дії користувачів на сайті (перегляд сторінок, кліки, додавання до кошика, покупки тощо), аналізує зібрані дані за заданими правилами та автоматично формує персоналізовані

пропозиції товарів в реальному часі. Такий підхід дозволяє показувати клієнту найбільш релевантні саме для нього товари і тим самим підвищувати ймовірність покупки;

- SmartBuy Assistant: інтелектуальна система пошуку й збору покупок на основі природного запиту. Вона аналізує текстові запити користувача (навіть нечіткі або контекстні) та підбирає відповідні товари або готові комплекти товарів (бандли). Модуль може одразу сформувати віртуальний кошик для покупки, а також надавати короткі AI-згенеровані пояснення до кожної рекомендації, спрощуючи користувачу вибір;
- AuroraTranslator: модуль автоматичного перекладу вмісту інтернет-магазину. За допомогою сучасних мовних моделей він здійснює автоматичний або ручний переклад описів товарів, категорій та CMS-сторінок різними мовами. Це дозволяє власнику магазину легко локалізувати контент для різних ринків без ручного написання перекладів, розширюючи аудиторію потенційних клієнтів.
- AuroraAssistant: контекстно-орієнтований чат-бот для підтримки клієнтів. Модуль відповідає на поширені запитання з бази знань, допомагає знайти товари за описом та за потреби передає складні випадки на розгляд живому оператору. Завдяки підтримці реального часу (WebSocket-підключенню) чат-бот забезпечує 24/7 доступність та швидку взаємодію з користувачем.

Платформа AuroraAI також містить інтуїтивний клієнтський дашборд, у якому користувачі можуть налаштовувати роботу кожного модуля: керувати правилами рекомендацій, параметрами SmartBuy, мовними налаштуваннями перекладу та поведінкою чат-бота. Дашборд забезпечує гнучке ввімкнення й вимкнення функцій, перегляд статистики та повний контроль системи в режимі реального часу (рис.1).

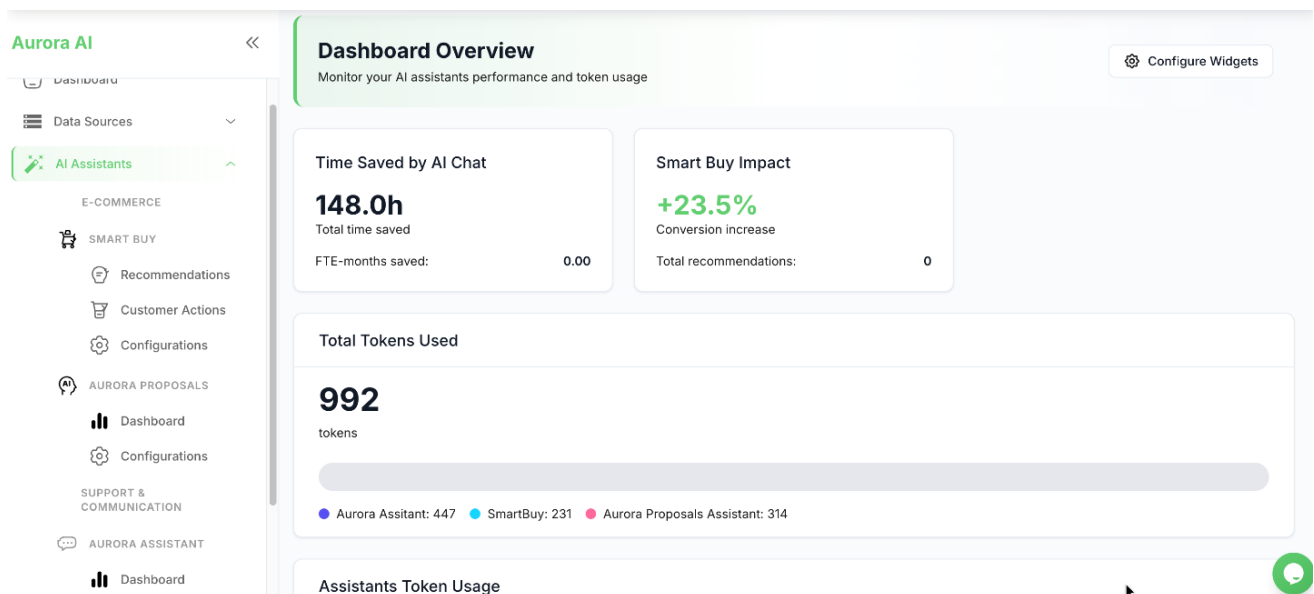


Рисунок 1 – Інтерфейс платформи AuroraAI

Результати. В результаті виконання проекту розроблено працездатний прототип платформи AuroraAI, що продемонстрував високу ефективність інтелектуальних компонентів. Основні результати включають:

- підвищення конверсії: застосування модуля рекомендацій (AuroraProposals) і смарт-пошуку (SmartBuy) дозволило сформувати більш релевантні пропозиції та повні кошики товарів, що, за оцінками, може збільшити конверсію до +30 %;
- зростання середнього чеку: інтеграція інтелектуальних бандлів товарів призвела до збільшення середнього розміру замовлення;

- покращення обслуговування: чат-бот забезпечив цілодобову підтримку клієнтів, знижуючи навантаження на службу підтримки та підвищуючи задоволеність користувачів. Одночасно завдяки AuroraTranslator було розширено географію обслуговування магазину завдяки локалізації контенту декількома мовами.

Висновки. Розроблена система AuroraAI довела ефективність підходу комплексної інтеграції декількох AI-модулів у сфері електронної комерції. Застосування персоналізованих рекомендацій, контекстного пошуку, реального часу чат-підтримки і автоматичного перекладу дозволяє значно оптимізувати процес покупки та взаємодію з клієнтом. Подальші роботи плануються зосередити на впровадженні алгоритмів машинного навчання для глибшого аналізу поведінки користувачів, прогнозування ймовірності купівель та покращення персоналізації результатів. Крім того, перспективним є розширення функціоналу додатковими мовними моделями та інтеграція з іншими платформами, що забезпечить адаптивність AuroraAI до нових ринків і запитів користувачів.

Summary

The AuroraAI project presents an integrated AI platform for e-commerce. It combines multiple intelligent assistants: a personalized recommendation system (AuroraProposals), a natural-language product search (SmartBuy), an AI-powered content translator (AuroraTranslate), and an AI chatbot for customer support (AuroraAssistant). By unifying these components, the system aims to enhance conversion rates and overall user experience in online shopping. The initial prototype demonstrates the potential of leveraging AI across various aspects of the shopping process.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ DEVOPS-ПРАКТИК В CRM/ERP-СИСТЕМАХ ТА ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЇХ ВИБІР

Белей Д.А.

Науковий керівник - д.т.н., проф. Меньяйленко О.С.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ, Україна

Вступ. Цифрова трансформація підприємств супроводжується масовим впровадженням систем управління взаємовідносинами з клієнтами та планування ресурсів підприємства, глобальний ринок яких досягне 130 мільярдів доларів США у 2028 році. Традиційні підходи до розробки та експлуатації корпоративних інформаційних систем демонструють неефективність у забезпеченні швидкості впровадження змін, якості програмного забезпечення та безперервності надання послуг. Методологія DevOps як парадигма інтеграції процесів розробки і експлуатації програмного забезпечення набуває критичного значення для підвищення конкурентоспроможності організацій. Дослідження показують, що впровадження DevOps-практик забезпечує скорочення часу розгортання на 90 відсотків та підвищення якості програмного забезпечення. Водночас теоретичні засади вибору та адаптації DevOps-практик до специфіки CRM/ERP-систем залишаються недостатньо дослідженими, що зумовлює актуальність теоретичного осмислення факторів, які визначають ефективність застосування конкретних практик у різних організаційних контекстах.

Мета роботи полягає у теоретичному обґрунтуванні застосування DevOps-практик у розробленні та експлуатації CRM/ERP-систем, систематизації факторів, які визначають вибір конкретних практик, та розробленні концептуальної моделі прийняття рішень на основі багатокритеріального аналізу.

Теоретичні основи дослідження. Методологія DevOps сформувалася як відповідь на обмеження традиційних моделей розробки програмного забезпечення, зокрема каскадної моделі та ізольованого функціонування команд розробників і операторів. Теоретичне підґрунтя DevOps становлять принципи гнучкої розробки програмного забезпечення, концепція безперервної інтеграції та безперервного розгортання, теорія обмежень у контексті оптимізації потоку створення цінності, а також організаційні теорії культурної трансформації підприємств. Фундаментальною характеристикою DevOps виступає подолання організаційних бар'єрів між командами через автоматизацію процесів, спільну відповідальність за якість продукту та безперервне вдосконалення.

Корпоративні інформаційні CRM/ERP-системи характеризуються складною багатокомпонентною архітектурою, інтеграцією з численними зовнішніми системами, високими вимогами до надійності та безпеки даних, тривалими циклами розробки та необхідністю забезпечення безперервності бізнес-процесів. Специфіка таких систем накладає особливі вимоги на процеси розробки та експлуатації, що потребує адаптації класичних DevOps-практик до контексту корпоративного програмного забезпечення. Теоретичний аналіз показує, що застосування DevOps у CRM/ERP-системах передбачає впровадження практик безперервної інтеграції, автоматизованого тестування, контейнеризації додатків, управління інфраструктурою як кодом та моніторингу та систем.

Систематизація DevOps-практик. На основі аналізу наукової літератури запропоновано класифікацію DevOps-практик за функціональним призначенням. Практики автоматизації розробки охоплюють системи контролю версій, безперервну інтеграцію, автоматизоване тестування на різних рівнях. Практики автоматизації розгортання включають безперервне розгортання, управління конфігураціями, контейнеризацію та оркестрацію. Практики забезпечення якості представлені статичним аналізом коду, автоматизованим скануванням вразливостей, інтеграцією принципів безпеки у процес розробки. Практики моніторингу передбачають збирання метрик, логів та трасувань, візуалізацію стану систем, автоматизоване виявлення аномалій. Практики організаційної трансформації включають формування крос-функціональних команд, культуру спільної відповідальності, безперервне навчання та обмін знаннями.

Фактори вибору DevOps-практик. Теоретичний аналіз дозволив виділити категорії факторів, які визначають доцільність застосування конкретних DevOps-практик у CRM/ERP-проектах. Організаційні фактори включають розмір та структуру команди розробників, рівень зрілості процесів розробки програмного забезпечення, готовність до культурних змін, наявність підтримки керівництва. Технічні фактори охоплюють складність архітектури системи, технологічний стек, ступінь модульності додатків, наявність застарілих компонентів. Бізнесові фактори представлені вимогами до швидкості виходу продукту на ринок, допустимим рівнем ризиків, бюджетними обмеженнями, регуляторними вимогами. Ресурсні фактори включають доступність технічної експертизи, інфраструктурні можливості, інвестиції у навчання персоналу.

Теоретичне обґрунтування методу TOPSIS. Вибір DevOps-практик становить багатокритеріальну задачу прийняття рішень, оскільки передбачає одночасне врахування множини суперечливих критеріїв. Теоретичний аналіз методів багатокритеріального аналізу показав доцільність застосування методу TOPSIS для ранжування альтернативних варіантів впровадження DevOps-практик. Метод базується на концепції геометричної відстані від ідеального та антиідеального рішень, що дозволяє об'єктивно оцінити переваги кожної альтернативи. TOPSIS здатний обробляти як кількісні, так і якісні критерії, володіє простим математичним апаратом, забезпечує прозорість процесу прийняття рішень та широко застосовується у задачах вибору програмного забезпечення та інформаційних систем.

Концептуальна модель системи підтримки прийняття рішень передбачає визначення множини альтернатив у вигляді різних конфігурацій DevOps-практик, формування переліку критеріїв оцінювання на основі виявлених факторів, встановлення ваги критеріїв методом експертних оцінок або аналітичної ієрархії, побудову матриці рішень, нормалізацію значень критеріїв, обчислення зважених нормалізованих значень, визначення ідеального та антиідеального рішень, розрахунок евклідових відстаней до них та обчислення коефіцієнта близькості до ідеального рішення для ранжування альтернатив.

Висновки. Теоретичне дослідження підтверджує доцільність застосування методології DevOps для підвищення ефективності впровадження змін та експлуатації CRM/ERP-систем через автоматизацію процесів, скорочення часу впровадження змін та підвищення якості програмного забезпечення. Систематизація DevOps-практик за функціональним призначенням дозволяє структурувати простір можливих рішень та забезпечує основу для обґрунтованого вибору. Виявлені організаційні, технічні, бізнесові та ресурсні фактори формують багатовимірний простір критеріїв для оцінювання альтернатив. Застосування методу TOPSIS до задачі вибору DevOps-практик забезпечує об'єктивність та прозорість процесу прийняття рішень, що

підвищує ефективність впровадження DevOps-методології у корпоративних інформаційних системах.

Подальші дослідження мають бути спрямовані на емпіричну верифікацію розробленої моделі та адаптацію методології до специфічних галузевих контекстів.

Summary

It was studied main DevOps-practicies, its use for CRM/ERP business systems in the aspects of process automation, time of deployment and software quality. It was studied organisational, technical, business and resource factors that have influence on DevOps implementation. It was developed conceptual model of the decision support system with identified factors and evaluation criteria that supports optimal choice for DevOps-practices usage via the TOPSIS method.

ПРОГРАМНО-АПАРАТНА МОДЕЛЬ «РОЗУМНИЙ ДІМ» З ВИКОРИСТАННЯМ ІОТ-СИМУЛЯТОРА ДЛЯ ВІДДАЛЕНОГО КЕРУВАННЯ

Ведмідь Д.С.¹

Наукові керівники – к.т.н., доц. Кардашук В.С.¹; к.т.н., доц. Бортник К.Я.²

¹Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ, Україна

²Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна

Вступ. Стрімкий розвиток технологій Інтернету речей (IoT) докорінно змінює підходи до автоматизації у побуті, промисловості та міському середовищі. Застосування концепції «Розумного дому» є одним із провідних напрямів застосування IoT, оскільки поєднує зручність, енергоефективність і технологічну гнучкість. У зв'язку з цим питання розробки, тестування та моделювання таких систем є особливо актуальним як для наукових досліджень, так і для практичних проєктів. Водночас розвиток IoT-технологій ставить перед розробниками нові завдання. Потрібно забезпечити сумісність пристроїв різних виробників, стандартизувати протоколи обміну даними, розробити ефективні алгоритми автоматизації та водночас гарантувати захист інформації, тому для тестування та перевірки роботи систем «Розумний дім» важливо використовувати спеціальні середовища моделювання.

Метою роботи є дослідження, проєктування та моделювання програмно-апаратної системи типу «Розумний дім» із використанням технологій IoT та симулятора Wokwi, а також відпрацювання принципів взаємодії між пристроями за допомогою протоколу MQTT. Стислий опис ідеї. MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) — це легкий протокол обміну повідомленнями за моделлю "видавець-підписник" (publish-subscribe), який використовується для спілкування між пристроями, особливо в IoT. Він оптимізований для пристроїв з обмеженими ресурсами та мережами з низькою пропускну здатністю, оскільки він компактний, ефективний і може працювати в умовах нестабільного зв'язку. Wokwi – це онлайн симулятор для Arduino та деяких інших платформ, що імітує як роботу самого мікроконтролера, так і деякого "заліза": дозволяє зібрати віртуальну схему з модулів і запустити на ній програму. Розвиток IoT став можливим завдяки кільком ключовим факторам. По-перше, сучасні датчики та виконавчі механізми стали дешевшими, компактнішими та більш точними. Це дозволяє підключати до мережі все більше пристроїв. По-друге, поширення бездротових технологій (Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, LoRa тощо) робить обмін даними швидким та надійним. По-третє, сучасні обчислювальні потужності дозволяють обробляти великі обсяги інформації в режимі реального часу. Нарешті, хмарні сервіси і платформи дають змогу централізовано зберігати дані, проводити їхню аналітику та контролювати роботу пристроїв віддалено (рис. 1).

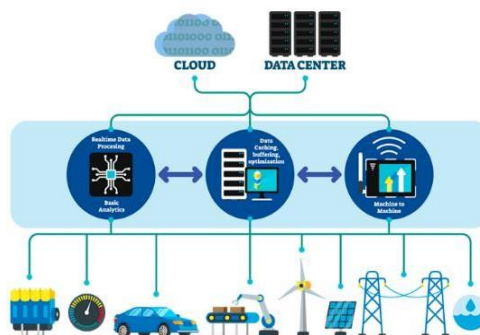


Рисунок 1 – IoT і хмарні технології

Загальна структура проєкту. IoT активно застосовується для створення так званих «розумних середовищ» – комплексних систем, у яких об'єкти не лише виконують свої прямі функції, а й взаємодіють між собою. Прикладами таких систем є розумні будинки, де автоматизовано керується освітлення, клімат та безпека; розумні міста, де оптимізуються транспортні потоки, енергоспоживання та екологічний контроль; а також промислові об'єкти, де за допомогою IoT моніторять стан обладнання та передбачають можливі відмови. У контексті розумного дому IoT-пристрої забезпечують значне підвищення комфорту та безпеки. Наприклад, датчики руху та камери спостереження контролюють безпеку мешканців, а температурні сенсори та термостати підтримують комфортну температуру при мінімальних витратах енергії. Кероване освітлення дозволяє автоматично регулювати рівень світла залежно від часу доби або присутності людей у приміщенні. Всі ці елементи працюють у єдиній системі, обмінюючись даними та реагуючи на події в реальному часі. Таким чином, IoT виступає фундаментальною технологією для створення інтегрованих, автономних та адаптивних систем. У межах розумного дому це дає змогу отримати систему, яка не лише реагує на команди користувача, а й передбачає його потреби, забезпечуючи комфорт і безпеку в повсякденному житті.

Технології що використовуються для реалізації проєкту. Архітектура будь-якої системи «Розумний дім» визначає логіку взаємодії між пристроями, спосіб обробки даних, місце зберігання аналітики та механізми, через які користувач може керувати системою. Від правильності обраної моделі залежить швидкість роботи, стабільність, рівень безпеки та зручність обслуговування. У сучасних рішеннях можна виділити три основні архітектурні підходи, які часто комбінуються в гібридні системи. Це – хмарна архітектура, локальна (з центральним хабом) і децентралізована або однорангова модель.

Централізована хмарна архітектура (Cloud-Centric). На відміну від традиційних систем, що зазвичай створюються під конкретне обладнання або певну операційну інфраструктуру, хмарна архітектура забезпечує незалежність від фізичних ресурсів. Програми, побудовані за цим принципом, можуть ефективно працювати на різних хмарних платформах, адаптуючись до поточних потреб користувачів. Такі системи легко масштабуються, що дозволяє оперативно збільшувати чи зменшувати обчислювальні потужності залежно від навантаження. Крім того, хмарні рішення спрощують процес оновлення та розгортання програм, забезпечуючи гнучкість, надійність і високу доступність сервісів без потреби у складному локальному адмініструванні. Такий підхід найчастіше використовується у масових комерційних продуктах, таких як TuYa Smart, Google Home, Amazon Alexa, Xiaomi Smart Home. Його суть полягає в тому, що всі пристрої — від розеток до камер спостереження — підключаються безпосередньо до хмарних серверів виробника через Wi-Fi.

Централізована локальна архітектура (Local-First/Gateway-Centric). Локальна архітектура орієнтована на автономність і приватність користувача. В основі системи знаходиться локальний контролер або так званий «хаб» — це може бути мінікомп'ютер (Raspberry Pi, Jetson Nano) або спеціалізований пристрій. Саме на ньому виконується логіка автоматизації, сценарії та обробка даних. Пристрої в мережі спілкуються не з хмарою, а безпосередньо з цим контролером. Такий підхід реалізовано у платформах Home Assistant, OpenHAB, Domoticz, Hubitat. Він вважається оптимальним для користувачів, які прагнуть швидкої реакції системи, контролю над даними й незалежності від сторонніх сервісів.

Децентралізована або однорангова архітектура (P2P/Mesh-Based). У децентралізованих мережах немає центрального контролера. Пристрої взаємодіють безпосередньо один з одним, створюючи мережу рівноправних вузлів. Наприклад, вимикач може напряму передавати команду лампі без участі центрального сервера. Такі рішення реалізуються за допомогою mesh-протоколів, зокрема Zigbee, Z-Wave, Thread. Новий відкритий стандарт Matter, який активно підтримують провідні компанії (Apple, Google, Amazon, Samsung), також базується на цій концепції.

Гібридний підхід. У реальних системах часто використовується лише один архітектурний тип.

Найефективніше працюють гібридні рішення, які поєднують локальну автономність і можливості хмарних сервісів. Наприклад, локальний хаб може виконувати основні сценарії автоматизації, тоді як хмарна частина використовується лише для віддаленого доступу або інтеграції з голосовими асистентами. Такий підхід дозволяє поєднати переваги обох світів: швидку реакцію й безпеку локальної системи з гнучкістю та мобільністю хмарних технологій. Протоколи взаємодії — це основа, без якої неможливе функціонування будь-якої IoT-системи. Саме вони визначають, як саме пристрої «спілкуються» між собою, у якому форматі передаються дані, як здійснюється підтвердження отримання повідомлень, і які механізми безпеки застосовуються. Вибір протоколу в системах Інтернету речей має вирішальне значення, адже більшість пристроїв працюють з обмеженими ресурсами: мають невелику оперативну пам'ять, обмежену обчислювальну потужність і часто живляться від батареї.

Від правильного вибору протоколу залежить швидкість роботи системи, стабільність з'єднання, енергоспоживання та навіть рівень безпеки. Серед найпоширеніших протоколів, що використовуються в IoT, виділяють HTTP, MQTT та CoAP. Кожен із них має свої особливості, переваги та недоліки, які роблять його більш або менш придатним для певних сценаріїв (рис. 2-4).

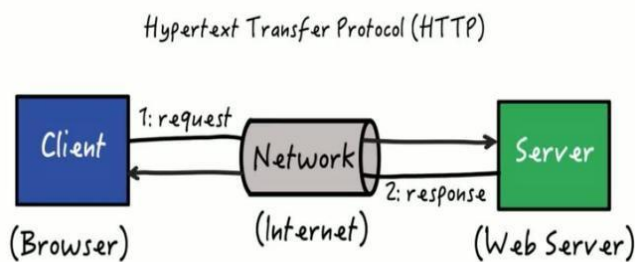


Рисунок 2 – Протокол HTTP

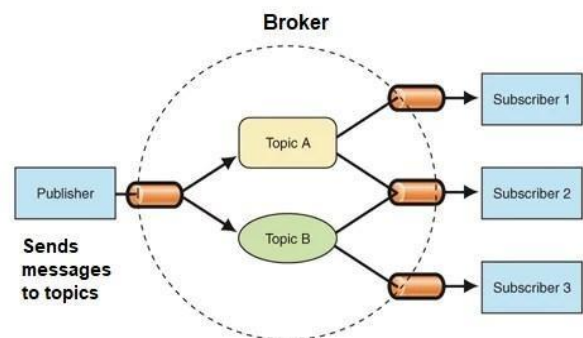


Рисунок 3 – Протокол MQTT

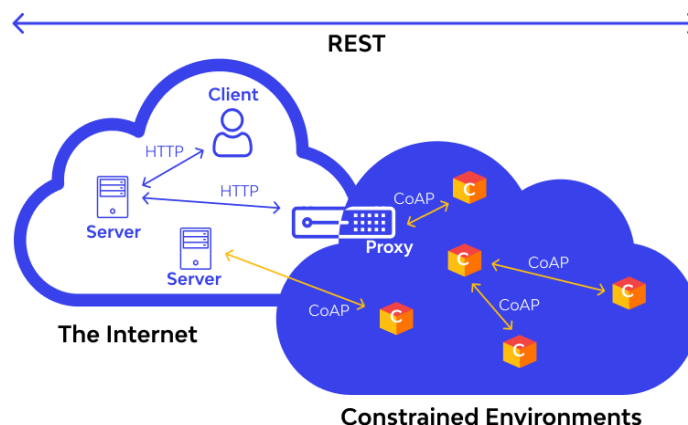


Рисунок 4 – Протокол CoAP

Після визначення основних протоколів взаємодії пристроїв у системі «Розумний дім» логічним кроком є розгляд програмних платформ, які забезпечують керування цими пристроями та реалізацію автоматизації. Саме вони відповідають за збір і обробку даних, запуск сценаріїв, а також за взаємодію користувача з розумним середовищем. У сучасних реалізаціях перевага все частіше надається відкритим платформам, які дозволяють створювати гнучкі, розширювані та

безпечні системи (Tinkercad, Cisco Packet Tracer, Wokwi).

Висновки. Концепція Інтернету речей (IoT) визначає сучасні підходи до побудови автоматизованих середовищ. Завдяки обміну даними між пристроями, сенсорами та серверами, звичайні фізичні об'єкти перетворюються на активні елементи мережі, здатні самостійно реагувати на зміни навколишнього середовища. Багаторівнева архітектура IoT – від рівня збору даних до рівня застосунків – є основою для побудови будь-якої інтелектуальної системи автоматизації.

Summary

A study of IoT simulation tools showed that of all the options considered (Tinkercad, Cisco Packet Tracer, Wokwi), Wokwi best meets the needs of this work. Unlike other environments, it provides accurate simulation of ESP32 microcontrollers and supports network interaction via Wi-Fi, which allows testing connections to real MQTT brokers. This makes it possible to recreate a full data exchange cycle between the device and the server without using physical equipment.

МОДЕЛЮВАННЯ ПОШИРЕННЯ КОРОНАВІРУСУ З ВИКОРИСТАННЯМ DATA SCIENCE

Скиба О.М.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Шумова Л.О.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ, Україна

Вступ. В сучасному світі інформаційні системи стали фундаментальним елементом суспільного розвитку, забезпечуючи підтримку процесів управління, аналізу та прийняття рішень у різних сферах – від промисловості та економіки до медицини, екології та соціального планування. Їхнє основне призначення полягає у зборі, збереженні, обробці та інтерпретації даних, що дозволяє формувати обґрунтовані висновки та оперативно реагувати на виклики в реальному часі.

Пандемія COVID-19 стала глобальним викликом, який продемонстрував обмеженість традиційних методів аналізу та управління. Стрімке поширення вірусу, високий рівень захворюваності та значний вплив на соціально-економічні процеси змусили науковців, уряди та медичні установи шукати нові підходи до аналізу, прогнозування та управління епідеміологічною ситуацією. В ситуації невизначеності та обмеженості традиційних методів епідеміологічного моделювання особливу актуальність набули технології Data Science – міждисциплінарної галузі, що поєднує статистику, машинне навчання, аналіз даних та візуалізацію.

Використання інструментальних засобів Data Science дозволяє не лише аналізувати історичні показники, а й формувати прогнози щодо майбутньої динаміки захворюваності та оцінювати ефективність кампаній вакцинації. Поєднання клінічних даних пацієнтів із відкритими державними даними про вакцинацію створює комплексну основу для дослідження пандемії: від індивідуальних ризиків перебігу хвороби до популяційних тенденцій охоплення населення щепленнями.

Аналіз проведено за допомогою інструментарію WEKA. Для дослідження був використаний відкритий набір даних COVID-19 Dataset by MeirNizri, розміщений на платформі Kaggle [1], що містить 1048575 записів пацієнтів, зареєстрований у межах епідеміологічного моніторингу COVID-19. Кожен запис представляє окремого пацієнта з набором медичних, демографічних та адміністративних ознак.

Метою роботи є практичне застосування технологій Data Science для прогнозування поширення пандемії COVID-19 на основі клінічних даних з використанням моделей машинного навчання.

Для досягнення мети передбачається:

- опанувати програмними засобами інтелектуального аналізу для обробки великих даних;
- побудувати модель прогнозування динаміки захворюваності та ускладнень у пацієнтів з виділенням найбільш уразливих категорій на основі віку, статі та хронічних захворювань;
- оцінити якість моделей та інтерпретувати результати.

Основний зміст роботи. У межах дослідження було визначено та реалізовано такі ключові завдання:

- проведено аналіз наукової літератури та існуючих рішень у сфері прогнозування розвитку пандемії COVID-19 та застосування технологій Data Science;
- відібрано та використано незалежне джерело даних [1];

- здійснено попередню обробку даних (очищення, нормалізація та перетворення змінних) для подальшого аналізу;
- побудовано моделі прогнозування летальності у середовищі Weka 3.8.6 з використанням алгоритму дерева рішень J48, що дозволило оцінити вплив віку, статі та супутніх захворювань на перебіг хвороби.

Загальна структура роботи являє собою цілісний дослідницький комплекс, який поєднує інструменти машинного навчання та засоби візуалізації даних. Він інтегрує клінічні та популяційні показники у єдиний процес аналізу, забезпечуючи можливість прогнозування перебігу пандемії COVID-19. Кінцевим результатом має бути система, здатна трансформувати різноманітні дані у практично корисні моделі та інфографіку для підтримки прийняття рішень у сфері охорони здоров'я.

Технології, що використовуються для реалізації проєкту. Технології інтелектуального аналізу даних ґрунтуються на концепції шаблонів (патернів), які відображають окремі фрагменти багатовимірних взаємозв'язків у масиві даних. Такі шаблони характеризують закономірності, притаманні певним підвибіркам, і можуть бути подані у компактній та зрозумілій для людини формі. Їх пошук здійснюється методами, що обмежуються попередніми припущеннями щодо структури вибірки чи форми розподілу показників. Важливою рисою цієї технології є нетривіальність знайдених закономірностей, адже вони відображають неочевидні та несподівані залежності, які формують приховані знання.

Для практичної реалізації Data Mining у межах цієї роботи використано програмну платформу Weka 3.8.6. Вибір цього інструменту зумовлений його доступністю, відкритим програмним кодом, широким спектром алгоритмів машинного навчання та зручними засобами візуалізації результатів.

Інтелектуальний аналіз даних є багатоступеневим процесом, що поєднує методи збору, обробки та інтерпретації інформації з метою отримання прихованих закономірностей і знань, які неможливо виявити традиційними статистичними підходами. Його реалізація передбачає послідовність етапів, кожен з яких має власну специфіку та значення для досягнення кінцевого результату. На цьому підході ґрунтується методологія проведеного дослідження.

Результати дослідження. Проведено попередню обробку даних: очищення від технічних записів, перетворення типів атрибутів, формування цільової змінної. Побудовано модель прогнозування госпіталізації пацієнтів на основі параметрів віку, статі та хронічних захворювань. Алгоритм J48 (дерево рішень) забезпечив точність класифікації понад 90%, що підтверджує його ефективність для задач прогнозування. Виявлено ключові фактори ризику госпіталізації: інтубація, пневмонія, гіпертонія, ожиріння, діабет, хронічна ниркова недостатність. Сформовано набір правил класифікації, які пояснюють логіку прийняття рішень та дозволяють виділити найбільш вразливі категорії пацієнтів. Практична значимість роботи полягає у можливості використання моделі для раннього прогнозування госпіталізації та оптимізації ресурсів медичних закладів.

Аналіз великого масиву даних (понад мільйон пацієнтів) дозволив побачити закономірності, які не завжди очевидні у звичайній статистиці. Після очищення вибірки отримано підмножину реальних випадків (близько 77 тис.), що стало надійною основою для моделювання.

Досягнута точність класифікації (90,62 %) підтверджує, що алгоритм здатний ефективно прогнозувати госпіталізацію. Модель чудово розпізнає стаціонарних пацієнтів (Recalc 0.97), але менш точно класифікує амбулаторних (Recalc 0.97). Це показує дисбаланс у даних і водночас підкреслює, що стаціонарні випадки мають більш виражені ознаки.

Було виявлено такі закономірності:

- інтубація + вік: молодші пацієнти з ШВЛ частіше залишаються амбулаторними, тоді як старші - госпіталізуються;
- пневмонія + гіпертонія: комбінація цих станів різко підвищує ймовірність стаціонарного лікування, особливо у віці до 66 років;
- ожиріння і діабет: цікаво, що стать змінює прогноз – жінки з цими хворобами частіше госпіталізуються, чоловіки залишаються амбулаторними;
- хронічна ниркова недостатність + діабет: у старших пацієнтів прогноз амбулаторний, у молодших – стаціонарний, що демонструє складну взаємодію віку та супутніх захворювань.

Висновки. Проведене дослідження підтвердило ефективність алгоритму J48 для прогнозування госпіталізації пацієнтів із COVID-19. Модель продемонструвала високу точність та дозволила сформулювати набір інтерпретованих правил, що пояснюють вплив статі, віку та хронічних захворювань на ймовірність стаціонарного лікування. Особливу роль відіграє вік пацієнта, саме він часто виступає вирішальним фактором у поєднанні з іншими ознаками. Подібні вікові пороги (66, 64, 77 років) виявлені у правилах дерева рішень, що свідчить про критичний вплив віку на перебіг хвороби та потребу в госпіталізації. Це дозволяє виділити групи ризику за віковими категоріями та враховувати їх у прогнозах.

Практична цінність результатів полягає у можливості інтеграції отриманих правил у медичні протоколи лікування. Вікові пороги та комбінації хронічних захворювань можуть бути використані для уточнення клінічних алгоритмів прийняття рішень, що допоможе лікарям швидше визначити потребу в госпіталізації, оптимізувати ресурси та адаптувати стратегії лікування для найбільш вразливих категорій пацієнтів.

Summary

The paper presents the practical application of Data Science technologies for predicting the development of the COVID-19 pandemic based on clinical data using machine learning models. The study confirmed the effectiveness of the J48 algorithm for predicting hospitalization of patients with COVID-19. The model demonstrated high accuracy and allowed the formation of a set of interpretable rules that explain the influence of gender, age, and chronic diseases on the probability of inpatient treatment.

Використані джерела

1. COVID-19 Dataset. Офіційний сайт. [Доступно:
<http://www.kaggle.com/datasets/meirizri/covid19-dataset>]

ПІДТРИМКА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У ФІНАНСОВОМУ ТА ДЕРЖАВНОМУ УПРАВЛІННІ В УКРАЇНІ

Філоненко О.Ю.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Моркун Н.В.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ, Україна

Вступ. У сучасних умовах розвитку України ефективне управління фінансовими ресурсами та державними процесами є критично важливим. Зростання обсягів даних, складність бюджетних процедур, потреба в прозорості та швидкій реакції на зміни роблять традиційні підходи недостатніми. Саме тому розробка систем підтримки прийняття рішень (Decision Support Systems, DSS) є актуальною та перспективною. Такі системи забезпечують автоматизований аналіз даних, прогнозування, формування рекомендацій для керівників і спеціалістів, допомагаючи приймати обґрунтовані, своєчасні та прозорі рішення. Для України, яка активно впроваджує цифрову трансформацію та прагне до підвищення ефективності державного управління, подібні рішення мають стратегічне значення.

Мета проекту - розробити та впровадити систему підтримки прийняття рішень для фінансового та державного управління в Україні, яка забезпечить підвищення ефективності бюджетного процесу, мінімізацію корупційних ризиків, покращення аналітичної роботи та автоматизацію управлінських рішень.

Метод дослідження полягає у використанні комплексного підходу, який включає аналітичний метод, порівняльний аналіз, моделювання бізнес-процесів (DFD, BPMN), побудову структур даних (ERD), створення архітектурних моделей, а також техніко-економічну оцінку наявних рішень та експертну оцінку їх відповідності потребам державного та фінансового управління. Такий підхід дозволив всебічно розглянути можливості блокчейн-технологій, оцінити ефективність їх використання для підтримки прийняття рішень та визначити переваги permissioned-blockchain (зокрема Hyperledger Fabric) порівняно з традиційними централізованими інформаційними системами.

Стислий опис. Пропонується створення інтелектуальної DSS-платформи, яка інтегрує фінансові дані, дані державних реєстрів та аналітичні моделі для підтримки керівників у процесі:

- формування та моніторингу бюджету;
- прогнозування надходжень і витрат;
- аналізу ефективності бюджетних програм;
- управління ризиками;
- прийняття рішень на основі різних сценаріїв та критеріїв.

Платформа включатиме модулі аналітики, моделювання, візуалізації, безпечного доступу до інформації,

Проект спрямований на вирішення таких ключових проблем:

1. Низька прозорість бюджетного процесу - відсутність єдиної платформи, що об'єднує всі дані та аналітику.
2. Фрагментованість даних - інформація про видатки, програми, звіти зберігається в різних системах і форматах.

3. Обмежена якість управлінських рішень - рішення часто приймаються на основі неповної або несинхронізованої інформації.
4. Високий ризик людського фактору - відсутність автоматизації збільшує помилки та можливість маніпуляцій.
5. Складність прогнозування та планування - існуючі системи аналітики не забезпечують достатньої глибини аналізу для управління ризиками.

Результати. Для реалізації проєкту було розглянуто можливість використання та поєднання наступних технологічних рішень:

- Аналітичні та математичні технології - алгоритми прогнозування (ML-моделі), оптимізаційні моделі, статистичні методи оцінки ризиків.
- Технології даних - Data Warehouse (Oracle, PostgreSQL, MS SQL), системи інтеграції даних (ETL/ELT), API для програмного інтерфейсу.
- Хмарні та інфраструктурні технології - AWS / Azure / GCP, системи контейнеризації (Docker, Kubernetes).
- Захист та контроль доступу - Role - Based Access Control (RBAC), Audit trails, Blockchain-модулі для забезпечення неможливості підміни даних.

Недоліки технологічних рішень та інструментів. В межах дослідження було виявлено, що запропоновані інструменти можуть мати недоліки, які потрібно брати до уваги при проєктуванні сучасної системи підтримки прийняття рішень.

Складність аудиту при використанні SQL та NoSQL БД

1.1. Проблема складності відстеження історії змін.

У класичних реляційних (SQL) та нереляційних (NoSQL) базах даних історія змін за замовчуванням не фіксується. Тобто: якщо рядок було змінено - попереднє значення втрачено; якщо запис видалено - лог також зникає (якщо не реалізовано спецмеханізм logging/audit trail); аудитор не бачить, хто, коли і що змінив без попереднього впровадження кастомної системи логуювання.

1.2. Ризики на рівні DBA.

Адміністратор БД має повний доступ до таблиць, можливість змінювати записи в "тілі" БД, можливість змінювати журнали транзакцій. Це створює проблему - адміністратор може змінити дані так, що аудит не зможе це розпізнати. У банківській сфері це критично, оскільки підrobка історії операцій можлива без технічних слідів, стандартні журнали (transaction logs) можуть бути переписані на рівні файлової системи. Будь - який Audit Trail створюється вручну, і його можна вимкнути, очистити чи підrobити адміністратором БД.

У традиційних архітектурах на основі SQL та NoSQL журналювання не є повністю незмінюваним і залежить від правильної конфігурації audit trail, прав доступу, структури логів та моделі адміністрування.

1.3. Масштаб складності

У великих банках журнали можуть містити мільярди змін на місяць, що ускладнює такі процеси, як ручний аудит, форензик-аналіз чи пошук аномалій. Також, у великих фінансових установах, де обсяг транзакцій сягає мільярдів записів на місяць, аудит стикається з такими проблемами - неповнота логів у разі неправильного налаштування; втрата історії змін після операцій UPDATE/DELETE за замовчуванням; можливість «переписування» журналів транзакцій при доступі до файлової системи; відсутність криптографічної фіксації історії змін. Такі системи не забезпечують незмінюваності історії, що фундаментально ускладнює прозорий аудит.

2.0. Дороговизна SQL та NoSQL БД при високій кількості транзакцій.

У хмарних рішеннях (AWS, Azure, GCP) вартість збільшується логарифмічно в залежності від обсягів IOPS, реплікацій та обчислювальних ресурсів:

- висока вартість зберігання 50k–200k IOPS;
- реплікація між зонами доступності;
- ліцензії (Oracle, MS SQL Enterprise);
- потреба в інженерах (DBA, DevOps);
- окремі аварійні (disaster recovery) кластери.

Проблеми розмежування рівнів доступу в блокчейн-середовищах. На відміну від традиційних ACL (Access Control List) у PostgreSQL або MongoDB, у блокчейнах модель доступу зашита в мережеву конфігурацію та криптографію, що ускладнює її зміну.

Блокчейн дає незмінюваність, але має свої вузькі місця. У публічних блокчейн - мережах (Ethereum, Bitcoin, Solana) неможливо приховати транзакційні дані між ролями - усі вузли бачать усе.

Для фінансових установ це погано, бо клієнтські дані не можуть бути публічними, KYC/AML дані не можна оприлюднювати через GDPR.

Тому для фінансових установ використовуються permissioned - мережі, наприклад Hyperledger Fabric або Quorum. У permissioned blockchain керування доступом складне. Hyperledger Fabric дозволяє приватні канали, ACLи, протоколи доступу. Проте навіть у permissioned blockchain залишаються проблеми:

- ускладнення адміністрування: чим більше учасників - тим складніше налаштування MSP (Membership Service Provider);
- висока складність зміни структури доступів: додати нового учасника означає перепідписання конфігураційного блоку;
- великі витрати на криптографічне обслуговування: сертифікати, ротація ключів, CA, PKI;
- фрагментація інформації: приватні канали створюють складність інтеграції між ролями;
- складність підтримки приватних каналів у мережах із >10 організацій;
- обмеження Fabric щодо конфіденційності приватних даних, описані у документації Linux Foundation.

Хоча блокчейн дозволяє сегментацію доступу, її підтримка складніша, ніж ACL у PostgreSQL чи MongoDB.

Запропонований інструмент - Hyperledger Fabric (Linux Foundation). Hyperledger Fabric - це permissioned DLT-фреймворк, що має широке застосування у фінансових/корпоративних мережах; також він є основою багатьох комерційних продуктів. Hyperledger Fabric - відкритий проєкт (Apache - style моделі / LF). Але уже існує багато комерційних enterprise-реалізацій (IBM Blockchain Platform, Oracle Blockchain).

Hyperledger Fabric не є повноцінним самостійним рішенням, він виконує іншу роль - фундаментальний блок довіри між організаціями, де дані:

- не можна стерти;
- не можна змінити заднім числом;
- не можна підробити;
- доступ строго контролюється і криптографічно підтверджується.

Hyperledger Fabric — це інфраструктура довіри для міжвідомчих процесів, що дає незмінність транзакцій, криптографічні хеш-ланцюги не дозволяють змінити історію, прозорий audit trail. Аудитори отримують повний cryptographic log, а не редаговані журнали. Відсутність “центру”, який може маніпулювати - немає єдиної організації, яка має root-доступ до БД. Сторони бачать

лише ті транзакції, які їм дозволені. Водночас, Fabric унеможлиблює непрозорі зміни планів, видатків, проведення тендерів, бюджетних процедур.

Інші існуючі аналітичні системи, що не є побудованими на основі блокчейн (Oracle BI, SAP SAC, Cognos, OpenGov) можуть бути надбудовами, які читають незмінні дані з Fabric.

Уже існуючі системи прозорості (Prozorro, Є-Data) можуть використовувати Fabric як базу, щоб зробити процеси по-справжньому нефальсифікованими.

Висновки, інтерпретація отриманих результатів, перспективи для подальших робіт.

Запропонована система підтримки прийняття рішень має значний потенціал для трансформації державного та фінансового управління в Україні. Вона здатна забезпечити прозорість бюджетних процесів, підвищити якість управлінських рішень, мінімізувати людський фактор та корупційні ризики. Знаючи ключові недоліки інструментів можливо підібрати ті, що будуть найкраще відповідати поставленій задачі, та щоб недопустити застосування інструментів, що можуть вплинути на безпеку, надійність чи вартість. За основу рекомендується взяти вище наведений Hyperledger Fabric.

Подальші роботи можуть включати:

- створення прототипу системи;
- інтеграцію з реальними державними реєстрами;
- розширення моделей прогнозування;
- впровадження модулів штучного інтелекту для автоматичного формування рекомендацій;
- адаптацію рішення для потреб органів місцевого самоврядування;
- міжнародну експансію.

Розвиток DSS-платформ відкриває можливості для суттєвого підвищення ефективності державної політики та фінансового менеджменту, що робить дану тему однією з ключових у сфері цифрової трансформації України.

Summary

financial administration in Ukraine. It can ensure transparency of budgetary processes, improve the quality of managerial decisions, and minimize human error and corruption risks. Further work may include:

- developing a system prototype;
- integrating with real government registries;
- expanding forecasting models;
- implementing artificial intelligence modules for automatic recommendation generation;
- adapting the solution for the needs of local self-government bodies;
- international expansion.

The development of DSS platforms opens opportunities for substantially increasing the effectiveness of public policy and financial management, making this topic one of the key areas in Ukraine's digital transformation.

ВІРТУАЛІЗАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА КОНТЕЙНЕРИЗАЦІЯ ЯК ЗАСОБИ ОРГАНІЗАЦІЇ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ СЕРЕДОВИЩ

Тарасенко Д.Ю.¹

Наукові керівники – к.т.н., доц. Кардашук В.С.¹; к.т.н., доц. Барбарук В.М.²

¹Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ, Україна

²Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського», Київ, Україна

Вступ. Технологія віртуалізації дозволяє створювати декілька віртуальних машин на одній фізичній платформі, кожна з яких функціонує у власному операційному середовищі з відокремленими програмними компонентами. Такий підхід сприяє гнучкому розподіленню ресурсів і забезпечує високий рівень ізоляції, проте супроводжується додатковими накладними витратами, що потенційно можуть впливати на загальну ефективність системи. Як альтернатива, контейнеризація пропонує можливість запуску ізольованих програмних компонентів без вимоги створення окремої гостьової операційної системи. Це значно прискорює розгортання програмного середовища й мінімізує споживання апаратних ресурсів. У контексті таких тенденцій постає актуальна задача проведення порівняльного аналізу продуктивності та ефективності використання обчислювальних ресурсів у середовищах, основаних на технологіях віртуалізації та контейнеризації.

Стислий опис ідеї. Основною метою дослідження та реалізації є підвищення ефективності використання обчислювальних ресурсів на основі аналізу, порівняння та експериментального оцінювання продуктивності віртуальних машин і контейнерів. Для реалізації окресленої мети були поставлені завдання дослідження архітектурних принципів функціонування та особливості технологій віртуалізації й контейнеризації та проєктування експериментального середовища для тестування продуктивності віртуальних машин і контейнерів для оцінювання швидкодії, споживання апаратних ресурсів і часу розгортання програмних компонентів, що дасть змогу здійснити порівняльний аналіз отриманих результатів та визначити переваги й недоліки кожного підходу. Результати дають змогу сформулювати висновки й рекомендації щодо оптимального впровадження технологій віртуалізації та контейнеризації у сучасні обчислювальні середовища.

Загальна структура проєкту. Віртуалізація була б неможливою без спеціалізованого програмного забезпечення – гіпервізора. Гіпервізор відповідає за взаємодію віртуальних машин із фізичними ресурсами сервера, дозволяючи їм розпізнавати ці ресурси та ефективно їх використовувати.

Програмна віртуалізація. Цей тип віртуалізації реалізується на рівні ядра операційної системи, завдяки чому кожна окрема віртуальна машина функціонує як самостійний сервер. Однією з ключових переваг програмної віртуалізації є здатність виконувати будь-які процеси з високою продуктивністю, що робить цей підхід ефективним для багатьох сценаріїв використання.

Апаратна віртуалізація. Апаратна віртуалізація базується на специфіці архітектури процесора, яка дозволяє поділити його на дві частини: моніторну (root режим) та гостьову (non-root режим). За такого підходу використовується гіпервізор, який забезпечує прямий контроль над гостьовими системами, що функціонують незалежно одна від одної. Ця методика сприяє підвищенню ефективності та безпеки роботи ізольованих систем.

Контейнерна віртуалізація. Контейнерна віртуалізація здійснюється на рівні ізоляції процесів операційної системи. Вона є доступною виключно в середовищі Linux і ґрунтується на механізмах контейнеризації, таких як namespaces і cgroups. Цей підхід зазвичай застосовується для реалізації ізольованих сервісів, які є складовими частинами програмного забезпечення. Яскравими прикладами технологій контейнерної віртуалізації є Docker та OpenVZ.

Технології, що використовуються для реалізації проєкту. Віртуалізація програмного забезпечення дозволяє створювати середовище з визначеною апаратною конфігурацією, що забезпечує можливість запуску гостьової операційної системи. Простіше кажучи, ви можете працювати з операційною системою Android на платформі Microsoft Windows, використовуючи ресурси вашого пристрою. Ця технологія поділяється на два основні типи: віртуалізація додатків та віртуалізація процесів та сервісів. Віртуалізація на рівні операційної системи зазнала значних змін упродовж останніх кількох років. Так, реалізація віртуалізації на апаратному рівні є доволі складною, оскільки потребує апаратної емуляції. Як альтернатива, віртуалізація на рівні ОС використовує контейнерні механізми, що базуються на функціях ядра, таких як CGroups, простори імен, CHROOT тощо. Ці механізми забезпечують створення ізольованих примірників операційного середовища, відомих як контейнери, на базі хостової машини, як це зображено на рисунку 1. Завдяки використанню контейнерного механізму контейнери розділяють ресурси ядра хост-системи, залишаючись незалежними від повноцінної операційної системи. Таким чином, у порівнянні з віртуалізацією, побудованою на основі гіпервізорів, цей підхід є більш оптимізованим і менш ресурсозатратним.

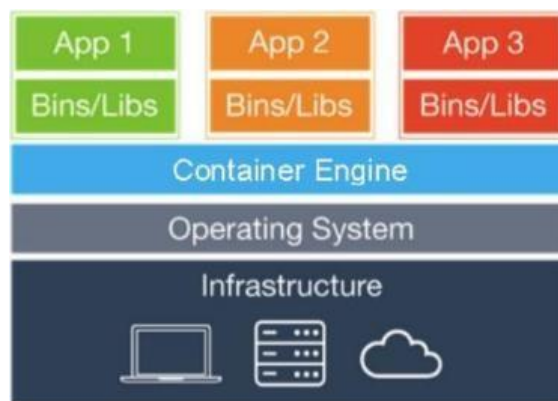


Рисунок 1 – Контейнери на базі host-машини

Розробники використовують контейнеризацію для створення та розгортання сучасних додатків через зазначені нижче переваги.

Портативність. Розробники програмного забезпечення використовують контейнеризацію для розгортання додатків у декількох середовищах без переписування програмного коду. Вони створюють додаток один раз і розгортають його в декількох операційних системах. Наприклад, вони запускають одні й ті ж контейнери в операційних системах Linux і Windows. Розробники також оновлюють застарілий код додатка до сучасних версій, використовуючи контейнери для розгортання.

Можливість масштабування. Контейнери – це легкі програмні компоненти, які ефективно працюють. Наприклад, віртуальна машина може швидше запускати контейнерний додаток, оскільки їй не потрібно завантажувати операційну систему. Тому розробники програмного забезпечення можуть легко додати кілька контейнерів для різних додатків на одному комп'ютері.

Кластер контейнерів використовує обчислювальні ресурси однієї і тієї ж загальної операційної системи, але один контейнер не заважає роботі інших контейнерів.

Відмовостійкість. Команди розробників програмного забезпечення використовують контейнери для створення відмовостійких додатків. Вони використовують кілька контейнерів для запуску мікросервісів у хмарі. Оскільки контейнерні мікросервіси працюють в ізольованих користувацьких просторах, один несправний контейнер не впливає на інші контейнери. Це підвищує стійкість і доступність додатка.

Гнучкість. Контейнерні додатки працюють в ізольованих обчислювальних середовищах. Розробники програмного забезпечення можуть усувати несправності та змінювати код додатка без втручання в операційну систему, обладнання або інші сервіси додатків. Вони можуть скоротити цикли випуску програмного забезпечення і швидко працювати над оновленнями з моделлю контейнера.

Міграція в хмару, або перенесення, – це програмна стратегія, яка включає інкапсуляцію застарілих додатків у контейнери та розгортання їх у середовищі хмарних обчислень. Організації можуть модернізувати свої додатки без переписування всього програмного коду.

Впровадження мікросервісної архітектури. Організації, які прагнуть створювати хмарні додатки з мікросервісами, потребують технології контейнеризації. Архітектура мікросервісів – це підхід до розробки програмного забезпечення, який використовує кілька взаємозалежних програмних компонентів для надання функціонального додатка. Кожен мікросервіс має унікальну і специфічну функцію. Сучасний хмарний додаток складається з декількох мікросервісів. Наприклад, додаток потокового відео може мати мікросервіси для обробки даних, відстеження користувачів, виставлення рахунків і персоналізації. Контейнеризація надає програмний інструмент для пакування мікросервісів у вигляді програм, що розгортаються на різних платформах.

Пристрої IoT. Пристрої Інтернету речей (IoT) містять обмежені обчислювальні ресурси, що робить оновлення програмного забезпечення вручну складним процесом. Контейнеризація дозволяє розробникам легко розгортати та оновлювати додатки на пристроях Інтернету речей. Контейнери забезпечують ізоляцію та мають низьке навантаження в операційних системах. Контейнерний двигун або інтерфейс управління взаємодіє з компонентами ядра, надаючи інструменти для створення та керування контейнерами на прикладі ОС Linux (рис. 2).

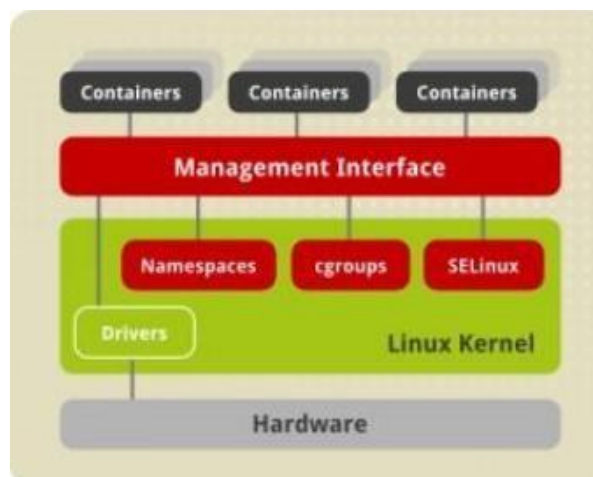


Рисунок 2 – Інтерфейс управління компонентами ядра та керування контейнерами на прикладі ОС Linux

Завдяки легкості контейнерів можна досягти більшої щільності та кращої продуктивності порівняно з використанням віртуальних машин.

Висновки. Комплексний аналітичний підхід до сучасних технологій віртуалізації та контейнеризації становлять теоретичну й практичну основу для побудови ефективних обчислювальних середовищ. Віртуалізація забезпечує створення ізольованих середовищ, що дозволяє ефективно розподіляти ресурси між кількома віртуальними машинами на одній фізичній платформі. Це підвищує гнучкість керування інфраструктурою, проте вимагає більших обчислювальних витрат порівняно з контейнеризацією та є логічним етапом еволюції віртуалізаційних технологій. Контейнери дозволяють запускати застосунки в легких, ізольованих середовищах із мінімальними накладними витратами. Такі системи, як Docker і Kubernetes, спрощують масштабування та автоматизацію розподілених сервісів, що робить їх ключовими компонентами сучасних DevOps і хмарних інфраструктур.

Summary

A comprehensive analytical approach to modern virtualization and containerization technologies provides a theoretical and practical basis for building effective computing environments. Virtualization provides the creation of isolated environments, which allows for the efficient distribution of resources between multiple virtual machines on a single physical platform. This increases the flexibility of infrastructure management, but requires higher computational costs compared to containerization and is a logical stage in the evolution of virtualization technologies.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ВИЯВЛЕННЯ АНОМАЛІЙ У ЗОБРАЖЕННЯХ НА ОСНОВІ ГЕНЕРАТИВНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Зінченко І.Д.¹

Наукові керівники – к.т.н., доц. Шумова Л.О.¹; к.т.н., доц. Кобилін О.А.²

¹Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ, Україна

²Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Вступ. На сучасному етапі розвитку штучний інтелект активно інтегрується у виробничі процеси, зокрема в металургію, де стан поверхні металу визначає безпеку та якість продукції. Автоматизований контроль дедалі частіше здійснюється за допомогою моделей сегментації, здатних виявляти дефекти в реальному часі.

Проте ефективність таких моделей значною мірою залежить від балансу навчальних даних. У більшості промислових датасетів аномальні зразки зустрічаються надзвичайно рідко: за даними дослідження «Advancing Metallic Surface Defect Detection via Anomaly-Guided Pretraining on a Large Industrial Dataset», у виробництві сталевих труб лише близько 0,1% зображень містять реальні дефекти. Це спричиняє суттєвий дисбаланс, унаслідок якого моделі знижують чутливість до рідкісних аномалій та часто інтерпретують їх як фон.

Обмеженість дефектних прикладів ускладнюють створення збалансованого датасету. Одним із можливих рішень є генерація синтетичних дефектів за допомогою генеративних моделей. Водночас наявні дослідження вказують, що штучно створені аномалії не завжди повністю відтворюють структуру реальних пошкоджень, інколи спрощують текстуру або порушують відповідність маскам. Це формує потребу в перевірці того, чи здатне генеративне доповнення дійсно покращити точність сегментації в умовах малих доменних датасетів.

Метою роботи є визначення впливу синтетично згенерованих дефектних зображень на якість сегментації металевих поверхонь та оцінка доцільності використання генеративних моделей для збалансування датасету.

Для досягнення мети передбачається:

- обрати генеративну модель, оптимальну для роботи з малою кількістю аномальних зразків, та обґрунтувати переваги Conditional GAN (сGAN);
- побудувати навчальний набір даних (відібрати відповідний датасет, виконати нормалізацію та сформувати структуру пар «зображення – маска»);
- навчити вибрану генеративну модель для отримання синтетичних дефектних зображень, здатних доповнювати рідкісний клас;
- сформувати два варіанти датасету – початковий та розширений синтетичними зразками;
- провести навчання моделі сегментації на обох наборах даних в однакових умовах;
- виконати порівняльний аналіз за метриками точності, повноти, індекс Жаккара (IoU) та оцінити здатність моделі виявляти рідкісні й дрібні дефекти.

Основний зміст роботи. У задачах комп'ютерного зору для створення додаткових зображень використовують кілька типів генеративних моделей, які відрізняються якістю синтезу та вимогами до навчальних даних. Варіаційні автоенкодери (VAE) навчаються досить стабільно та формують узгоджений латентний простір, проте характерною проблемою цих моделей є

надмірне згладжування зображень. Унаслідок цього вони недостатньо точно відтворюють дрібні деталі та локальні нерівності, що є важливими для аналізу поверхневих дефектів металів [1].

Інший підхід заснований на дифузійних моделях, дозволяє отримувати зображення з високою деталізацією та складною текстурою. Проте їхнє ефективне навчання можливе лише за наявності великих і добре збалансованих вибірок. Для промислових наборів на кшталт NEU, де кількість аномальних прикладів дуже обмежена, такі моделі стають надто ресурсномісткими та практично недоцільними [2].

За цих умов більш придатним рішенням виявляються згорткові GAN-архітектури, такі як DCGAN та cGAN. Вони здатні працювати навіть з відносно невеликими доменними датасетами, добре відтворюють текстури металевих поверхонь і не втрачають характерних патернів дефектів. Додатковою перевагою Conditional GAN є можливість керувати процесом генерації за допомогою масок або класів, що дозволяє синтезувати саме дефектні ділянки, а не випадкові фрагменти зображення. Завдяки цим властивостям такі моделі є раціональним вибором для створення додаткових аномальних прикладів і подальшого збалансування навчального набору у задачах сегментації [3].

Для навчання генеративної моделі використано датасет KolektorSDD2, що містить 3336 зображень із 394 розміченими об'єктами одного класу (defect). Вихідні зображення мають розмір $231 \times 636 (\pm 5)$ пікселів і супроводжуються бінарними масками дефектів, однак навіть за наявності стандартного поділу на train і test їх пряме застосування було неможливим через некратність розмірів. Для забезпечення коректної роботи згорткових архітектур зображення та маски були доповнені до 256×640 за допомогою паддингу чорними полями, що не змінює форму дефектних областей. Після цього виконано нормалізацію: значення пікселів фотографій приведені до діапазону $[-1, 1]$, а масок — до $[0, 1]$. Додатково на цьому етапі було виконано класифікацію зображень для розділення їх за дефектами та без. Чорні зони, створені паддингом, автоматично набувають значень -1 для зображень і 0 для масок, що однозначно позначає їх як фон та не втручається у структуру корисних фрагментів.

Для розширення тренувальної вибірки було застосовано процедурну генерацію синтетичних пар «зображення — бінарна маска» на основі cGAN, у якій генератор побудований за принципами ResNet-архітектури. Генератор отримує на вхід маску дефекту та випадковий шум, що дозволяє поєднувати фіксовану просторову структуру з варіативними текстурними характеристиками поверхні. Дискримінатор, реалізований у вигляді PatchGAN, оцінює локальну узгодженість та правдоподібність фрагментів згенерованих зображень. У якості цільових функцій застосовано поєднання змагальної компоненти та базових регуляризацій, що дозволило отримувати коректні за структурою та достатньо різноманітні приклади. На основі цього підходу було синтезовано 700 нових зображень дефектів, шляхом аугментації масок з тренувального датасету, що розширило і покращило його різноманітність. На рис. 1 представлені приклади природних та синтетичних даних.

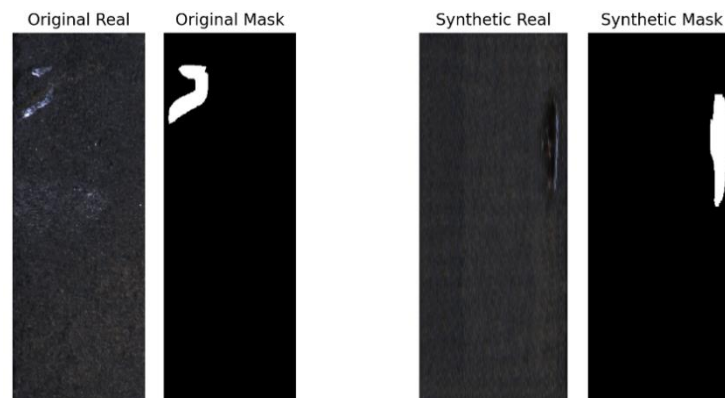


Рисунок 1 – Порівняння природних та синтетичних даних

Для оцінювання впливу синтетичного доповнення даних було порівняно дві моделі U-Net: базову, навчену лише на вихідному наборі, та модифіковану, треновану на розширеному датасеті із додаванням 700 штучно згенерованих прикладів дефектів. У глобальних метриках (рис. 2) базова модель демонструє помітно вищий рівень сегментаційної якості: показники перекриття маски та F1-міра у неї приблизно на 20–25% кращі, ніж у моделі, навченої на доповненому наборі. Водночас синтетично збагачена модель перевершує вихідну за точністю — вона формує менше хибних спрацьовувань, що свідчить про підвищену вибірковість алгоритму. Однак за повнотою виявлення дефектів друга модель відстає приблизно на третину, що вказує на частіше «пропускання» частини проблемних областей. Аналіз результатів тільки для зображень з дефектами також підтверджує перевагу базової моделі: її локальні метрики перекриття та якості сегментації є на 10–15% стабільнішими і загалом вищими, тоді як модель із синтетичними даними демонструє більше варіацій і дещо нижчу здатність точно відтворювати форми дефектів. При цьому обидві моделі зберігають практично ідентичну поведінку на чистих зображеннях, не створюючи зайвих помилкових передбачень.

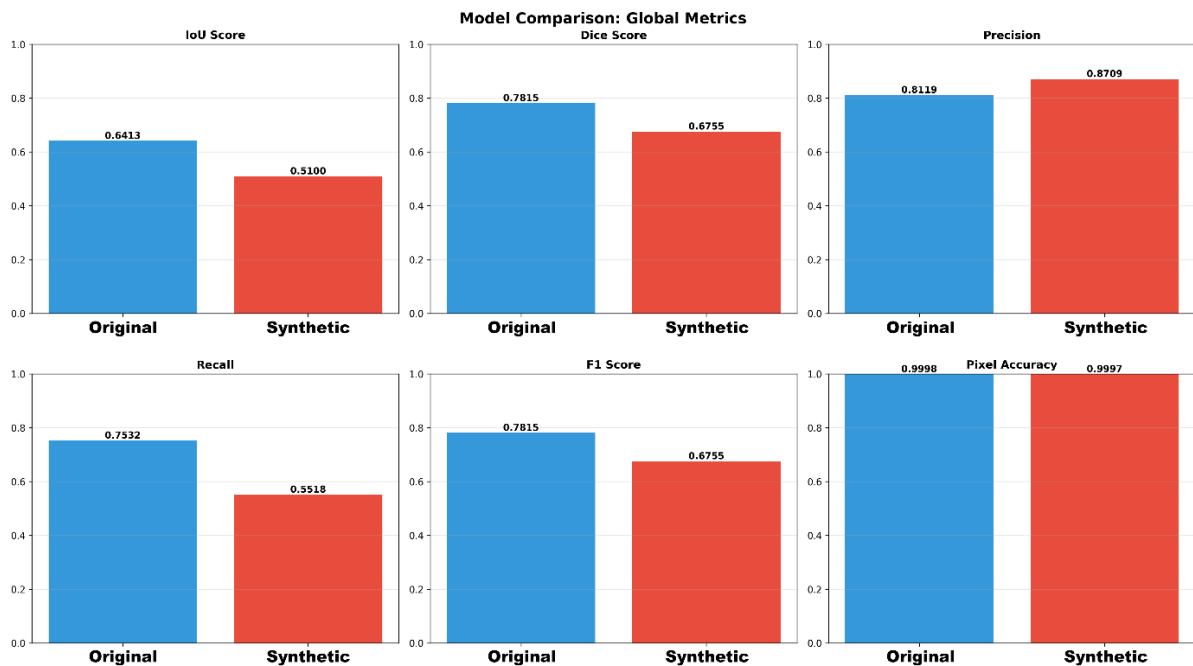


Рисунок 2 – Оцінка метрик двох моделей U-Net

Технології, що використовуються для реалізації проєкту. Jupyter Notebook для проведення експериментів; PyTorch для побудови та навчання нейронних мереж; NumPy для роботи з масивами даних; pandas для обробки табличних даних; Matplotlib для візуалізації результатів. Для сегментації використано модель U-Net, для генерації — cGAN з генератором на ResNet і дискримінатором PatchGAN.

Висновки. Проведене порівняння підтвердило, що додавання синтетичних даних змінює баланс між повнотою та вибірковістю сегментації. Водночас отримані відмінності значною мірою визначені самим датасетом: його структура та варіативність безпосередньо впливають на здатність моделей узагальнювати патерни дефектів, тому ефективність обох підходів залежить насамперед від репрезентативності вихідних прикладів. Базова модель, навчена лише на реальних даних, стабільніше відтворює форми пошкоджень і фіксує приблизно на 15% більше

дефектних ділянок, що є критичним для задач контролю якості. Модель, збагачена синтетичними масками, демонструє нижчу повноту, але меншу кількість хибних спрацьовувань, що робить її придатною там, де важлива мінімізація помилкових сигналів або передбачена ручна перевірка.

З огляду на це, використання синтетичного доповнення виправдане лише за умов некритичних дефектів або у випадках, коли пріоритетом є мінімізація хибних тривог. Водночас подальше підвищення якості генерованих масок, а також збалансування пропорцій реальних і штучних даних у тренувальному наборі залишаються ключовими напрямками удосконалення для збереження стабільності та підвищення загальної ефективності моделі.

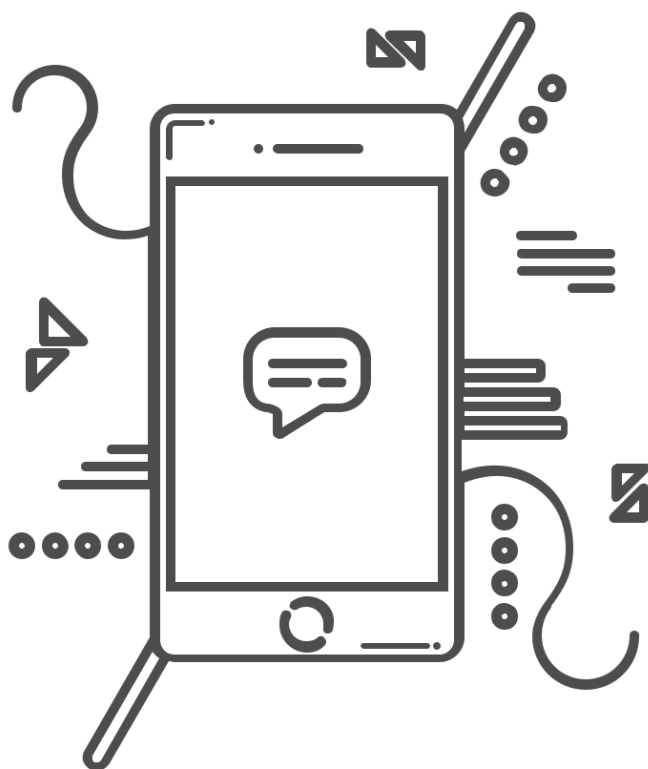
Summary

This project investigates if cGAN-generated synthetic images improve segmentation on imbalanced industrial datasets where real defects are scarce. A cGAN was trained to produce 700 synthetic image–mask pairs, expanding the KolektorSDD2 dataset. A U-Net model was evaluated on two configurations: a baseline with real data only and an augmented version. The baseline achieved significantly higher Dice and IoU metrics (10–15% better overlap). In contrast, the synthetic-augmented model demonstrated increased precision with fewer false positives. However, recall dropped by approximately one-fourth, indicating more frequent missed detections. The results reveal a critical trade-off: synthetic data increases selectivity but compromises detection completeness. Future work must focus on higher generation quality and careful sample balancing.

Використані джерела

1. A Survey on Surface Defect Inspection Based on Generative Models in Manufacturing / Y. He et al. *Applied Sciences*. 2024. Vol. 14, no. 15. P. 6774. URL: <https://doi.org/10.3390/app14156774> (date of access: 29.11.2025).
2. Leiñena J., Saiz F. A., Barandiaran I. Latent Diffusion Models to Enhance the Performance of Visual Defect Segmentation Networks in Steel Surface Inspection. *Sensors*. 2024. Vol. 24, no. 18. P. 6016. URL: <https://doi.org/10.3390/s24186016> (date of access: 29.11.2025).
3. Lohvin A. O. TYPES OF GENERATIVE NEURAL NETWORKS. *Scientific notes of Taurida National V.I. Vernadsky University. Series: Technical Sciences*. 2021. Vol. 1, no. 1. P. 102–109. URL: <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2021.1-1/17> (date of access: 29.11.2025).

ВЕБ ТА МОБІЛЬНІ ДОДАТКИ



МОБІЛЬНИЙ ЗАСТОСУНОК ДЛЯ АНАЛІЗУ ХАРЧУВАННЯ «NOOT HEALTH»

Карпин І.Р.; Носаченко С.В.

Наукові керівники – д.т.н., проф. Лорія М.Г.; к.т.н., доц. Щербакова М.Є.
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ, Україна

Вступ. Контроль харчування є ключовим фактором у досягненні цілей, пов'язаних зі здоров'ям: зниженням, набором або підтриманням маси тіла, а також стабілізацією рівня глюкози в крові. Традиційні методи підрахунку калорій ґрунтуються на зважуванні продуктів, ручному введенні даних і використанні таблиць калорійності, що потребує значних часових витрат і базових знань у сфері нутриціології. Це суттєво обмежує коло користувачів і знижує регулярність ведення харчового щоденника.

Поява та розвиток великих мовних і мультимодальних моделей, зокрема OpenAI, дозволили автоматизувати процес аналізу страв за фотографіями та текстовими описами. Це відкриває можливість створення прикладних систем, у яких користувачеві достатньо зробити фото або коротко описати страву, а всі обчислення виконуються автоматично. Такий підхід значно знижує поріг входу та робить контроль харчування доступним для широкого кола користувачів незалежно від рівня технічної чи профільної підготовки.

Метою роботи є розробка кросплатформного мобільного застосунку для автоматизованого підрахунку калорій і макронутрієнтів (БЖВ) на основі фото та текстового опису страв із використанням AI, а також збереження історії харчування та аналітикою споживання відносно індивідуальних цілей користувача.

Стислий опис ідеї. Застосунок Noot Health реалізує повний цикл трекінгу харчування — від введення страви до аналітики споживання.

Основний функціонал:

- Головний екран (Home) — відображення списку страв за поточний день, загальної кількості спожитих калорій і макронутрієнтів з порівнянням із добовими цілями.
- Сторінка страви — детальний опис страви, склад інгредієнтів, калорійність і БЖВ, а також рекомендації щодо можливого покращення харчової цінності.
- Додавання страви:
 - за фотографією;
 - за текстовим описом;
 - за штрих-кодом.
- Редагування результатів AI — користувач може змінити інгредієнти або їх кількість після автоматичного аналізу.
- Історія харчування — зберігання даних у структурі day → meals.
- Індивідуальні цілі — автоматичний розрахунок добових калорій і БЖВ на основі вступного квізу з можливістю подальшого редагування в налаштуваннях.
- Аналітика — візуалізація статистики споживання за тиждень і місяць.
- Авторизація — вхід за допомогою email або через Apple Sign In.

Технології, що використовуються для реалізації проєкту. Мобільний застосунок реалізовано з використанням React Native та Expo, що дозволило забезпечити єдину кодову базу для платформ Android та iOS і прискорити цикл розробки.

Серверна частина побудована на Node.js із використанням GraphQL API, що забезпечує гнучку взаємодію між клієнтом і сервером та зменшує надмірну передачу даних. Для роботи з базою даних використано Prisma ORM, а як СУБД — PostgreSQL, що забезпечує надійне зберігання історії прийомів їжі, користувацьких цілей і результатів аналізу.

Для аналізу страв за зображеннями та текстом застосовано OpenAI API. Використовуються структуровані відповіді у форматі JSON, що дозволяє напряму інтегрувати результати AI у бізнес-логіку застосунку з подальшою валідацією та можливістю ручного редагування даних користувачем.

У результаті виконання роботи реалізовано комерційно орієнтований мобільний продукт, який доступний у App Store та Google Play і має активних користувачів. Проведене тестування в реальних умовах використання підтвердило:

- коректність роботи AI-аналізу страв із можливістю контрольованого втручання користувача;
- стабільність роботи застосунку на обох платформах;
- ефективність обраної архітектури клієнт–сервер із GraphQL API при масштабуванні функціоналу;
- зручність використання для щоденного трекінгу харчування без необхідності ручних обчислень.

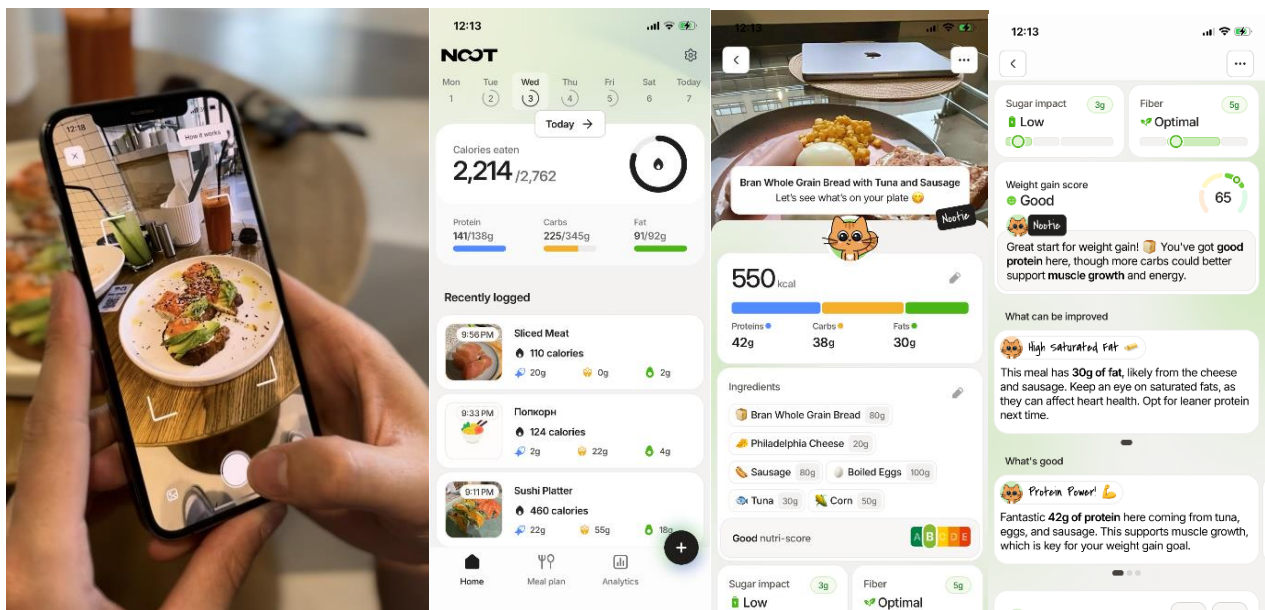


Рисунок 1 – Інтерфейс додатка

Висновки. Noot Health — це кросплатформний мобільний застосунок для автоматизованого підрахунку калорій і макронутрієнтів із використанням AI. Додаток дозволяє аналізувати страви за фотографіями, текстовим описом або штрих-кодом. Клієнтська частина реалізована на React Native з використанням Expo, серверна — на Node.js із GraphQL, Prisma та PostgreSQL.

OpenAI API використовується для перетворення вхідних даних у структуровану харчову інформацію з можливістю ручного редагування. Застосунок підтримує історію харчування, персональні цілі та аналітику споживання. Проект є комерційним і доступний у App Store та Google Play.

Summary

Noot Health is a cross-platform mobile application for automated calorie and macronutrient tracking using AI. The app allows users to analyze meals based on photos, text descriptions, or barcodes. It is built with React Native and Expo, while the backend is implemented using Node.js, GraphQL, Prisma, and PostgreSQL.

OpenAI API is used to convert visual and textual inputs into structured nutritional data with the possibility of user-side validation and editing. The application supports meal history tracking, personalized calorie goals, and weekly and monthly analytics. The project is commercially deployed on App Store and Google Play and actively used by real users.

СИСТЕМА ТЕЛЕФОННОГО ДОВІДНИКА

Побережний А.А.; Мельник М.В.

Науковий керівник – к.т.н. Барбарук Л.В.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ, Україна

Вступ. Сучасне суспільство неможливо уявити без ефективних засобів обробки, зберігання та пошуку інформації. Особливої актуальності набуває автоматизація контактних даних, адже вони є важливим елементом комунікації між підприємствами, установами та громадянами. У зв'язку з цим створення інформаційних систем типу «Телефонний довідник» стає необхідним інструментом для швидкого доступу до відомостей про абонентів, спеціальні служби та технічний стан телефонних мереж.

Інформаційна система телефонного довідника є актуальною, оскільки вона спрямована на розробку автоматизованого засобу, що забезпечує зручне зберігання, обробку та пошук даних абонентів телефонної мережі. Використання такої системи дозволяє підвищити оперативність обслуговування користувачів, зменшити кількість помилок, забезпечити актуальність інформації та її структурованість.

Розроблена система передбачає реалізацію ряду запитів, що відображають типові інформаційні потреби організацій, які працюють із телефонними мережами.

Таким чином, інформаційна система «Телефонний довідник» забезпечує не лише зберігання контактних даних, а й розширений аналітичний функціонал, який може використовуватись для управлінських рішень або оптимізації обслуговування клієнтів. Отже, розробка інформаційної системи є логічно обґрунтованою і практично значущою, оскільки сприяє автоматизації процесів зберігання та аналізу контактної інформації, що має широке застосування як у державних, так і в комерційних структурах.

Мета. Створення інформаційної системи, що автоматизує процес ведення телефонного довідника, забезпечуючи зручний доступ до актуальних даних про абонентів і спеціальні служби.

Методи для реалізації проєкта. Методи проєктування та розробки:

- метод моделювання баз даних: розробка логічної та фізичної структури бази даних для збереження відомостей про абонентів та служби;
- об'єктно-орієнтоване проєктування: створення архітектури системи та інтерфейсу користувача за принципами модульності;
- методи автоматизації: розробка засобів для автоматизованого зберігання, обробки та швидкого пошуку даних.

Методи реалізації та тестування відображають практичну сторону розробки:

- метод інтерфейсного проєктування (UI/UX): створення інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу для оперативного обслуговування користувачів та мінімізації помилок введення;
- методи програмної реалізації: використання мов програмування та СУБД для впровадження функціоналу системи;
- метод функціонального тестування: перевірка реалізованих запитів на відповідність вимогам щодо обробки та пошуку інформації.

Стислий опис. Система «Телефонний довідник», призначена для автоматизованого зберігання, обробки та пошуку контактних даних абонентів і спеціальних служб. У системі реалізовано функції перегляду, додавання, редагування та видалення записів, а також виконання аналітичних запитів. Запропоновано інтерфейс авторизації, інтерфейс відновлення паролю,

інтерфейс заявок на зміну номера, інтерфейс користувачів системи, інтерфейс профілю користувача та інші.

Використане програмне забезпечення та технології: мова програмування Python - основа для серверної логіки, Flask - легкий веб-фреймворк, MongoDB - гнучка NoSQL база даних, PyMongo - драйвер для взаємодії з MongoDB, Jinja2 - шаблонізатор для динамічного контенту, Bootstrap - для адаптивного дизайну інтерфейсу. Серед сучасних аналогів системи телефонного довідника можна виділити низку програмних продуктів, що виконують схожі функції зі зберігання та обробки контактної інформації. До таких систем належать, зокрема, Microsoft Outlook Contacts, Google Contacts, а також локальні програми C-Organizer Pro або EssentialPIM. Ці аналоги забезпечують збереження великої кількості контактів, синхронізацію з мобільними пристроями, пошук за різними параметрами та інтеграцію з іншими офісними сервісами. Огляд системи телефонного довідника (рис.1 - рис.5):

ПІБ	ТЕЛЕФОН	АДРЕСА	ДАТА НАРОДЖЕННЯ	ІНДЕКС	ОПЕРАТОР	БОРГ, ГРН	Дії
Мельник Максим Вікторович	+380776777777	вулиця Короленка буд. 1, кв. 1	2005-11-01			0.00	
Побережний Артем Андрійович	+380939314912	бульвар Героїв Крут буд. 4, кв. 1	2005-11-01		Lifecell	10.00	
Побережний Артем Андрійович	+380985066943	вулиця Короленка буд. 1, кв. 1	2005-09-02		Не вказано	0.00	

Рисунок 1 - Інтерфейс перегляду інформації

Логін (login)	Статус	Дії
Artem	pending	Схвалити Відхилити

Рисунок 2 - Інтерфейс реєстрації нових прав

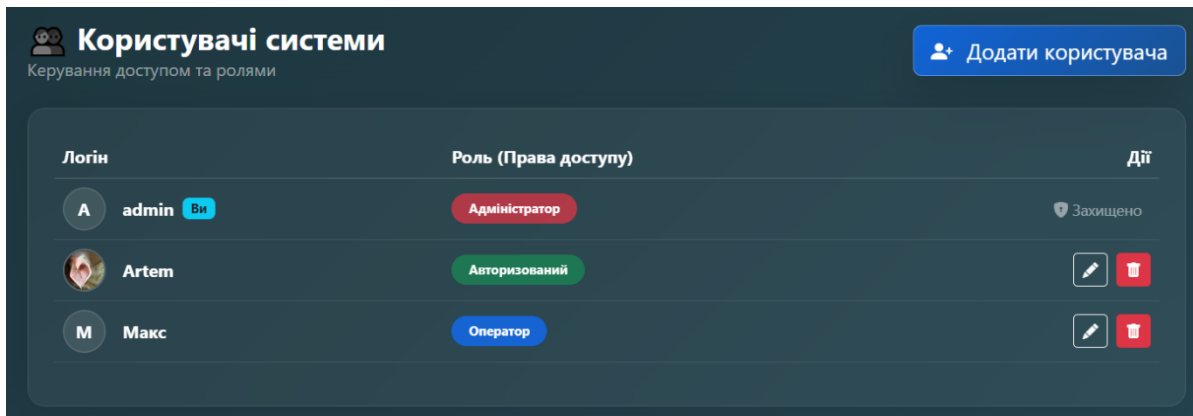


Рисунок 3 - Інтерфейс користувачів системи

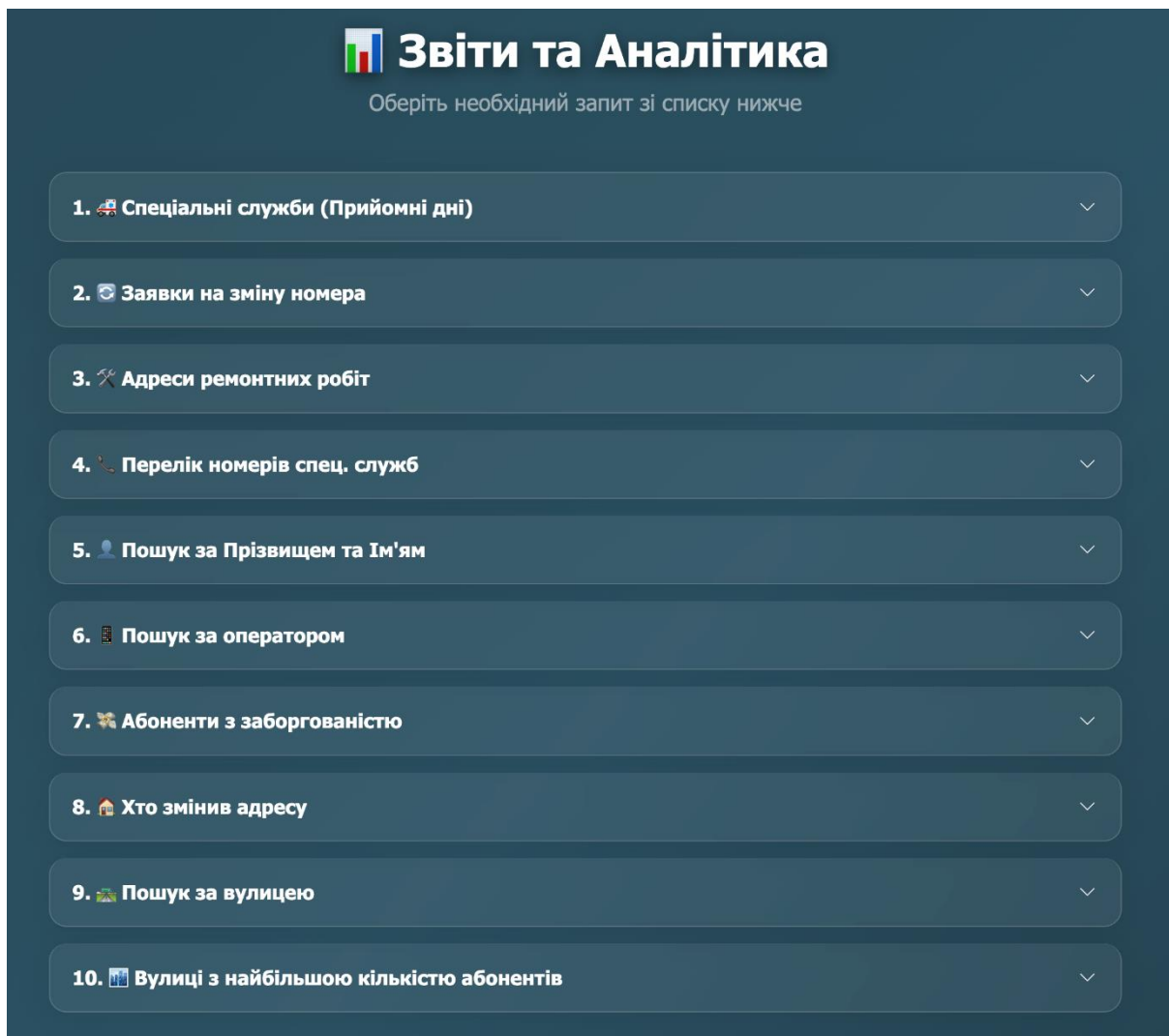


Рисунок 4 - Сторінка звітів

Керування адресами ремонтних робіт

Додати новий запис

Назва вулиці*

Почніть вводити назву в...

Номери будинків

10, 12, 14-A

Дата початку*

дд.мм.рррр

Дата завершення

дд.мм.рррр

Додати

Існуючі записи (1)

Назва вулиці	Будинки	Дата початку	Дата завершення	Дії
вул. Головна	10, 12, 14-A	2025-10-20	2025-10-22	

Рисунок 5 - Інтерфейс керуваннями адресами



Висновки. У процесі виконання роботи було проведено повний цикл розробки інформаційної системи телефонного довідника, що призначена для автоматизації процесів зберігання, пошуку та аналітичної обробки контактних даних абонентів і спеціальних служб. Робота охоплює аналіз предметної області, проєктування структури бази даних, реалізацію функціоналу запитів, створення користувацького інтерфейсу та тестування системи.

Отримані результати свідчать, що створена система повністю відповідає поставленій меті – підвищити ефективність роботи з контактною інформацією та забезпечити зручний доступ до даних за різними критеріями. Реалізовані запити дозволяють виконувати пошук абонентів за прізвищем, адресою, оператором зв'язку, виявляти користувачів із заборгованістю або зміненими номерами, а також отримувати статистичні дані про розподіл абонентів у мережі. Це забезпечує не лише інформаційну, але й аналітичну цінність системи.

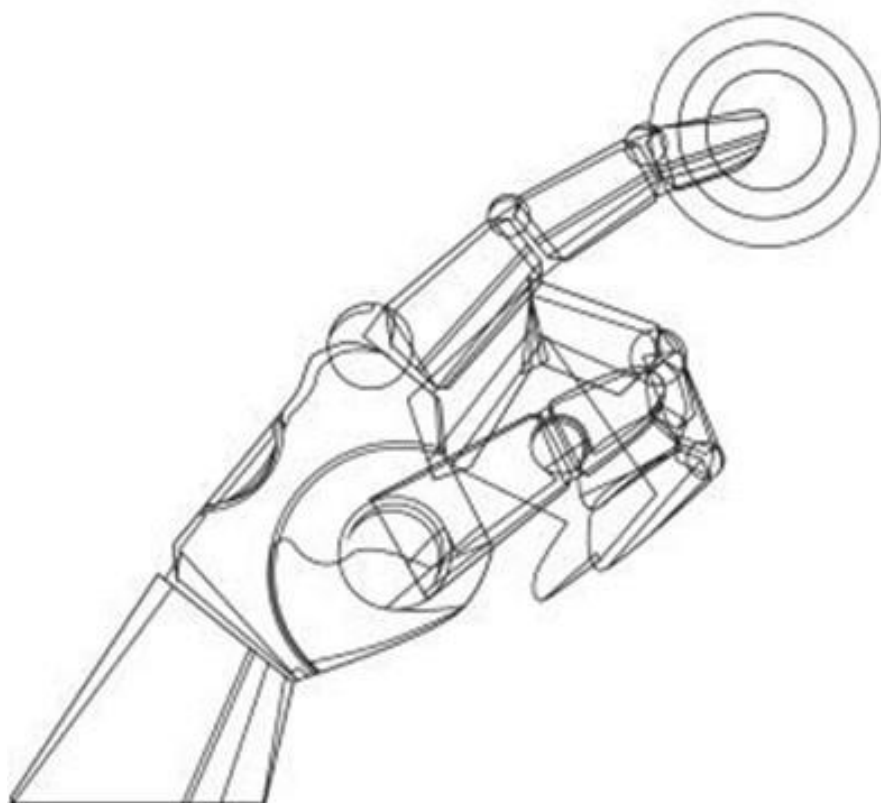
Інтерпретація результатів показала, що впровадження такої системи в практичну діяльність дає змогу суттєво зменшити витрати часу на обробку даних, мінімізувати ризик помилок при ручному введенні, а також підвищити оперативність прийняття управлінських рішень. Завдяки простому та інтуїтивно зрозумілому інтерфейсу користувач може швидко знаходити необхідну інформацію, редагувати записи та формувати звіти для подальшого аналізу.

Підсумовуючи, можна стверджувати, що робота досягла своєї мети – створено повнофункціональну інформаційну систему, яка демонструє можливості сучасних засобів програмування та баз даних у розв'язанні прикладних задач. Розроблена система є гнучкою, масштабованою та може бути використана як основа для подальших практичних або наукових розробок у галузі інформаційних технологій.

Summary

Project presents the development of the information system “Telephone Directory”, designed to automate the storage, processing, and retrieval of subscriber and service contact data. The system includes a database structure, user interface, and analytical queries that enable fast search, editing, and reporting. The developed system improves data accessibility and management efficiency in organizations dealing with contact information.

РОБОТОТЕХНІКА ТА СМАРТ-ДЕВАЙСИ



РОЗРОБКА РІШЕННЯ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ СТАНУ SMART-ПРИЛАДІВ В СУЧАСНИХ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

Лелюх В.О.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Татарченко Г.О.
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ, Україна

Вступ. У сучасних вентиляційних системах дедалі ширше застосовуються SMART-прилади, оснащені цифровими датчиками та модульними контролерами. Вони забезпечують точний контроль параметрів мікроклімату, автоматизацію та оптимізацію енергоспоживання. Однак зростання кількості таких інтелектуальних компонентів висуває нові вимоги до їхнього технічного обслуговування та контролю працездатності. Більшість існуючих систем моніторингу зосереджені на вимірюванні параметрів повітрообміну, але практично не охоплюють стан самого обладнання: процесорів датчиків, їх нагрів, навантаження, стабільність роботи мікроконтролерів, збої та апаратні помилки. Нестача інструментів для глибокої діагностики призводить до ризику прихованих відмов, зниження ефективності вентиляції та зростання витрат на обслуговування. Саме тому актуальною є розробка доступного рішення для моніторингу стану SMART-приладів на рівні апаратної частини.

Метою роботи є створення універсальної, економічної та енергоефективної системи моніторингу на базі процесорної плати S905 для моніторингу технічного стану SMART-датчиків у сучасних вентиляційних системах. Запропонована система дозволяє здійснювати регулярне опитування обладнання через доступні промислові протоколи (Modbus RTU/TCP, MQTT, SNMP тощо) та виконувати діагностику його апаратних параметрів — температури процесора, навантаження, затримок відповіді, відмов та помилок обміну. Акцент на енергоефективності досягається за рахунок використання малоенергоспоживальної одноплатної платформи та оптимізованих алгоритмів опитування, що мінімізують кількість запитів і навантаження на мережу. Це дає можливість зменшити експлуатаційні витрати та забезпечити ефективну роботу вентиляційного обладнання без зайвих енерговитрат.

Стислий опис ідеї. Для реалізації поставленої мети в роботі визначено та виконано такі завдання:

- проведено аналіз сучасних SMART-датчиків вентиляційних систем і промислових протоколів обміну даними;
- досліджено можливості зовнішнього моніторингу апаратного стану датчиків та їх вплив на енергоефективність вентиляційних комплексів;
- відібрано оптимальну апаратну платформу та програмні інструменти для побудови енергоефективного рішення;
- розроблено серверний модуль на базі плати S905 з Linux, який здійснює опитування датчиків і збір діагностичних параметрів через Modbus RTU/TCP, MQTT або SNMP із мінімальним енергоспоживанням;
- створено систему логування та аналізу телеметрії, яка дозволяє виявляти апаратні збої, перегрів, зниження продуктивності та інші відхилення у роботі датчиків.

Загальна архітектура проєкту передбачає модульну структуру, що складається з кількох незалежних компонентів:

Модуль “Опитування датчиків” — відповідає за взаємодію з пристроями, оптимізоване опитування, повторні запити та контроль затримок. Алгоритми опитування налаштовані таким чином, щоб мінімізувати навантаження на мережу та споживання енергії.

Модуль “Апаратна діагностика” — аналізує параметри роботи датчиків, визначає перегрів, тротлінг, помилки зв'язку та ознаки деградації мікроконтролера, що дозволяє запобігати енерговтратам через некоректну роботу вентиляційного обладнання.

Модуль “Зберігання та логування” — здійснює запис телеметрії, журналів подій і динаміку змін у локальну БД або файли, забезпечуючи можливість детального аналізу та оптимізації енергоспоживання.

Модуль “Візуалізація та оповіщення” — формує узагальнені дані, надсилає попередження та може інтегруватися з зовнішніми сервісами для доставки повідомлень, що сприяє швидкому реагуванню на події, які можуть впливати на енергоефективність системи.

Архітектура розроблена таким чином, щоб кожен компонент міг функціонувати автономно, що забезпечує гнучкість впровадження, можливість масштабування, а також інтеграцію в існуючі вентиляційні комплекси з метою підвищення їх енергоефективності.

Потенційні користувачі і цільовий ринок проєкту. Розроблений інструмент моніторингу стану вентиляційних систем із функцією автоматизованого збору логів та даних із датчиків може бути корисним для широкого спектра користувачів. У першу чергу, це інженери з обслуговування вентиляційного обладнання, які потребують оперативного доступу до технічної інформації, можливості відстежувати працездатність систем у режимі реального часу та швидко реагувати на відхилення. Також рішення орієнтоване на менеджерів об'єктів та експлуатаційний персонал, яким важливо забезпечувати стабільну роботу інженерної інфраструктури без значних фінансових та часових витрат.

Цільовий ринок включає офісні центри, виробничі підприємства, торгові комплекси, логістичні хаби та інші нежитлові будівлі, де вентиляційні системи є критично важливими для забезпечення мікроклімату. Окремим сегментом можуть бути компанії, що займаються підрядним технічним обслуговуванням HVAC-обладнання та потребують централізованих систем контролю для великої кількості об'єктів.

Основні конкуренти (зарубіжні та вітчизняні аналоги). На сучасному ринку існують окремі рішення для моніторингу вентиляційних систем та енергоспоживання будівель, які частково виконують функції збору даних і контролю HVAC-параметрів. Серед зарубіжних аналогів можна виділити системи Milesight, які забезпечують віддалений моніторинг температури, вологості, тиску та інших параметрів вентиляційних систем через Ethernet, LoRaWAN або Cellular, а також рішення Danfoss, орієнтовані на моніторинг приводів HVAC і прогнозування працездатності обладнання. Промислові системи типу Siemens SITRANS SCM IQ призначені для моніторингу стану насосів, компресорів та іншого механічного обладнання і можуть частково адаптуватися для вентиляційних компонентів. Крім того, існують компанії на кшталт Verdigris Technologies, які пропонують інструменти для енергоменеджменту та моніторингу будівельних систем, включно з HVAC, проте їх рішення спрямовані переважно на аналіз енергоспоживання, а не на апаратну діагностику SMART-датчиків.

Вітчизняні аналоги у відкритому доступі практично відсутні, і більшість рішень обмежується контролем мікроклімату (температура, вологість, CO₂, потік повітря) без можливості глибокого моніторингу технічного стану датчиків.

Переваги пропонованого рішення. Запропонована система відрізняється високою енергоефективністю завдяки використанню маловартісної плати S905 та оптимізованих алгоритмів опитування датчиків. Вона має модульну архітектуру, що забезпечує гнучкість,

автономність компонентів і можливість інтеграції в різні вентиляційні системи. Система дозволяє здійснювати глибокий моніторинг апаратного стану SMART-датчиків — контроль температури процесора, навантаження, відмов та затримок відповіді, що підвищує надійність роботи обладнання. Підтримка стандартних промислових протоколів (Modbus RTU/TCP, MQTT, SNMP) гарантує сумісність з різними датчиками. Завдяки централізованому збору та аналізу телеметрії рішення сприяє оптимізації роботи вентиляційних систем та зниженню енергоспоживання.

Технології, що використовуються для реалізації проєкту. Спираючись на вимоги до створення універсальної системи моніторингу апаратного стану SMART-приладів у сучасних вентиляційних комплексах, було обрано архітектуру, що базується на використанні недорогого, але продуктивного мікрокомп'ютера з процесором S905. Цей клас одноплатних пристроїв поєднує низьку вартість, енергоефективність та достатній запас обчислювальних ресурсів, що робить їх оптимальною платформою для виконання ролі мережевого колектора телеметрії. На пристрій встановлюється спеціалізована збірка операційної системи Linux (Armbian/Ubuntu), яка забезпечує доступ до апаратних інтерфейсів, стабільну роботу фонових сервісів та підтримку сучасних мережевих протоколів. Для реалізації програмної логіки було обрано мову програмування Python, оскільки вона надає широкі можливості для взаємодії з промисловими датчиками і відповідає вимогам до швидкої розробки, розширюваності та підтримки великої кількості бібліотек. У процесі створення системи використовуються бібліотеки для роботи з найпоширенішими протоколами обміну даними, які зустрічаються у вентиляційних системах: Modbus TCP, MQTT та SNMP. Завдяки цьому програмний модуль може інтегруватися практично з будь-якими сучасними SMART-датчиками, незалежно від їхнього виробника чи типу інтерфейсу. Python також використовується для реалізації механізмів періодичного опитування пристроїв, обробки відповідей, повторних спроб з'єднання та виявлення помилок у каналах зв'язку.

Отримана від датчиків телеметрія, включно з апаратними діагностичними параметрами, зберігається у структурованому вигляді у форматі JSON або у локальній SQL-базі даних. Такий підхід дозволяє організувати компактне та ефективне збереження історії вимірювань, спрощує подальший аналіз даних і забезпечує можливість інтеграції з зовнішніми системами моніторингу. Для автоматизації запуску та підтримання безперервної роботи колектора використовується система systemd, яка дозволяє запускати скрипт як фоновий сервіс, здійснювати його моніторинг та забезпечувати автоматичний перезапуск у разі програмних збоїв або втрати з'єднання.

Висновки. Розроблена система моніторингу демонструє ефективний підхід до моніторингу апаратного стану SMART-датчиків у сучасних вентиляційних системах, поєднуючи енергоефективність, гнучкість та доступність. Використання недорогого колектора на базі плати S905 дозволяє забезпечити безперервний збір телеметрії та діагностику обладнання без значних експлуатаційних витрат. Система дозволяє своєчасно виявляти перегрів, тротлінг, відмови та інші проблеми датчиків, що підвищує надійність і стабільність роботи вентиляційних комплексів.

Summary

This work presents an energy-efficient system for monitoring the hardware status of SMART sensors in modern ventilation systems. The solution uses a low-cost S905-based Linux collector to gather telemetry, detect CPU overheating, throttling, failures, and communication errors. Its modular architecture allows integration with various ventilation systems, ensuring reliability, real-time diagnostics, and reduced operational costs.

ЗАСТОСУВАННЯ АЛГОРИТМІВ ВІЗУАЛЬНОЇ ЛОКАЛІЗАЦІЇ (VISUAL SLAM) У МОБІЛЬНІЙ РОБОТОТЕХНІЦІ

Підганюк С.В.; Харчук А.В.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Сотнікова Т.Г.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ, Україна

Вступ. Мобільні роботи дедалі частіше працюють у середовищах, де недоступні традиційні системи позиціонування, такі як GPS або радіомаяки. У таких умовах актуальною стає потреба у технологіях, здатних забезпечувати точну локалізацію та побудову карти в режимі реального часу. Одним із ключових напрямів у цій сфері є використання алгоритмів Visual SLAM, які поєднують комп'ютерний зір, цифрову обробку зображень, машинне навчання та методи математичної оптимізації. Visual SLAM дозволяє роботам орієнтуватися у просторі, аналізуючи послідовності зображень з камер, і визначати власну траєкторію без зовнішніх орієнтирів. З огляду на стрімкий розвиток ІТ-технологій, покращення сенсорних систем та алгоритмів комп'ютерного зору, дослідження можливостей Visual SLAM є актуальним як для робототехніки, так і для інтелектуальних автоматизованих систем.

Метою роботи є теоретичний аналіз алгоритмів Visual SLAM, їхніх переваг та обмежень у мобільній робототехніці, а також оцінка перспектив використання таких методів у інтелектуальних системах навігації.

Стислий опис ідеї. Для досягнення мети в роботі виконано такі теоретичні завдання:

- проведено огляд етапів роботи алгоритмів SLAM, зокрема виявлення ознак, зіставлення кадрів та оптимізації траєкторії;
- розглянуто відмінності між Feature Based SLAM, Direct SLAM та Hybrid SLAM;
- охарактеризовано вимоги до камер та апаратних засобів для коректної роботи Visual SLAM;
- проаналізовано типові помилки локалізації та фактори, що впливають на стабільність системи;
- визначено перспективи застосування технології у мобільних платформах, сервісних роботах та автономних системах.

Теоретична характеристика моделі Visual SLAM. У літературі Visual SLAM описується як поетапний алгоритм, що виконує два процеси одночасно: оцінку положення робота і побудову карти навколишнього середовища. На першому етапі здійснюється виявлення ключових ознак у зображеннях за допомогою алгоритмів SIFT, ORB або FAST. На другому етапі відбувається зіставлення знайдених ознак між сусідніми кадрами, що дозволяє оцінити відносне переміщення камери. Наступним етапом є оптимізація траєкторії, де застосовують методи Bundle Adjustment або графові оптимізації. У деяких підходах використовують прямі методи, які аналізують інтенсивність пікселів без виділення ознак, що підвищує точність у слабо структурованих сценах. Модель SLAM також включає виявлення зворотних спостережень, які дозволяють зменшити накопичення похибки. Важливою умовою коректної роботи Visual SLAM є стабільність освітлення, текстурованість поверхонь та достатня частота кадрів.

Перспективність використання у ІТ системах та мобільній робототехніці. Алгоритми Visual SLAM є основою для створення автономних роботів, здатних працювати у складних

приміщеннях, тунелях, складах або густозабудованих територіях. У сфері ІТ технологій такі алгоритми застосовують у навігаційних системах для безпілотних платформ, дронів, сервісних роботів та інспекційних пристроїв. Завдяки Visual SLAM можлива розробка продуктів, які поєднують комп'ютерний зір, штучний інтелект і автоматизовані системи картографії. Окрім того, технологія є перспективною для створення цифрових двійників, AR систем, навігації для роботів у логістичних центрах і рятувальних операціях. З огляду на швидкий розвиток апаратних засобів, очікується подальше зростання точності та швидкодії Visual SLAM, що відкриває можливості для впровадження у комерційні продукти.

Висновки. Теоретичний аналіз показав, що Visual SLAM є одним з найбільш ефективних алгоритмічних підходів для локалізації мобільних роботів у середовищах без зовнішніх навігаційних систем. Поєднання методів комп'ютерного зору, математичної оптимізації та інтелектуальної обробки даних дозволяє створювати гнучкі та точні системи навігації. Незважаючи на залежність від освітлення та структури сцени, Visual SLAM має значний потенціал для використання у роботизованих платформах, ІТ продуктах і автономних системах нового покоління. Результати роботи можуть бути корисними для подальших досліджень у галузі робототехніки, аналізу алгоритмів навігації та розробки інтелектуальних систем керування.

Summary

The paper presents a theoretical study of Visual SLAM algorithms used for localization and mapping in mobile robotics. Key stages of the SLAM process were analyzed, including feature extraction, frame matching and trajectory optimization. The advantages and limitations of different Visual SLAM approaches were discussed in the context of autonomous navigation. The study highlights the importance of Visual SLAM for modern IT systems, autonomous robots and intelligent navigation solutions, emphasizing its potential for future technological development.

ІГРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ВІРТУАЛЬНА РЕАЛЬНІСТЬ



БАГАТОКОРИСТУВАЦЬКИЙ ЗАСТОСУНОК НА РУШІІ UNITY З ВИКОРИСТАННЯМ МЕРЕЖЕВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Щербак І.В.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Іванов В.Г.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ, Україна

Вступ. Ігрова індустрія сьогодні є однією з найбільш динамічних та перспективних галузей цифрової економіки. Розробка комп'ютерних ігор є унікальною сферою, що поєднує в собі дисципліни, такі як програмування, математику, комп'ютерну графіку управління проектами та інше. Попит на інтерактивні симуляції, освітні ігри та віртуальні середовища для дозвілля в умовах диджиталізації стрімко зростає, що породжує необхідність універсальних рішень для швидкої прототипізації й подальшого масштабування.

У роботі планується дослідити та інтегрувати низку технологій для створення прототипу гри з акцентом на модульність і повторному використанні компонентів. Розробка багатокористувацьких систем несе в собі значні технічні виклики. Неправильний вибір архітектури на ранньому етапі часто призводить до неможливості подальшого розвитку проєкту.

Актуальність роботи полягає у дослідженні комплексного процесу – створенні ігрового застосунку, що дозволяє інтегрувати різноманітні технології у єдину функціональну систему.

Результати дослідження методів побудови мережевої архітектури, алгоритмів генерації рівнів, штучного інтелекту та оптимізації можуть мати значне практичне застосування не лише в розважальній індустрії, але й у розробці освітніх платформ, корпоративних тренажерів та наукових симуляторів.

Метою роботи є огляд способів проєктування та розробки прототипу мережевого комп'ютерного застосунку з модульною архітектурою з використанням мережевих компонентів та застосуванням засобів оптимізації.

Метод. Для досягнення цієї мети сформульовані й будуть вирішені наступні завдання:

- огляд актуальної літератури та аналіз сучасних практик в розробці комп'ютерних ігор та мережевих систем;
- визначення інструментів та технологій, що будуть використовуватися у розробці;
- проєктування архітектури та компонентів;
- прототипування застосунку з поділом на ключові системи;
- проведення тестів, аналіз результатів та формування висновків щодо обраних підходів.

Практична частина передбачає розробку програмного прототипу з використанням мови програмування C#, рушія Unity, а також розробки окремої серверної частини з використанням веб технологій.

Стислий опис. У роботі передбачено реалізацію та дослідження декількох систем згідно з різними задачами, які вирішують ці системи.

Мережева частина має опрацьовувати взаємозв'язок користувачів з сервером та ігровими системами. Це включає розробку серверної логіки, визначення протоколів передачі даних, а також реалізацію механізмів синхронізації стану об'єктів між усіма учасниками сесії та оптимізацію мережевого трафіку.

В основі проєкту лежатиме гнучка архітектура. Планується дослідити застосування технології Dependency Injection для управління залежностями між сервісами та скінченних автоматів для управління станами ігрових об'єктів та логікою гри. Це забезпечить високу модульність та легкість подальшого розширення функціоналу.

Система штучного інтелекту призначена для передбачення поведінки гравців та координації ворогів для забезпечення керованої поведінки.

Система процедурної генерації призначена для продуктивного створення ігрових локацій для гнучкого контролю ігрового процесу.

Система навігації призначена для керування рухом ворогів за допомогою алгоритмів пошуку шляху у графі.

Також необхідним є забезпечення високої продуктивності за допомогою профілювання та методами оптимізації. Буде проведено дослідження способів оптимізації продуктивності, зокрема можливостей використання багатопоточності для складних розрахунків, а також методів кешування ресурсів.

Результати. Основним результатом стане розроблений програмний прототип багатокористувацького застосунку, що демонструє інтеграцію досліджених технологій. Очікується отримання гнучкої архітектури, яка дозволить легко модифікувати та перевикористовувати окремі компоненти в інших проєктах. Також результатом буде детальний аналіз та порівняння обраних технологічних рішень, що обґрунтовує їх вибір для поставлених задач.

Висновки. Робота має показати ефективність використаних підходів розробки для створення комп'ютерних ігор з мережевою взаємодією. Очікується, що інтеграція DI-контейнерів і чітких інтерфейсів між компонентами спростить розширення системи. Створення функціонального прототипу підтвердить життєздатність обраних рішень та продемонструє, як об'єднання різних програмних елементів створює готовий до використання продукт. Результати дослідження матимуть практичну цінність, оскільки розроблений прототип та його окремі компоненти можуть бути адаптовані для інших проєктів.

Summary

This work aims to develop and create a prototype of a multiplayer computer game, with a focus on architecture to improve reusability and scalability. The project involves the integration of various technologies, including C# and Unity, as well as a dedicated server component. Key areas of research include dependency injection, finite state machines for game logic, pathfinding algorithms, artificial intelligence, and procedural generation of game levels.

КОМП'ЮТЕРНА ГРА «DREADNOUGHT OF THE FALLEN EMPIRE»

Фоменко О.А.; Лубсанов М.О.

Науковий керівник – к.т.н. Барбарук Л.В.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ, Україна

Вступ. У сучасному світі ігрової індустрії жанр візуальних новел та сюжетно-орієнтованих RPG займає особливу нішу, пропонуючи гравцям не просто розвагу, а глибокий емоційний досвід та можливість впливати на розвиток історії. Попит на ігри, що зачіпають серйозні соціально-політичні теми та ставлять перед гравцем складні моральні дилеми, стабільно зростає. Гравці шукають проекти, де їхній вибір має реальну вагу, а світ гри реагує на прийняті рішення. Проект «Dreadnought of the Fallen Empire» розробляється як відповідь на цей запит. Це інтерактивна історія, що занурює користувача в атмосферу вигаданої імперії початку XX століття. Використання інструментарію RPG Maker дозволяє зосередитися на детальному опрацюванні сюжету, персонажів та варіативності проходження, створюючи унікальний досвід для кожного гравця.

Мета. Розроблення комп'ютерної гри на базі рушія RPG Maker. Проект має на меті створити інтерактивну історію, де вибір гравця безпосередньо впливає на розвиток сюжету та відчуття від його завершення.

Стислий опис пропонованої ідеї. Проект «Dreadnought of the Fallen Empire» — це наративна пригода з елементами квесту. Гра поєднує глибоку драматургію з інтерактивністю, з захопливим сюжетом та моральними дилемами, перетворюючи ігровий час користувачів на реальну допомогу. Гравцеві доведеться досліджувати, шукати різні шляхи та зробити ключовий вибір: підтримати боротьбу за свободу чи проігнорувати проблеми імперії. Важливою складовою є соціальна місія — частина прибутку від гри перераховується на потреби ЗСУ.

Особливий візуальний стиль та атмосфера: гра створюється за допомогою рушія RPG Maker MZ у класичній 2D-стилістиці, що формує унікальну, майже «книжкову» атмосферу. Використання кінематографічної обробки локацій та трагічного, напруженого саунд-дизайну дозволяє гравцеві емоційно відчувати вагу подій, а фінал історії подається через стильну хроніку газетних заголовків. Приклад локації прологу на рисунку 1.

Програмна модифікація рушія та розширення функціональних можливостей. З метою оптимізації базової архітектури RPG Maker MZ та імплементації специфічних дизайнерських рішень, до програмного стека проекту було інтегровано комплекс спеціалізованих плагінів. Це дозволило розширити нативні можливості середовища розробки за такими напрямками:

- модернізація кінематичної моделі (Pixel Movement). Для усунення обмежень стандартної дискретної системи координат впроваджено алгоритми піксельного переміщення. Дана технологія забезпечує безперервне позиціонування об'єктів у просторі, реалізуючи плавний рух із підтримкою довільних векторів (включно з діагональними). Це суттєво підвищує точність керування та покращує ергономіку взаємодії користувача з ігровим персонажем;
- розширення можливостей рендерингу середовища (Cyclone Map). Візуалізацію ігрових локацій вдосконалено шляхом інтеграції інструментарію Cyclone Map. Модуль забезпечує багатопланову обробку графіки, дозволяючи накладати динамічні ефекти (атмосферний

туман, систему освітлення, паралакс-маппінг) безпосередньо у вікні рендерингу, що сприяє глибшому імерсивному ефекту. Приклад використання світла на рисунку 1;

- трансформація системи візуалізації наративу (Full-Body Busts). Здійснено рефакторинг підсистеми відображення діалогів. Стандартні текстові контейнери замінено на систему повноростових деталізованих портретів персонажів. Такий підхід наближає візуальний стиль подачі сюжетної інформації до жанрових стандартів візуальних новел, підвищуючи емоційне сприйняття сцен. Приклад на рисунку 2.
- реорганізація графічного інтерфейсу користувача (VisuStella Main Menu, Moghunter Custom Menus). Заплановано повну конверсію GUI (графічного інтерфейсу користувача). Завдяки програмним комплексам VisuStella та Moghunter, статичні архітектурні елементи меню замінено на динамічні інтерактивні сцени. Планується реалізувати підтримку анімованих фонових підкладок, авторських графічних асетів та візуальних ефектів.



Рисунок 1- Локація прологу



Рисунок 2 - Локація прологу та приклад діалогу

Використання ІІІ в проєкті. У проєкті планується інтеграція мовної моделі ChatGPT, інтегрування ІІІ у середовище RPG Maker MZ базується на можливостях рушія виконувати асинхронні HTTP-запити через вбудований JavaScript-інтерфейс. Реалізація динамічних діалогів у реальному часі («жива» генерація) передбачає використання API (наприклад, OpenAI API), де текстове введення гравця транслюється у POST-запит до сервера. Отримана відповідь у форматі JSON обробляється та зберігається у змінних гри для подальшого виведення через стандартні вікна повідомлень, що дозволяє створення адаптивних NPC, які реагують на довільні репліки користувача відповідно до заданого системного контексту.

Проте технічна імплементація стикається з низкою обмежень, серед яких затримка відповіді, залежність від стабільного інтернет-з'єднання та питання кібербезпеки, пов'язані із захистом API-ключів на клієнтській стороні. Окрім того, економічна модель використання API (оплата за токени) вимагає розробки проміжної серверної архітектури для комерційних проєктів, щоб контролювати витрати та фільтрувати запити.

Також перспективними є гібридні методики, де нейромережа використовується лише для класифікації намірів гравця (intent recognition), активуючи заздалегідь написані скрипти всередині рушія. Це забезпечує баланс між ілюзією вільного спілкування та збереженням контролю над наративною цілісністю твору.

Проблема, яку вирішує проєкт. Досвід гри в наративні пригоди (на прикладі «Dreadnought of the Fallen Empire») розвиває емоційний інтелект та навички критичного мислення. Якщо екшени тренують реакцію, то цей проєкт вчить аналізувати складні ситуації, де немає однозначно «білого» чи «чорного» рішення. Це корисно у реальному житті: гравець вчиться прогнозувати наслідки своїх дій та брати на себе відповідальність за зроблений вибір в умовах тиску.

Цільова аудиторія та ринковий сегмент. Проєкт орієнтований на користувачів вікової категорії 16+. Цей вибір зумовлений демографією ринку відеоігор. Також основна аудиторія — це любителі історичних сеттингів та глибоких сюжетних ігор. Оскільки гра зачіпає серйозні теми соціальної нерівності, голоду та революції, вона орієнтована на гравців, що цінують наратив.

Апаратні вимоги до системи. ОС: Windows 10/11 or higher. Процесор (CPU): Intel Core2 Duo or higher. Оперативна пам'ять (RAM): 2 ГБ. Відеокарта (GPU): Open GL compliant video card. Підтримка DirectX9. Вільний простір на диску: 3 ГБ.

Основні конкуренти (зарубіжні аналоги). Найближчі зарубіжні конкуренти гри є To the Moon, Angels of Death та Ib, які також є сюжетними пригодами (Narrative Adventure) на рушії RPG Maker. Спільними рисами є відсутність бойової системи, фокус на дослідженні локацій та пошук предметів, необхідних для розвитку історії. Водночас «Dreadnought of the Fallen Empire» вирізняється на тлі традиційних проєктів цього рушія нетиповим місцем та часом подій, детально промальованішими локаціями та використанням ІІІ для діалогів з деякими персонажами.

Висновки. Проєкт «Dreadnought of the Fallen Empire» є наративною пригодою на рушії RPG Maker MZ, що поєднує класичну 2D-стилістику з сучасними технічними рішеннями. Завдяки інтеграції спеціалізованих плагінів для покращення кінематики та візуалізації, а також використанню штучного інтелекту для генерації діалогів, розробка виходить за межі стандартних можливостей рушія, пропонуючи гравцям унікальний імерсивний досвід. Сюжет гри, розгортаючись у декораціях вигаданої імперії початку XX століття, фокусується на

глибокій драматургії та варіативності, де вибір користувача безпосередньо впливає на розвиток історії та її фінал.

Окрім художньої цінності, гра виконує важливу соціальну та освітню функцію, розвиваючи критичне мислення та емоційний інтелект через вирішення складних моральних дилем. Ключовою особливістю проєкту є його благодійна складова — перерахування частини прибутку на потреби ЗСУ, що дозволяє гравцям поєднувати дозволя з реальною допомогою країні, надаючи ігровому процесу додаткової етичної ваги.

Summary

The paper presents «Dreadnought of the Fallen Empire» a narrative adventure developed on the RPG Maker MZ engine that integrates AI-driven dialogues and advanced visual plugins to create an immersive early 20th-century setting. The project focuses on deep storytelling and complex moral dilemmas where player choices directly impact the narrative outcome and the ending. Additionally, the game fulfills a significant social mission by directing a portion of its profits to support the Armed Forces of Ukraine

Науково-популярне видання

ІТ-Ідея – 2025

Збірник науково-практичних праць XI Міжнародного Форуму

Головний редактор О.І. Рязанцев

Технічний редактор, літературне редагування і коректура М.Є. Щербакова

Комп'ютерна правка, верстка Д.А. Прудніков

Підп. до друку 23.12.2025. Формат 60x84/16. Папір офсет. Гарнітура “Times New Roman”.
Ум. друк. арк. 1,5. Тираж 60 пр. Зам. №

Видавець

Східноукраїнський національний університет

імені Володимира Даля

01042, Київ, вул. Іоанна Павла II, 17

e-mail: uni@snu.edu.ua,

uni.snu.edu@gmail.com

XI Міжнародний Форум