

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
SZKOŁA GŁÓWNA GOSPODARSTWA WIEJSKIEGO W WARSZAWIE
POZNAŃ UNIVERSITY OF LIFE SCIENCES
POLITECHNIKA WARSZAWSKA**

Факультет автоматизації і комп'ютерних систем

**XII Міжнародна науково-технічна
Internet-конференція**

**«Сучасні методи, інформаційне,
програмне та технічне забезпечення
систем керування організаційно-
технічними та технологічними
комплексами»**

27 листопада 2025

КИЇВ НУХТ 2025

Матеріали XII Міжнародної науково-технічної Internet-конференції «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами», 27 листопада 2025 [Електронний ресурс]. – К: НУХТ, 2025. – 385 с. – Режим доступу: <https://nuft.edu.ua/naukova-diyalnist/naukovi-konferencii>.

У матеріалах конференції наведено доповіді за напрямками: автоматизація процесів керування технологічними процесами та комплексами, інтелектуальні системи керування та аналізу даних, інтегроване автоматизоване керування організаційно-технічними системами, інформаційні системи керування у виробництві та освіті. Видання містить програму і матеріали Міжнародної науково-технічної конференції.

Матеріали конференції будуть корисні науковим та інженерно-технічним працівникам, виробничникам, потенційним інвесторам, студентам вищих закладів освіти та всім, хто пов'язаний з харчовою промисловістю та автоматизацією.

Подано в авторській редакції.

Редакційна колегія:

Голова програмного комітету:

С. В. Токарчук, канд. техн. наук, доц., проректор з наукової роботи НУХТ

Голова організаційного комітету:

С. В. Токарчук, канд. техн. наук, доц., проректор з наукової роботи НУХТ

Заступники голови оргкомітету:

Я. В. Смітюх, канд. техн. наук, доц., завідувач кафедри автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління НУХТ

С. В. Грибков, д-р техн. наук, доц., завідувач кафедри інформаційних технологій, штучного інтелекту та кібербезпеки НУХТ

Секретаріат оргкомітету:

М. С. Романов, канд. техн. наук, доц., доцент кафедри автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління НУХТ

М. П. Костіков, канд. техн. наук, доц., доцент кафедри інформаційних технологій, штучного інтелекту та кібербезпеки НУХТ

М. П. Грама, доктор філософії, старший викладач кафедри інформаційних технологій, штучного інтелекту та кібербезпеки НУХТ

ЗМІСТ

<i>Секція 1. Автоматизація процесів керування технологічними процесами та комплексами</i>	<i>4</i>
<i>Секція 2. Інтелектуальні системи керування та аналізу даних.....</i>	<i>35</i>
<i>Секція 3. Інтегроване автоматизоване керування організаційно-технічними системами.....</i>	<i>190</i>
<i>Секція 4. Використання технологій Індустрії 4.0 в системах управління.....</i>	<i>217</i>
<i>Секція 5. Інформаційні системи керування у виробництві та освіті.....</i>	<i>290</i>

1

СЕКЦІЯ

***АВТОМАТИЗАЦІЯ
ПРОЦЕСІВ
КЕРУВАННЯ
ТЕХНОЛОГІЧНИМИ
ПРОЦЕСАМИ ТА
КОМПЛЕКСАМИ***

Mathematical Modeling and Experimental Studies of a Frequency Converter for Induction Heating Systems

A.Sagyndikova

*Almaty University of Power Engineering and Communications
named after Gumarbek Daukeyev*

N. Zaiets

Berliner Hochschule für Technik

Induction heating is a process based on the use of electromagnetic induction to heat metals and other conductive materials. When exposed to an alternating magnetic field created by an inductor, eddy currents are induced in the material, converting electrical energy into thermal energy. Thus, heat is generated directly within the heated material, which ensures a high heating rate and is significantly higher than the efficiency achieved by traditional heat-treatment methods. Due to these advantages, induction heating systems are widely used in mechanical engineering and agricultural machinery, where hardening and restorative processing of steel parts remains a pressing task.

In this work, we study parameter selection for hardening and restorative surfacing of steel parts of agricultural machinery through mathematical modeling and targeted experiments . . Our approach provides a principled basis for choosing optimal operating modes and converter parameters for induction heating[4, 5]. Particular attention is paid to the design of the frequency converter (FC) for induction heating of metals, which employs IGBT and MOSFET transistor modules combined with control drivers. The developed circuit solutions provide protection systems against short-circuit currents, overloads and overtemperature, which increase the reliability of the equipment [4–6].

We present a prototype of a frequency converter and an inductor with a power of 6 kW, operating in the frequency range from 2 to 20 kHz when powered by a single-phase or three-phase voltage source, as well as a developed mathematical model of its operation. The electrical circuit of the installation includes an inductor (I), which converts high-frequency electrical energy into thermal energy; a transformer (Tr), which reduces the voltage to the required level; and a rectifier and an inverter, combined into a frequency converter (FC). Additionally, an output transformer is used, ensuring the coordination of the inductor parameters with the workpiece and the high-frequency inverter, while its mass-and-dimensions characteristics are reduced several times compared to traditional solutions.

Figure 1 shows the electrical circuit of a frequency converter with an induction heater, where: 1-input triacs, 2-three-phase rectifier, 3-inverters. The inverter has a certain peculiarity, it is built on two IGBT transistors. The use of IGBT transistors with a higher switching frequency in combination with a microprocessor control system in frequency converters reduces the level of higher harmonics characteristic of thyristor converters. As a result, there are smaller additional loads, reduced heating of the inductor, and reduced pulsations. Losses in transformers and capacitor banks are

reduced, their service life and wire insulation are extended, the number of false alarms of protection devices and errors of induction measuring instruments are reduced.

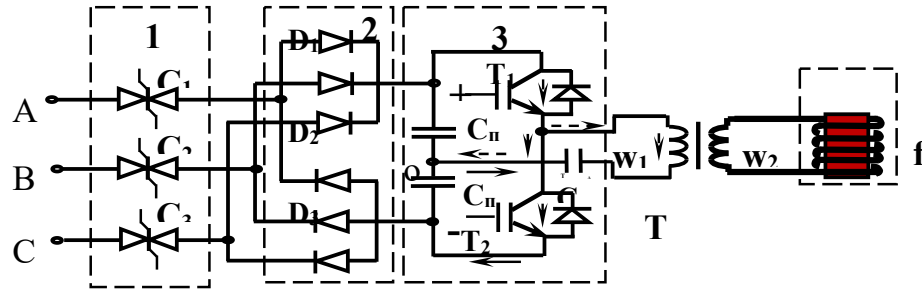


Figure 1 – Electrical diagram of the frequency converter of the induction heater with three-phase power supply

The average value of the voltage on the load with a sinusoidal network voltage has the following form,

$$U_{cp} = \frac{6\sqrt{2}}{\pi} U_m \sin \frac{\pi}{6} \cos \alpha = 1,35 U_{\pi} \cos \alpha = 2,34 U_{\phi} \cos \alpha \quad (1)$$

Where $U_{\pi} = \sqrt{3} U_{\phi}$ – effective value of the line voltage of the secondary winding of the transformer.

Prospects for further research involve the development of differential models of induction heating processes, enabling a more detailed consideration of nonlinear effects and risk factors during hardening. Additional long-term testing of prototypes is required to assess their reliability and determine economic benefits. In the future, the application of the developed model will be expanded to a wider class of machines and induction heating technologies, thereby increasing efficiency and reducing production costs.

References

- [1] Sagyndikova A. Z., Isembergenov N.T., Begimbetova A. S. Tergemes K.T. Model of induction heaters of the grain drying process// International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering, 2020,9(5), pp.8406-8412, 215. <https://doi.org/10.30534/ijatcse/2020/215952020>
- [2] A.V. Zhyltsov; N.A. Zaiets; A.O. Bereziuk; O.V. Gai; V.V. Lyktei. Eddy currents calculation in a three-phase induction-type heat generator using the secondary sources method. Journal Tekhnichna Elektrodynamika. pp 3-10. ISSN:1607-7970, DOI: 10.15407/techned2023.04.003
- [3] Li A.J., Zhou B.M., Jiang C.D., Liu D.Z., Wang E.H. Frequency-doubling displacement disturbance suppression of active magnetic bearing based on repetitive control. 2024 IEEE 10th International Power Electronics and Motion Control Conference (IPEMC2024-ECCE Asia),2024,pp.707-711.doi:<https://doi.org/10.1109/IPEMC-ECCEAsia60879.2024.10567916>.
- [4] Author's certificate No. 91438, Grain drying plant. N. T. Isembergenov, A. Zh. Sagyndikova K. N. Taysarieva, 03.06.2015

Automatic regulation of overhead power line wires' sag in wide temperature range

Volodymyr Romaniuk, Vladyslav Shpak

National University of Food Technologies

Overhead power line wires increase their length when heated by increasing environmental temperature or increasing power load. The distance between the wire and the ground or some object under the power line is critical, and it is regulated because of safety concerns. It is possible to reduce the height of the power line towers or increase the distance between them without violating safety norms by using devices for compensation of overhead power line wires' sag (thermal compensators). These devices contain a temperature sensitive element (or several elements) with the shape memory effect and are made of shape memory alloys, such as nitinol. These elements deform – change their shape to some predetermined shape when heated to a certain temperature and create mechanical influence on the wire, tightening it and thus reducing its sag. Some thermal compensators work by environmental heating, others by Joule heating and some by a combination of these factors. Thermal compensators which work by Joule heating usually activate not directly (not using the whole amount of current which flows through the wire). Such thermal compensators (their thermal sensitive element(s)) conduct only a part of the current which flows through the wire. This can be achieved by using ferromagnetic elements or by using thermal compensators with specific designs which conduct some noticeable amount of the current, but they require cutting of the wire, which is not desirable. When the temperature of the thermal compensator (its temperature sensitive element(s)) becomes close to the point of its activation, the mechanical influence on the wire begins to emerge, and when the temperature reaches the point of activation, the mechanical influence becomes the greatest and does not increase further. This is an important functional limitation of such devices – they work in a relatively thin temperature range. One possible way to overcome this limitation is to use several thermal compensators with different activation temperatures installed in one span (fig. 1) which do not require cutting of the wire (for minimal influence on the reliability of the power line), for example, prototype [1] or [2]. For the best functionality, thermal compensators used for such an application should be sensitive to both the current of the power line and the temperature of the environment.

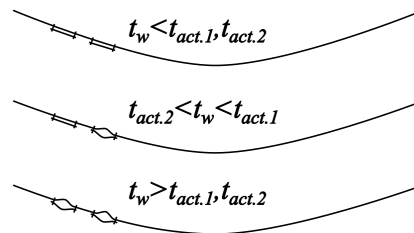


Fig. 1. Overhead power line wire with two thermal compensators with different activation temperatures (t_{act1} , t_{act2}) shown for 3 different temperatures of the wire (t_w)

By utilizing the above-mentioned principle of placement of thermal compensators, we can achieve such a mechanical influence on the power line's wire, which covers a wider range of possible temperatures which require compensation of the wire's elongation (which is caused by the Joule heating and the influence of the environment). The thermal compensators with different activation temperatures should be installed in each span of the power line. The activation temperature points should have enough distance between each other to adequately increase the overall compensation ability of the wire's elongation. The desirable resulting effect is shown on the following figure.

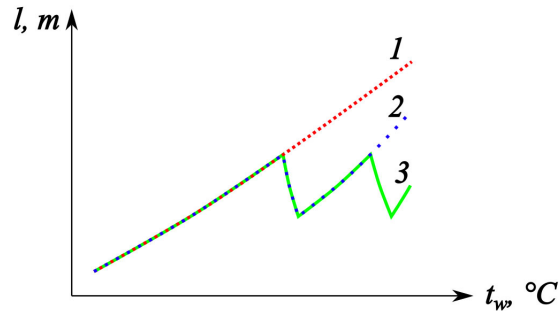


Fig. 2. Approximate graph of the power line wire's sag dependence on the temperature without and with thermal compensators installed

Fig. 2 shows the approximate graph of the power line wire's sag in one span of the power line (l, m) dependence on the temperature of the wire ($t_w, ^\circ\text{C}$) without (1) and with thermal compensators installed in different configurations: 2 – the wire with one thermal compensator, 3 – the wire with two thermal compensators which have different activation temperatures.

We can conclude that by using several thermal compensators with different activation temperatures, it is possible to cover a wider temperature range of the power line operation. At the same time, by using thermal compensators which do not require cutting of the wire, it is possible to minimize negative influence on the power line, such as reducing its reliability by the emergence of new connection points on the wire in places where it was cut. In order to achieve adequate response to the main factors which cause the wire's temperature to increase (environmental influence and Joule heating), thermal compensators which are sensitive to both of these factors should be used.

References

1. Romaniuk, V. (2023) 'Modified design of thermal compensator for overhead power lines and thermal models', *II International scientific and practical conference "Theoretical and practical aspects of modern scientific research"*. Seoul, South Korea, 8 April. pp. 122-127. doi: <https://doi.org/10.36074/logos-28.04.2023.37>
2. Shesterenko, V. Ye., and Romaniuk, V. T. (2024) *Method of installation of a thermal compensator for thermal elongation of power line wires*. Ukrainian National Office for Intellectual Property and Innovations Patent no. 155976. Available at: <https://sis.nipo.gov.ua/en/search/detail/1796661/> (Accessed: 5 November 2025).

Актуальність розробки інтегрованих інформаційних систем для підвищення ефективності гуманітарного розмінування в Україні

Д.А. Аеров, М.В. Гладка

КНУ імені Тараса Шевченка

Масштабне мінне забруднення території України створює виклик, оскільки ефективне планування розмінування вимагає аналізу різномірних даних, а традиційні підходи демонструють недостатню оперативність та координацію.

Існує гостра необхідність та актуальність створення єдиної інтегрованої інформаційної системи для підтримки прийняття рішень у цій сфері, що і є предметом даних тез. Ключовим завданням ІС є структурування та інтеграція даних з множинних джерел: растрові дані ДЗЗ, векторні шари інфраструктури, текстові звіти ДСНС, SQL-бази даних знахідок, у єдину геопросторову модель даних.

Особлива увага приділяється методам синтезу різномірних даних у єдиній ГІС-платформі. Надійність пріоритезації ділянок безпосередньо залежить від розробки механізмів верифікації вхідної інформації, наприклад, через автоматизовану крос-валідацію даних аерофотозйомки з БПЛА із польовими звітами саперних груп.

Для переходу від простого зберігання даних до предиктивного планування, пропонується впровадження аналітичного ядра на основі методів підтримки прийняття рішень (Multi-Criteria Decision Analysis).

Центральним елементом ІС має стати модель пріоритезації територій, реалізована за методом аналізу ієрархій (MAI). Це дозволить формалізувати експертні оцінки та розрахувати інтегральний індекс небезпеки на основі зважених факторів (щільність населення, тип ґрунту, близькість до критичної інфраструктури). Для оптимізації логістики пропонується застосування графових алгоритмів, наприклад, А зірочка або Дейкстри, для пошуку оптимальних та безпечних маршрутів саперних груп на карті, що динамічно оновлюється.

Впровадження комплексної ІС дозволить підвищити швидкість очищення територій, оптимізувати використання наявних ресурсів та забезпечити прозорий контроль за виконанням робіт на всіх етапах.

Література

1. Аеров Д. А., Гладка М. В., Палій С. В. Інтеграція IoT-технологій для моніторингу та управління укриттями міської інфраструктури. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2025. № 62. URL: https://urss.knuba.edu.ua/files/zbirnyk-62/125_133.pdf.

2. Kolesnikova K., Gladka M., Kostikov M., Myronova N. A Model of an IoT System Based on RFID Tags for Mine Defense under War Conditions and in the Post-War Period. *IT&I*. 2023. P. 414–422. URL: <https://dspace.nuft.edu.ua/server/api/core/bitstreams/cb1e342d-f31c-4cc8-8309-759e8545202c/content>.

Застосування методу Multiway PCA для моніторингу та діагностики періодичного процесу кристалізації цукру

Ю.А. Гудзь

Національний університет харчових технологій

Сучасні системи автоматизації цукрового виробництва (SCADA/DCS) генерують великі обсяги даних, які характеризуються складною динамікою та нестаціонарністю, особливо у періодичних (batch) процесах, таких як варка утфелю у вакуум-апаратах. Традиційні методи статистичного аналізу часто розглядають кожну змінну окремо або ігнорують часову структуру даних, що знижує ефективність виявлення аномалій. Однією із задач моєї роботи є адаптація методу багатовимірного аналізу головних компонент (Multiway PCA або MPCSA) для комплексного моніторингу стабільності циклів кристалізації.

Дані для дослідження отримано з промислового вакуум-апарату періодичної дії. Структура даних періодичного процесу є тривимірною: I (кількість варок) $\times$ J (кількість змінних процесу: рівень, температура, тиск, витрата пари тощо) $\times$ K (часові відліки). Для аналізу використано вибірку з 19 повних циклів. Реалізацію алгоритму виконано мовою Python з використанням бібліотек Scikit-learn та Pandas.

Оскільки тривалість варок варіюється внаслідок технологічних збурень, першим етапом стала синхронізація траєкторій процесу. Застосовано метод лінійної інтерполяції для приведення всіх циклів до єдиного вектора довжини ($K=200$ умовних точок), що дозволило порівнювати динаміку змінних «точка в точку». Ключовим етапом MPCSA стало розгортання (unfolding) тривимірного масиву даних $[I \times J \times K]$ у двовимірну матрицю $[I \times JK]$. До отриманої матриці застосовано класичний метод головних компонент (PCA) з попередньою стандартизацією даних (StandardScaler).

Побудована модель дозволила спроектувати багатовимірний простір технологічних змінних на площину двох перших головних компонент, які пояснюють найбільшу частку варіативності процесу (Рис. 1.). Візуалізація результатів (score plot) продемонструвала, що більшість варок формують щільний кластер, що свідчить про стабільність нормального режиму роботи. Водночас, метод дозволив чітко ідентифікувати варки, що знаходяться за межами довірчого інтервалу, вказуючи на аномальну поведінку процесу, яка не була очевидною при одновимірному контролі параметрів.

Окрім статичної оцінки варок, було проведено аналіз траєкторій еволюції процесу у просторі головних компонент (Рис. 2). Цей підхід дозволив візуалізувати динаміку зміни технологічного стану системи впродовж кожного циклу кристалізації.

Отримані фазові траєкторії демонструють наявність стійкого "коридору" нормальної роботи, в межах якого протікає більшість виробничих циклів. Відхилення траєкторії окремих варок від еталонного пучка дозволяє виявити нестаціонарні порушення (наприклад, дрейф параметрів або раптові збурення) у

конкретні моменти часу, що неможливо виявити за допомогою усереднених статистик.

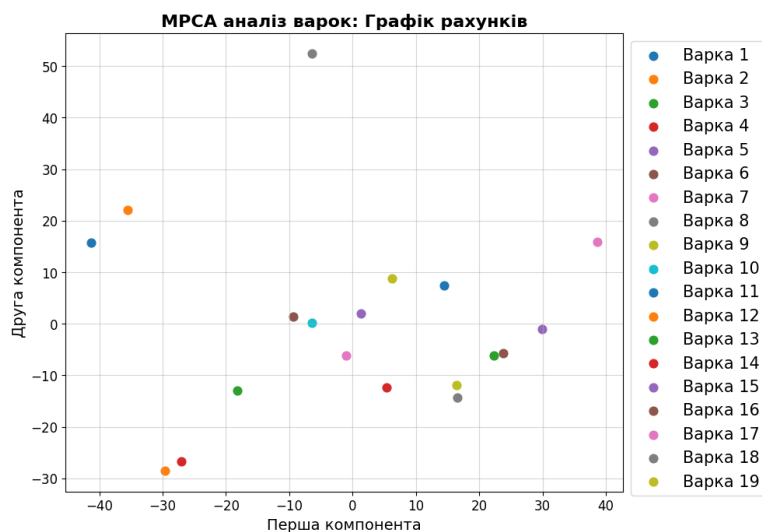


Рис. 1. Траєкторії еволюції технологічного процесу варки у просторі перших ДВОХ ГОЛОВНИХ КОМПОНЕНТ

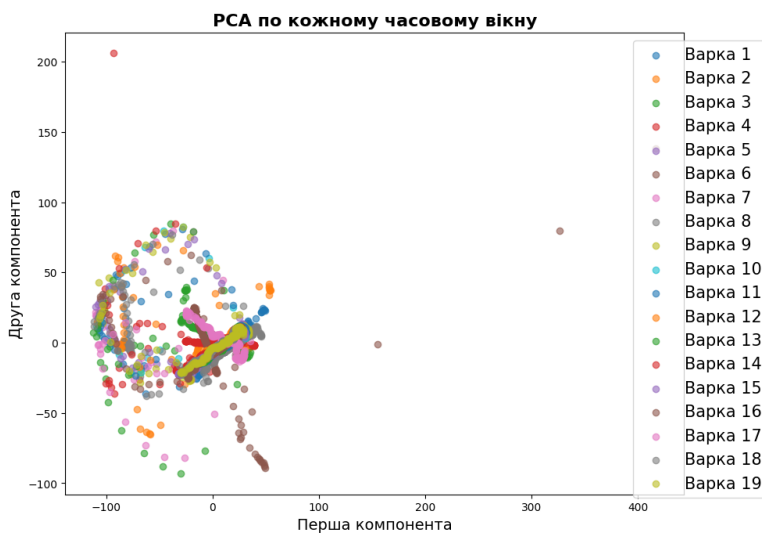


Рис. 2. Траєкторії розвитку процесу кристалізації для різних варок у просторі перших двох головних компонент

Використання Multiway PCA дозволяє стиснути історію всього циклу варки в компактний набір статистичних метрик. Це створює підґрунтя для впровадження систем статистичного керування процесами (BSPC), здатних виявляти відхилення в режимі реального часу та діагностувати причини несправностей шляхом аналізу внеску змінних (contribution plots), що є важливим кроком до реалізації концепції Індустрії 4.0 у цукровій галузі.

Література

Nomikos, P., & MacGregor, J. F. (1994). Monitoring batch processes using multiway principal component analysis. *AIChE Journal*, 40(8), 1361–1375. <https://doi.org/10.1002/aic.690400809>

Математичне моделювання коливань п'єзоелектричної кільцевої пластини з азимутальними розрізами електродів

В.В. Левченко¹, С.В. Сімченко²

¹Національний університет біоресурсів і природокористування, Київ

²Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій, Київ

В п'єзоелектричних вібраторах круглої конфігурації (диски та кільця) власні форми осесиметричних коливань, починаючи з другої власної частоти (на обертонах) мають вузлові точки у вигляді концентричних кіл.. Внаслідок виникнення зон розтягування і стиснення знижується ефективність електромеханічного зв'язку. З метою уникнення такого недоліку заборонено розрізати електродне покриття по концентричних колах. Опубліковані теоретичні дослідження в цьому напрямі не дають достатньої інформації аналізу цього явища, що і спричинило викладені в даній статі дослідження.

Планарні гармонічні коливання п'єзоелектричної круглої пластини з електродованими лицевими площинами $z = \pm h/2$ при плоскому напруженому стані ($u_z = u_0 = 0$, $\sigma_{zz} = \sigma_{zr} = \sigma_{z\theta}$, $E_x = E_y = 0$) у випадку осесиметричної з деформації описуються рівнянням електропружності і формулами для механічних напружень та електричної індукції Розглянемо кільцеву пластину $r_0 < r < r_2$ з двобічними розрізом електродного покриття по кільцевій лінії $r = r_1$. Розв'язок рівняння при гармонічних коливаннях буде шукати у вигляді (1-3)

Будемо мати чотири можливі комбінації граничних умов при $r = r_0$ і $r = r_2$ та відповідні системи для визначення невідомих сталих A_1 , B_1 , A_2 , B_2 :

1. жорстко закріплений край $r = r_0$ – жорстко закріплений край $r = r_2$
2. жорстко закріплений край $r = r_0$ – вільний від напружень край $r = r_2$
3. вільний від напружень край $r = r_0$ – жорстко закріплений край $r = r_2$
4. вільний від напружень край $r = r_0$ – вільний від напружень край $r = r_2$

Задача про визначення особливостей форм коливання зводиться до розв'язку систем алгебраїчних рівнянь. У випадку протифазного з'єднання електродів маємо чотири можливі види систем:

Чисельні результати та їх аналіз. Розглянемо п'єзокерамічну кільцеву пластину з властивостями $\rho = 7740 \text{ кг/м}^3$, $s_{11}^E = 15,2 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2/\text{Н}$, $s_{12}^E = -5,8 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2/\text{Н}$, $d_{31} = -125 \cdot 10^{-12} \text{ Кл/Н}$ $E_{za,1} = E_{za,2} = 2000 \text{ В/м}$, що відповідає п'єзокераміці ЦТС-19, при умові закріплення по внутрішньому радіусу r_0 ($\sigma(r_0, t) = 0$) і вільній зовнішній границі r_2 ($u(r_2, t) = 0$). Розрахунки проводились для безрозмірних власних частот $k_E R = \bar{\omega}$. Виконані розрахунки показали, що розрізи електродного покриття і їх кількість не впливають на значення власних частот коливань. Положення вузлових точок коливань ($u(r) = 0$) не залежить від значення радіусу розрізу. При першому варіанті з'єднання електродів форма коливань не залежить від r_1 і співпадає з формою коливань для пластини із суцільними електродами. Тому цей випадок не відображений на рисунках. При більшій кількості розрізів і подібному підключенні електродів форми коливань також не змінюються. При r_1

близькому до r_0 форми коливань для випадків №2 і №3 співпадають, для №4 значення $u(r, t)$ прямує до нуля. При $r_1 \rightarrow r_2$ форми коливань для випадків №1, 2, 4 – співпадають, а для випадку №3 прямує до нуля. Найбільш значний вплив розрізів спостерігається при r_1 близькому до вузлової точки. Для другої моди $\bar{\omega} = 8.04387$ вузлова точка буде при $r/r_2 = 0.605796$. На рис. 1 і 2 наведені форми коливань для цієї частоти в околі вузлової точки. На рисунках суцільним лініям відповідає варіант №2 з'єднання електродів, лініям із тире – №4, а крапками нанесені лінії для третього варіанту.

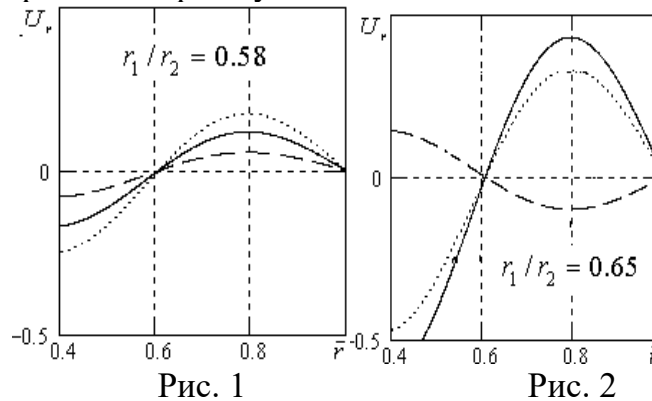


Рис. 1

Рис. 2

Виконані розрахунки частково представлені на рис.1 – 2 дозволяють стверджувати, що для мод і випадків, які розглядаються справедливі наступні висновки: вибором з'єднання електродів і радіуса розрізу можна ефективно керувати амплітудою коливань; якщо r_1 співпадає з радіусом вузлових точок форми коливань для 1-3 варіантів з'єднань електродів співпадають із формами коливань для пластини із суцільним покриттям; при зміні радіуса розрізу в околі вузлових точок форми коливань стають різними, а варіанту з'єднань №4 можуть різко змінювати амплітуду; при r_1 між вузовими радіусами форми коливань не мають різких змін.

Висновки. Таким чином, в роботі показано, що азимутальний двобічний розріз електродів не призводить до зміни власних частот коливань кільцевої п'єзокерамічної пластини. Вузові точки коливань співпадають при всіх можливих варіантах з'єднань електродів і в околах вузлових точок форми коливань, як правило, змінюють свою амплітуду. Зміною радіуса розрізу можна змінювати амплітуду форми коливань, за винятком випадку паралельної поляризації всіх кілець.

Література

1. Левченко В.В., Павленко В.І. Спектр об'ємних хвиль зсуву у ругулярно шаруватому просторі.// Інформаційні та комп'ютерні мережі. Київ. Університет Україна. 1(03). 2022. С. 92-102
2. Левченко В.В., Сімченко С.В. Дисперсійні властивості об'ємних хвиль зсуву в шарувато періодичному середовищі типу метал-п'єзоелектрик – діелектрик // Зв'язок, №4, 2024. – С. 47-51.
3. Шульга М.О. Резонансні електромеханічні коливання п'єзоелектричних пластин. / М.О. Шульга, В.Л. Карлаш. – К.: Наукова думка, 2007. – 186 с.

Модернізація системи автоматизованого керування процесом компенсації об'єму теплоносія в першому контурі енергоблока АЕС

І.Д. Стасюк, Г.Ф. Матіко, Т.В. Лукашук

Національний університет „Львівська політехніка”

У двоконтурних ядерних парогенеруючих установках для захисту першого контура від підвищення тиску теплоносія внаслідок коливань температури, а в багатоконтурних схемах також і проміжних контурів, заповнених рідким нестискуваним теплоносієм, застосовують компенсатори об'єму. Зокрема в енергоблоках з водо-водяним реактором зазвичай застосовують парові компенсатори об'єму (інша назва «компенсатори тиску»).

Вода як теплоносій за високих значень параметрів має великий коефіцієнт зміни об'єму і низьку стискуваність, що у замкнутому контурі реактора призводить до великих змін тиску при зміні його температурного режиму. Наприклад, за тиску 10 МПа і зміні температури від 250 до 300 °С питомий об'єм води збільшується на 11%. Більшість ядерних реакторів працюють за ще вищих значень параметрів води. Наприклад, тиск у першому контурі реактора ВВЕР-1000 становить 15,7 МПа, а температура – 320 °С [1].

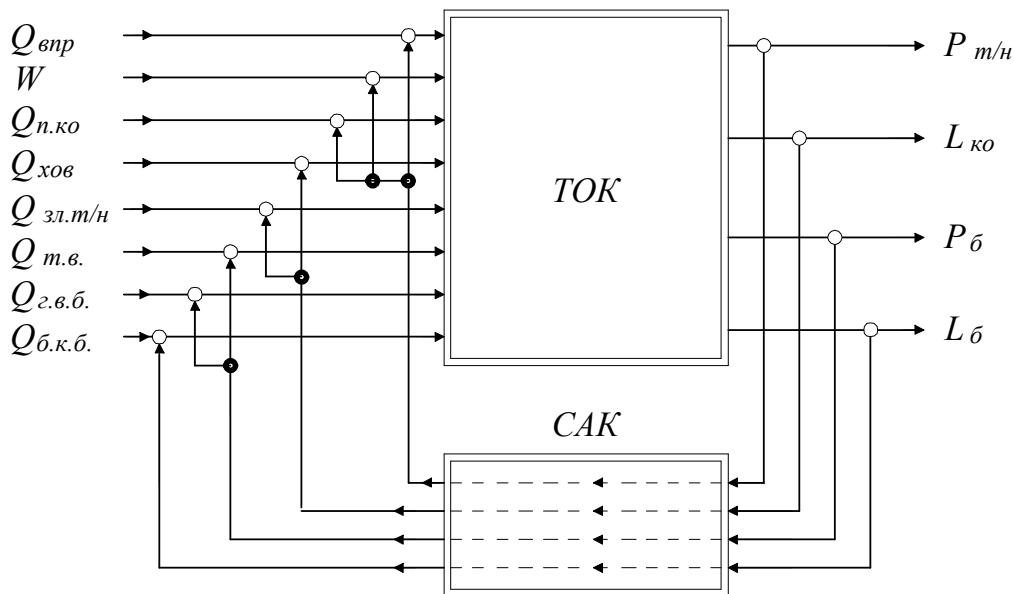


Рис. 1. Структурна схема автоматизованого технологічного комплексу з компенсації об'єму теплоносія

Так як зміна температури води значно впливає на зміну її об'єму, а, отже, і тиску, то необхідною умовою надійної і безпечної роботи ядерного енергоблока є підтримування у заданих межах тиску води у першому контурі реактора, а також інших технологічних параметрів, які характеризують матеріальний і енергетичний баланси процесу компенсації об'єму води [1, 2].

На рис. 1 наведена структурна схема автоматизованого технологічного

комплексу з компенсації об'єму води як теплоносія у першому контурі реактора. Технологічний об'єкт керування (ТОК) у цьому комплексі, крім компенсаторів об'єму (КО), включає також барботер, трубопроводи з водою, запірну та регулюючу арматуру. Система автоматизованого керування (САК) здійснює автоматичні пуск і зупинку ТОК; автоматичний контроль та регулювання тиску води $P_{m/n}$ у першому контурі реактора, рівня води $L_{ко}$ у КО з врахуванням середньої температури гарячої і холодної води у першому контурі реактора, тиску $P_б$ і рівня $L_б$ води у барботері, а також автоматичний захист від підвищення до гранично-допустимих значень тисків $P_{m/n}$ та $P_б$.

За незначного підвищення чи зниження температури води тиск у першому контурі реактора, завдяки властивості КО до саморегулювання, підтримується на заданому значенні з достатньою точністю. Значні підвищення температури теплоносія і тиску $P_{m/n}$ відповідно САК компенсує впорскуванням води з витратою $Q_{впр}$ в паровий простір КО, а значні зниження температури і тиску $P_{m/n}$ – підведенням електроенергії W для нагрівання води у КО і посиленого пароутворення. За підвищення тиску $P_{m/n}$ до гранично-допустимого значення САК видаляє частину пари $Q_{п.ко}$ з КО у барботер. Рівень води $L_{ко}$ у КО на заданому значенні САК підтримує, змінюючи витрату води $Q_{хов}$ для підживлення першого контура реактора [2].

Тиск $P_б$ у барботері підтримується зміною витрати технічної води $Q_{т.в.}$ для охолодження його водяного об'єму, а рівень води $L_б$ – зміною витрати $Q_{б.к.б.}$ води у баки «брудного» конденсату. За досягнення тиском $P_б$ гранично-допустимого значення САК видаляє газу $Q_{г.б.б.}$ з барботера на дезактивацію.

У пускових режимах КО застосовується так званий пусковий регулятор рівня води, який отримує також коректуючий сигнал від регулятора температури в паровому просторі КО. Пусковий регулятор рівня діє на зміну витрати води $Q_{зл.т/н}$, яка зливається з першого контура реактора.

Існуючі САК процесу компенсації об'єму теплоносія виконані на локальних засобах автоматизації та із жорстко закладеними у них алгоритмами керування, і тому вони обмежені щодо можливості оперативного вдосконалення цих алгоритмів.

Авторами розроблено заходи з модернізації САК процесу компенсації об'єму теплоносія за допомогою застосування сучасного мікропроцесорного контролера SIMATIC S7-1500. Для контролера розроблено програму його функціонування з периферійними засобами автоматизації. Така модернізована САК дає змогу на основі врахування досвіду, отриманого під час експлуатації енергоблока, вдосконалювати алгоритми керування окремими апаратами та процесом компенсації об'єму теплоносія в цілому і таким чином забезпечувати надійну та безаварійну роботу ядерних енергоблоків.

Література

1. Топольницький, М.В. 2003. Атомні електричні станції. Підручник для ВУЗів. Львів: Видавництво НУЛП.
2. Knowles, J. Brian. 2014. Nuclear Electric Power: Safety, Operation, and Control Aspects. John Wiley & Sons, Inc.

Підходи до побудови систем керування та вибору методів керування конвективними камерними сушарками для запобігання утворенню поверхневої кірки при сушінні харчових продуктів

В.С. Мельник, Я.В. Смітюх

Національний університет харчових технологій

Конвективне сушіння є одним із найпоширеніших способів зневоднення харчової, лікарської та сільськогосподарської сировини, а камерні конвективні сушарки широко застосовуються через простоту конструкції, універсальність щодо видів сировини та можливість гнучко змінювати режими роботи.

При конвективному сушінні багатьох харчових продуктів (фрукти, овочі, м'ясо) може утворюватися ущільнений зовнішній шар сировини – поверхнева кірка (англ. «*case hardening*») [1]. Механізм утворення поверхневої кірки є складним і багатофакторним, причому його перебіг істотно відрізняється для різних видів сировини. Якщо теплопідвід надто інтенсивний, швидкість випаровування на поверхні перевищує швидкість переносу вологи зсередини, пори й капіляри в поверхневій зоні частково закриваються, утворюючи бар'єр для подальшого масообміну. Ущільнений шар знижує проникність поверхні для вологи й газів, збільшує опір дифузії та фактично «закупорює» продукт, а отже значно знижує швидкість сушіння. Утворення поверхневої кірки найчастіше є незворотним процесом, а наслідки є небажаними як з технологічної, так і зі споживчої точки зору. Зниження швидкості масообміну призводить до збільшення тривалості сушіння та підвищення питомих енерговитрат, нерівномірності зневоднення, погіршує структуру, може зумовлювати тріщини, деформації та втрату привабливого зовнішнього вигляду продукту.

З утворенням поверхневої кірки можна боротися як конструктивними рішеннями, так і технологічними методами. До конструктивних заходів належать правильна організація руху повітря в камері, раціональна конфігурація лотків та ін. До технологічних методів відносять використання спеціальних режимів нагрівання, оптимізацію укладання сировини на лотках, попередню підготовку сировини та ін. Важливе значення мають експериментальні дослідження процесу сушіння різних видів сировини і визначення характерних зон ризику утворення кірки для подальшого коректного задання технологічних режимів для систем керування.

Водночас із цим негативним явищем можна і доцільно боротися не лише конструктивними й технологічними заходами, а й за допомогою правильної побудови структури систем керування та вибору відповідних методів керування режимами сушіння.

На практиці в абсолютній більшості конвективних камерних сушарок керування базується на основі тільки вимірювання температури та інколи вологості повітря в камері сушіння. Ми пропонуємо будувати й використовувати для конвективних камерних сушарок мультисенсорні системи керування, у складі яких застосовувати додаткові вимірювання, наприклад:

- температури нагрітого повітря на вході в камеру сушіння;
- температури поверхні сировини;
- температури холодного повітря перед нагрівачем;
- ваги завантаженої в сушарку сировини.

Додаткові інформаційні канали не призведуть до значного ускладнення системи керування та до істотного здорожчання обладнання, проте нададуть значні можливості для підвищення якості та ефективності керування процесом сушіння, у тому числі для запобігання утворенню поверхневої кірки.

У переважній більшості існуючих конвективних камерних сушарок основним методом керування є підтримання температури в камері за допомогою позиційних або ПД/ПІ-регуляторів. Часто застосовують програмні регулятори, де завдання температури змінюється ступінчасто. Оскільки температурний датчик, по вимірюваннях якого працює регулятор, зазвичай один і встановлений десь у середині об'єму камери, то на початку процесу, при холодній сушарці, або при стрибкоподібній зміні завдання, регулятор вмикає нагрівач на значну потужність, і поки триватиме перехідний процес, гаряче повітря від нагрівача може створювати умови для утворення поверхневої кірки на продукті, особливо в місцях входу гарячого повітря в камеру.

Для мультисенсорних систем керування пропонуємо застосовувати наступні методи і алгоритми керування для запобігання утворенню поверхневої кірки в конвективних камерних сушарках:

- регулювання температури в камері сушарки і температури нагрітого повітря на вході в камеру з урахуванням виду сировини, етапу процесу сушіння та температури поверхні сировини;
- використання регуляторів температури із алгоритмами та налаштуваннями, які забезпечують відсутність чи мінімізацію перерегулювання;
- плавна, не стрибкоподібна зміна завдання для регуляторів температури в камері та температури нагрітого повітря;
- керування етапами процесу сушіння на основі вимірювання ваги та швидкості зміни ваги завантаженої сировини (перемикання між етапами сушіння, зміна завдань регулятора температури в камері сушіння та регулятора температури нагрітого повітря, визначення моменту закінчення сушіння).

Запобігання утворенню поверхневої кірки є важливою задачею керування конвективними сушарками, яка може вирішуватися шляхом використання мультисенсорних систем та відповідних методів керування. Запропоновані принципи і методи можуть використовуватися для розробки сучасних систем керування з метою підвищення якості сушених продуктів і ефективності процесу сушіння.

Література

1. Gulati, T. and Datta, A.K., 2015. Mechanistic understanding of case-hardening and texture development during drying of food materials. *Journal of Food Engineering*, 166, pp. 119–138. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2015.05.031.

Математична модель парової секції нагрівача як складова моделі сусловарильного апарата із зовнішнім нагрівачем

М.Д. Паровенко

Національний університет харчових технологій

У роботі розглянуто математичну модель парової секції зовнішнього нагрівача сусловарильного апарата. Така модель є необхідною складовою для подальшої розробки оптимальної системи керування процесом нагрівання та кип'ятіння сусла. Отримані рівняння описують теплові та масообмінні процеси між сухою насиченою парою, стінками кожухотрубного теплообмінника та суслом, що дає змогу дослідити динаміку випаровування та вплив керуючих дій на енерговитрати. Модель формує аналітичну основу для синтезу алгоритмів оптимального керування, спрямованих на мінімізацію споживання пари, підвищення якості сусла та скорочення тривалості варильного циклу. Математичну модель нагрівача виведено на основі балансів маси пари та енергії для вмісту парової секції кожухотрубного теплообмінника. При цьому зроблено такі припущення: конденсат відводиться миттєво; кінетичною та потенціальною енергією у паровій секції можна знехтувати; тиск описується характеристичним рівнянням і відповідає умові паро-рідинної рівноваги; теплообмінник ідеально ізольований від зовнішнього середовища. Модель подано у вигляді чотирьох диференціальних рівнянь:

$$\frac{dT_v}{dt} = \frac{-\Phi + W_{v1}(h_{v1} - h_w - u_w)}{\frac{V_T}{v_v} \frac{dh_v}{dT_v}} + \frac{W_v}{v_v \frac{dh_v}{dT_v}} \times W_p, \quad (1)$$

$$\frac{dT_{twr}}{dt} = \frac{K_{s-tw} A_{twr} (T_v - T_{twr}) - \frac{(T_{twr} - T_{twf})}{R_{twr-twf}}}{C_{twr}}, \quad (2)$$

$$\frac{dT_{twf}}{dt} = \frac{\frac{(T_{twr} - T_{twf})}{R_{twr-twf}} - K_{tw-f} A_{twf} (T_{twf} - T_w)}{C_{twf}}, \quad (3)$$

$$\frac{dT_{sw}}{dt} = \frac{K_{s-sw} A_{sw} (T_v - T_{sw})}{C_{sw}}, \quad (4)$$

де до змінних стану належать: T_v – температура пари, T_{twr} – температура зовнішньої поверхні труб з боку пари, T_{twf} – температура внутрішньої поверхні труб з боку сусла, T_{sw} – температура внутрішньої поверхні кожуха з боку пари; до повільних збурень належать: T_w – температура сусла, K_{tw-f} – коефіцієнт тепловіддачі від внутрішньої поверхні труб теплообмінника до сусла; до керуючих змінних належить: W_{v1} – витрата пари, що надходить у парову секцію і дорівнює:

$$W_{v1} = C_{v,max} R^{u-1} \times \sqrt{\frac{p_1}{v_1} \left(1 - \frac{K}{p_1}\right)}, \quad (5)$$

де R – робочий діапазон регулювання клапана, $C_{v,max}$ – максимальна пропускна здатність при 100% відкритті клапана, $u \in [0,1]$ – ступінь відкриття клапана, p_1 – тиск пари до клапана, 300 кПа, v_1 – питомий об'єм пари при p_1 , K – функція зміни тиску насиченої пари у теплообміннику в залежності від температури. Функція K відповідає рівнянню Вагнера і має вигляд:

$$K = p_a \cdot e^{\left[\frac{T_a}{T_v} \left(a_1 \left(1 - \frac{T_v}{T_a} \right) + a_2 \left(1 - \frac{T_v}{T_a} \right)^{2/3} + a_3 \left(1 - \frac{T_v}{T_a} \right)^2 + a_4 \left(1 - \frac{T_v}{T_a} \right)^{7/2} + a_5 \left(1 - \frac{T_v}{T_a} \right)^4 + a_6 \left(1 - \frac{T_v}{T_a} \right)^{11/2} \right) \right]} \quad (6)$$

де для сухої насиченої пари $p_a = 22,064 \times 10^6$ Па, $T_a = 647,096$ К,
 $a_1 = -7,85951783$, $a_2 = 1,84408259$, $a_3 = -11,7866497$, $a_4 = 22,6807411$,
 $a_5 = -15,9618719$, $a_6 = 1,80122502$.

У рівняння 1, 2, 3, 4 підставляються наступні функції: W_B – швидкість конденсації (7), Φ – теплове надходження (8) і Z – коефіцієнт стисливості газу (9), які відповідно дорівнюють:

$$W_B = \frac{\frac{2R_{tw}T_v}{V_T} W_{v1} - \left(\frac{dK}{dT_v} - \frac{R_{tw}}{V_T} \left(Z + T_v \frac{dZ}{dT_v} \right) \right) \left(\frac{-\Phi + W_{v1} (h_{v1} - h_L - u_v)}{\frac{R_{tw} dT_v}{V_T}} \right)}{\left(\frac{dK}{dT_v} - \frac{R_{tw}}{V_T} \left(Z + T_v \frac{dZ}{dT_v} \right) \right) \frac{W_v}{V_T} + \frac{2R_{tw}T_v}{V_T}}, \quad (7)$$

$$\Phi = K_{s\ tw} A_{two} (T_v - T_{two}) + K_{s\ sw} A_{sw} (T_v - T_{sw}), \quad (8)$$

$$Z = \frac{K_{vv}}{R_{tw} T_v}. \quad (9)$$

У рівняннях 1, 7 і 9 h_{v1} – функція ентальпії сухої насиченої пари у паровій секції, h_L – функція ентальпії конденсату, u_v – функція внутрішньої енергії пари у паровій секції, v_v – функція питомого об'єму пари у паровій секції. Ці функції побудовані на основі високоточних таблиць для властивостей води та пари за рахунок апроксимації поліномом 3-го ступеня значень в залежності від температури. Функції мають наступний вигляд:

$$h_{v1} = -85.7981T_v^3 - 1408.99T_v^2 + 25936.3T_v + 2718100, \quad (10)$$

$$h_L = 40.9845T_v^3 + 363.812T_v^2 + 79740.3T_v + 539947, \quad (11)$$

$$u_v = -29.625T_v^3 - 1023.75T_v^2 + 19518.8T_v + 2538040, \quad (12)$$

$$v_v = -0.0340531T_v^3 + 0.133318T_v^2 - 0.363639T_v + 0.691544. \quad (13)$$

У рівняннях 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9 використовуються наступні константи: $K_{s\ tw}$ – коефіцієнт тепловіддачі від сухої насиченої пари всередині кожуха до зовнішньої поверхні труб теплообмінника, A_{two} – площа зовнішньої поверхні труб теплообмінника, $K_{s\ sw}$ – коефіцієнт тепловіддачі від сухої насиченої пари всередині кожуха до внутрішньої поверхні кожуха теплообмінника, A_{sw} – площа внутрішньої поверхні кожуха теплообмінника, A_{twi} – площа внутрішньої поверхні труб теплообмінника, V_T – об'єм парової секції теплообмінника $R_{two\ twi}$ – радіальний опір провідності труб теплообмінника, $C_{two} = C_{twi}$ – теплоємність половини маси металу труб теплообмінника, C_{sw} – теплоємність маси металу кожуха теплообмінника. Основною змінною, процесу кип'ятіння є швидкість випаровування, яка відповідає швидкості конденсації W_B . Тому описана модель є головною складовою моделі сушловарильного апарата.

Література

1. Thomas, P.J. 1999. Simulation of industrial processes for control engineers. Oxford: Butterworth-Heinemann.

2. IAPWS. 1997. Revised Release on the IAPWS Industrial Formulation 1997 for the Thermodynamic Properties of Water and Steam. International Association for the Properties of Water and Steam. Доступно:

<<https://www.iapws.org/relguide/IF97-Rev.html>> [Дата звернення 16.11.2025].

**Моделювання прийняття стратегічних рішень в управлінні
технологічними комплексами неперервного типу**

В.О. Руденко

Черкаський державний технологічний університет

Інформаційна технологія прийняття стратегічних рішень в управлінні технологічними комплексами (ТК) неперервного типу передбачає оцінку поточної ситуації з врахуванням зовнішніх та внутрішніх факторів впливу та вибір відповідної стратегії досягнення поставлених цілей [1]. Поточний стан ТК неперервного типу визначається на основі фіксованого набору показників ефективності, а також вплив факторів зовнішнього середовища. Моделювання прийняття стратегічних рішень реалізується для i -го інтервалу ($i = 1, 2, \dots, N$). В початковій точці інтервалу визначається початковий набір значень показників ефективності ТК неперервного типу і задається відповідний набір можливих рішень для цього інтервалу.

Прийняття стратегічного рішення на i -му інтервалі моделюється на основі наступної процедури [2].

Крок 1. Формується експертна матриця взаємозв'язків між показниками ефективності ТК неперервного типу (показники продуктивності ТК (I_p), втрат цінного продукту у виробництві (I_v), витрат ресурсів ТК (I_w)) за правилами когнітивного моделювання.

Крок 2. Для кожної стратегії експерт формує вихідні умови - початковий набір значень показників ефективності з врахуванням впливу факторів зовнішнього середовища (показники (індикатори) прогнозування).

Крок 3. На базі матриці взаємозв'язків при встановлених початкових умовах моделюється робота ТК неперервного типу на i -му інтервалі і визначається прогнозований фінальний стан (у кінцевій точці інтервалу) при даній стратегії.

Крок 4. На основі прогнозованих фінальних станів за всіма стратегіями вибирається оптимальна стратегія, що відповідає цілям ТК неперервного типу.

Крок 5. Для обраної стратегії формується сценарна модель, що відображає динаміку її виконання.

Крок 6. Моделюється реалізація обраної стратегії, і знаходиться фактичний стан ТК неперервного типу в кінцевій точці i -го інтервалу. Цей стан приймається за початкове для наступного $(i+1)$ -го інтервалу, і всі кроки процедури повторюються вже для $(i+1)$ -го інтервалу.

Література

1. Prokopenko T. A., Zyelyk Ya. L. 2017. Complex method of strategic decision-making in management of technological complexes of continuous type. Journal of Automation and Information Sciences. 49, 71 -79.

2. Прокопенко Т.О., Ладанюк А.П. 2015. Інформаційні технології управління організаційно-технологічними системами: [текст]. Черкаси: Вертикаль, видавець Кандич С.Г., 224 с.

Використання LQR та MPC для регулювання температури в крафтовій сироварні

Д.І. Тюляков, Н.М. Луцька

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,

Національний університет харчових технологій

Інтенсивний розвиток обчислювальної техніки та зростаюча складність сучасних автоматизованих систем суттєво трансформують методологію синтезу регуляторів. Якщо традиційно пріоритет надавався переважно класичним критеріям якості (стабільність, швидкодія, точність), то сучасні вимоги до автоматичного керування все більше акцентують увагу на побудові оптимальних регуляторів. Однак, на тлі стрімкого технологічного прогресу, у сфері промислової автоматизації спостерігається парадоксальний феномен: домінування консервативних методів, зокрема on/off та PID-регуляторів.

Потужні обчислювальні ресурси сучасних ПЛК та промислових комп'ютерів відкривають реальну можливість для практичного застосування складних законів оптимального керування, таких як: LQR (Лінійно-Квадратичний Регулятор), MPC (Модельно-Прогнозуюче Керування), навчання з підкріпленням (Reinforcement Learning, RL) [1].

Як об'єкт керування (ОК) розглядається процес пастеризації та заквашування в крафтовій сироварні, що представляє собою бак з водяною сорочкою. Найпоширеніший метод — двопозиційне (on/off) регулювання, що не потребує моделі, але демонструє низьку якість. Експериментально зафіксовано коливання температури $\Delta T \approx 3.1^\circ\text{C}$ що є критичним для біохімічних процесів. Для запобігання перерегулювання під час розігріву пропонується програмно-апаратне рішення - аварійну подачу холодної води.

Для зменшення похибки необхідно використати неперервний або квазі-неперервний сигнал керування. Для порівняльного аналізу було виконано синтез трьох типів оптимальних регуляторів: PID, LQR, MPC. Критерієм оптимальності для синтезу регуляторів обрано мінімізацію квадратичного функціоналу, що враховує відхилення вихідного сигналу від заданого значення та витрати на керування.

Для синтезу оптимального PID-регулятора в результаті ідентифікації [2] отримана передавальна функція:

$$G(s) = 17.11e^{-73s} \frac{15s + 1}{(10000s + 1)(40s + 1)(10s + 1)}, \quad (1)$$

Як видно з (1), ОК має складну динаміку, яку наближено можна представити ПФ третього порядку з ланкою запізнення.

Основні труднощі під час синтезу оптимального PID-регулятора для даного ОК:

- нелінійність системи, зумовлена наявністю обмеження на керуючий вплив (потужності нагрівача);
- тривалий час та складність процедури ідентифікації ОК;

- дисперсія керуючого впливу, що виникає через наявність диференціальної складової в законі керування;
- складність пошуку глобального оптимуму коефіцієнтів PID, що призводить до ризику зупинки в локальному мінімумі;
- недостатня точність регулювання.

Для синтезу регуляторів LQR та MPC була використана спрощена фізична модель теплообміну, представлена у вигляді моделі другого порядку в просторі станів. Вектором станів обрано температуру молока та температуру водяної сорочки. В запропонованій моделі відсутній спостерігач станів (стани є безпосередньо вимірними величинами) що підвищує робастність системи.

Запропоновано grey-box підхід до ідентифікації, який полягає в уточненні фізичних параметрів апіорної white-box моделі на початку кожного циклу розігріву молока. Цей підхід дозволив ефективно подолати невизначеність, пов'язану з поточними характеристиками молока (маса, теплоємність).

На базі цієї моделі був запропонований класичний лінійний LQR-регулятор (reference tracking LQR) із подальшим обмеженням керуючого впливу:

$$u_t^* = \text{bound}[M_{LQR} \cdot r - K_{LQR} \cdot x_t], \quad (2)$$

В результаті реалізації (2) отримано простіший у порівнянні з PID закон керування та покращені показники якості регулювання. Єдиним істотним недоліком даного методу є нетривіальність застосування класичного LQR в системі з обмеженням на керуючий вплив, що ускладнює його практичну імплементацію порівняно зі стандартними методами.

Найкращий результат було отримано за допомогою MPC-регулятора, ключовою перевагою якого є пряме врахування обмежень на керуючий вплив під час розрахунку оптимального сигналу. Подальше дослідження довело, що для даної задачі існує аналітичне рішення:

$$u_t^* = \text{bound}[M_{MPC} \cdot r - K_{MPC} \cdot x_t], \quad (3)$$

Це рішення дозволяє звести закон керування до лінійного перетворення стану та задаючого впливу, за аналогією з reference tracking LQR, що усуває необхідність виконання складного пошукового алгоритму на кожному кроці та робить простішою реалізацію. Найбільш обчислювально-витратні операції, такі як grey-box ідентифікація та розрахунок параметрів M_{MPC} і K_{MPC} , виконуються у фоновому режимі під час початкової фази розігріву молока. На цьому етапі сигнал керування підтримується на максимальному рівні та активне регулювання не потрібне.

Висновок. Проведене дослідження підтвердило ефективність застосування методів оптимального керування (LQR, MPC) для регулювання температури в сироварні.

Література

1. Steven L. Brunton, J. Nathan Kutz. 2022. Data-Driven Science and Engineering
2. Тюляков Д.І., Луцька Н.М. 2024. Дослідження точності ідентифікаційних моделей та їх впливу на систему керування // Енергетика і автоматика – 2024 - №4. – С. 39-55

**Комп'ютерне моделювання розподілу напружень
у п'єзоелектричному просторі при переміщенні та повороті
тонкого жорсткого включення еліптичної форми**

В.С. Кирилюк, П.Ю. Кобзар

Інститут механіки ім. С.П. Тимошенка НАН України, Київ, Україна

Швидко зростає використання у інженерній практиці п'єзоелектричних (електропружних) матеріалів при створенні елементів вимірювальних систем і приладів, перетворювачів енергії потребує при їх проектуванні дослідження і детальний аналіз напруженого стану поблизу концентраторів напружень типу порожнин, включень, тріщин та контактній взаємодії електропружних тіл зі штампами. Але проведення таких досліджень суттєво ускладнюється зв'язаністю силових і електричних полів, що має місце у електропружних матеріалах.

Теоретичною основою для дослідження зв'язаних силових і електричних полів у п'єзоелектричних матеріалах та елементах конструкцій з них є строга математична модель, яка базується на зв'язаній системі диференціальних рівнянь у частинних похідних для опису напруженого стану і електричних полів у п'єзоелектричних тілах. При суттєвому взаємному впливі силових і електричних полів (значному ефекту зв'язаності полів), який є характерним для класу п'єзокерамічних матеріалів, спроби використання спрощуючих гіпотез і підходів призводять до значних похибок при оцінці і аналізі напруженого стану і характеристик електричного полів.

У доповіді за допомогою строгої математичної моделі (враховує взаємозв'язок полів) знайдено точні аналітичні розв'язки задач електропружності про переміщення та поворот жорсткого тонкого включення еліптичної форми у п'єзоелектричному матеріалі, отримано аналітичні вирази для розподілу контактної тиску під еліптичним диском (включенням). Дослідження задач базувалося на використанні представлення розв'язку системи статичних рівнянь електропружності для п'єзоелектричного трансверсально ізотропного тіла через гармонічні функції. Також використано гармонічні потенціали спеціального вигляду та система еліпсоїдальних координат, що дозволило знайти аналітичні вирази для обчислення контактної тиску під жорстким еліптичним диском, його переміщення, а також кути повороту у електропружному матеріалі. Показано, що контактні напруження під жорстким плоским диском при його переміщенні та повороті у п'єзоелектричному матеріалі мають сингулярність. За допомогою отриманих результатів проведено комп'ютерне моделювання розподілу напружень у п'єзоелектричному просторі під жорстким еліптичним диском, досліджено вплив електропружних властивостей п'єзоелектричного матеріалу, геометрії диску на розподіл напружень.

Отримані за допомогою математичного та комп'ютерного моделювання результати є основою для науково-обґрунтованого прогнозування міцності і надійності елементів конструкцій з п'єзоелектричних матеріалів.

**Математичне та комп'ютерне моделювання коефіцієнтів
інтенсивності напружень у електропружному матеріалі з внутрішніми
та зовнішніми круговими тріщинами при температурних впливах**

В.С. Кирилюк, О.І. Левчук, П.Ю. Кобзар

Інститут механіки ім. С.П. Тимошенка НАН України, Київ, Україна

Використання у різних галузях промисловості електропружних (п'єзоелектричних) матеріалів при проектуванні перетворювачів енергії та елементів вимірювальних приладів і вимірювальних систем потребує для оцінки їх міцності та надійності детального аналізу розподілу напружень у таких елементах, особливо поблизу концентраторів напружень типу порожнин, включень, тріщин. Але провести такий аналіз достатньо складно, оскільки для цього потрібно розв'язувати більш складну граничну задачу, що враховує зв'язаність силових і електричних полів.

Теоретичною основою для дослідження фізичних процесів у електропружних тілах є строга математична модель, яка базується на зв'язаній системі диференціальних рівнянь у частинних похідних для опису напруженого стану і електричних полів у п'єзоелектричних тілах. При значному взаємному впливі силових і електричних полів (суттєвому ефекті зв'язаності полів) використання при розрахунках наближених підходів і спрощуючих гіпотез є неефективним, оскільки призводить до значних похибок при оцінці розподілів силових і електричних полів.

У даній доповіді на основі строгої математичної моделі отримано точні аналітичні розв'язки просторових задач термоелектропружності про напружений стан у п'єзоелектричному просторі поблизу внутрішньої, а також зовнішньої кругової тріщини при різних варіантах розподілів неоднорідних температурних полів на поверхнях тріщин. Розглянуто задачі для внутрішньої кругової тріщини про температурні розподіли поліноміального виду на різних ділянках поверхні тріщини. Для зовнішньої кругової тріщини розглядались випадки температурних впливів різного типу на її внутрішній і зовнішній кільцевих областях. У всіх випадках, що досліджувались, у явному аналітичному вигляді знайдено аналітичні вирази для коефіцієнтів інтенсивності напружень для різних видів температурних впливів на поверхнях внутрішньої та зовнішньої кругових тріщин. Проведено числові дослідження в залежності від типу температурного розподілу, області дії температурних впливів, термоелектропружних властивостей п'єзоелектричних матеріалів для внутрішньої і зовнішньої кругових тріщин у електропружному трансверсально-ізотропному матеріалі та їх аналіз.

Теоретичні результати, що містять точні розв'язки просторових задач термоелектропружності для п'єзоелектричного трансверсально-ізотропного тіла з внутрішньою та зовнішньою круговими тріщинами при різних видах температурних впливів на різних ділянках тріщин, а також замкнуті вирази коефіцієнтів інтенсивності напружень та проведені числові дослідження є науково-обґрунтованою основою для прогнозування міцності і надійності п'єзоелементів конструкцій.

**Математичне моделювання форм пружних хвиль (коливань)
в періодично-неоднорідних середовищах**

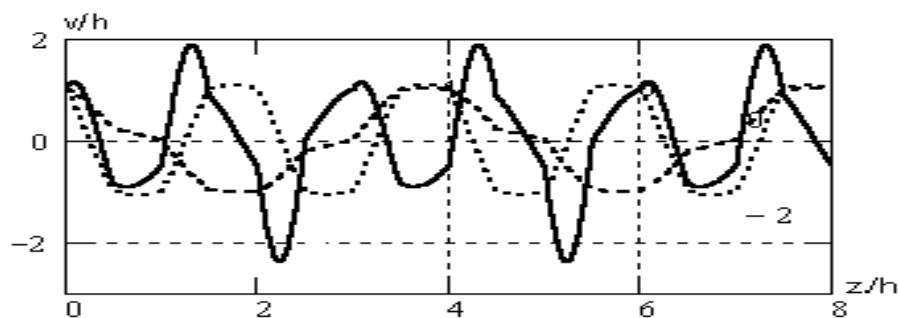
В.В. Левченко

Національний університет біоресурсів і природокористування

В класичних лінійних задачах теорії коливань дискретних і континуальних систем з дискретними (скінченими або зліченими) частотними спектрами алгоритм визначення власних частот і форм вимагає першочергового обчислення власних частот з наступним визначенням власних форм. Аналогічна послідовність дій розв'язку спектральних задач була запропонована в статті [1] і застосована в наступних публікаціях для систем з кусково-неперервним спектром про поширення об'ємних хвиль в періодично-неоднорідних середовищах. В цих роботах спочатку знаходилися зони пропускання об'ємних хвиль, а потім для довільних частот з цих зон по загальному розв'язку задачі визначалися відповідні форми хвильових рухів.

В цій роботі пропонується новий метод визначення форм коливань для систем з кусково-неперервним спектром. Метод полягає в тому, що спочатку апіорі задається кратна періоду структури періодичність обвідної кривої загального розв'язку, . потім знаходяться частоти коливань із зони пропускань (власні частоти) і для них будують форми хвильових рухів в структурі.

Розглянемо неоднорідне середовище пружності $c_{ij}(z)$ і густина $\rho(z)$ якої є періодичними функціями. При поширенні пружних хвиль в напрямку осі z при незалежних від x розв'язках переміщення і напруження відмінні від нуля залежать від одної просторової координати z . Нижче наведені результати чисельного аналізу отриманих дисперсійних співвідношень. В якості матеріалів шарів вибирались ZnO і GaYIG, а товщини шарів вибирались наступними $h_1 = 0,5$, $h_2 = 0,5$. На рисунку наведено форми коливань для $b_Q = \cos(2\pi/3)$ (суцільна крива, $\bar{\omega} = 3,274$), для $b_Q = \cos(\pi/2)$ (пунктирна крива, $\bar{\omega} = 1,1$) і $b_Q \cos(\pi)$. Безрозмірна частота $\omega^* = \omega h \sqrt{\rho_0 \lambda_0^{-1}}$



Література.

1. Levchenko V.V. Propagation magnetoelastic shear waves через regularly laminated medium with metalized interfaces // Int. Appl. Mech. – 2004. 40, № 1, – P.97 – 100.

Комп'ютерне моделювання напруженого стану п'єзоелектричного тіла при нецентральному навантаженні жорсткого кругового диску на границі поділу електропружних півпросторів

В.С. Кирилюк, О.І. Левчук

Інститут механіки ім. С.П. Тимошенка НАН України, Київ, Україна

Широке застосування у інженерній практиці п'єзоелектричних (електропружних) матеріалів при проектуванні перетворювачів енергії, елементів вимірювальних приладів та вимірювальних систем на їх основі потребує науково-обґрунтованого прогнозу міцності і надійності елементів з електропружних матеріалів. Таку оцінку можна провести на основі детального аналізу напружено-деформованого стану такого елемента з врахуванням концентрації напружень у ньому поблизу порожнин, включень, тріщин та контактної взаємодії електропружних тіл зі штампами чи з іншими тілами. В той же час, проведення таких досліджень є досить складною проблемою, враховуючи зв'язаність силових і електричних полів у п'єзоелектричних тілах.

Підґрунтям для дослідження розподілу силових і електричних полів у п'єзоелектричних матеріалах та елементах конструкцій на їх основі є строга математична модель, що базується на використанні зв'язаної системи диференціальних рівнянь у частинних похідних для опису силових і електричних полів у п'єзоелектричних матеріалах. Характерною особливістю таких матеріалів є значний ефект зв'язаності силових і електричних полів, що суттєво ускладнює використання спрощуючих підходів і гіпотез при розв'язанні задач електропружності.

У доповіді представлено результати досліджень напруженого стану у п'єзоелектричному матеріалі, що виникає при навантаженні жорсткого кругового диску, розміщеного на границі поділу двох п'єзоелектричних півпросторів. Припускається, що сила прикладена не до центру диску, тому має місце не тільки його переміщення, а й поворот у матеріалі. Поверхня кругового диску при розгляді вважається неелектродованою (без електродного покриття). Розглянуто два види контактної взаємодії жорсткого диску з півпросторами (гладкий контакт та жорстке защемлення). З використанням математично строгої моделі знайдено точний розв'язок задачі електропружності. При розв'язанні просторової задачі електропружності використано представлення загального розв'язку зв'язаної системи рівнянь електропружності через гармонічні функції та гармонічні потенціали. Граничну задачу зведено до розгляду парної системи інтегральних рівнянь, розв'язок якої отримано точно. Проведено комп'ютерне моделювання та аналіз напруженого стану у п'єзоелектричному матеріалі при нецентральному навантаженні кругового жорсткого диску, розміщеному на границі поділу двох електропружних півпросторів.

Результати комп'ютерного моделювання можуть бути використані для прогнозування міцності і надійності елементів конструкцій з електропружних матеріалів.

Концепція побудови резильєнтної системи керування на основі цифрового двійника для випарних установок цукрового виробництва**Шевченко Р.В.***Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

Об'єкти харчової промисловості займають особливе місце серед виробничих систем: вони поєднують високу технологічну складність, вимоги до безперервності процесу, а також жорсткі гігієнічні, якісні й енергетичні стандарти. Будь-яке порушення технологічного режиму — зниження якості продукту, простої обладнання, втрати сировини чи енергії — призводить до значних економічних збитків. У сучасних умовах динамічних змін, зростання конкуренції, вимог до сталого розвитку й цифровізації, для харчового виробництва стає критичною не лише надійність систем автоматизації, але й їх резильєнтність — здатність швидко відновлюватися після збоїв або передаварійних ситуацій. В харчовій промисловості особливо актуальна тема автоматизації та керування таких процесів, як очищення, нагрівання, випаровування, кристалізація, пакування. Серед них випарні установки займають важливе місце, особливо в цукровій промисловості: вони здійснюють концентрування соку. Витрати енергії процесу випарювання значні і часто потребують оптимізації, технологічна інерційність велика, а ризики передаварійного стану наприклад, коливання температур, порушення подачі пари, відмова датчиків рівня корпусів і як наслідок — карамелізація каналу відводу тиску, чи видалення конденсату з корпусів випарної установки, втрати режиму вакууму в концентраторі — суттєві. Збої у будь-якому з елементів можуть спричинити лавинний ефект: зниження концентрації сухих речовин, підвищення втрат, зміни режимів регулювання. Саме тому впровадження резильєнтної системи підтримки прийняття рішень для випарних установок є стратегічно важливим.

На відміну від більш класичних систем, що орієнтуються на резистивність (здатність у відповідь на передбачені зміни формувати протидію для погашення впливаючої дії), робастності (Здатність системи залишатись стійкою при параметричних невизначеностях та зовнішніх збуреннях) та адаптивності (здатність змінювати параметри у відповідь на відомі зміни середовища) систем, резильєнтні системи хоч і використовують схожу методологію та мають схожі особливості, орієнтовані на аналіз нормального режиму роботи об'єкта дослідження, та повернення його до безпечного режиму роботи у випадку передаварійних ситуацій [1]. У випадку часткової втрати даних або відмови датчика, така система не переходить у режим аварійного зупину, а активує алгоритм реконструкції стану процесу. Наприклад, у випарній установці цукрового виробництва втрата сигналу температури або рівня в одному з корпусів не призводить до припинення роботи всієї станції. На основі моделі теплового балансу та кореляцій між параметрами сусідніх корпусів (тиску, температури пари, концентрації сиропу) система оцінює поточний стан

відсутнього сигналу шляхом розрахунку параметра за відомими зв'язками між іншими змінними. Такий підхід дозволяє підтримувати технологічну стабільність навіть при відмові одного з каналів вимірювання, забезпечуючи безпечне функціонування до моменту відновлення первинного сигналу. Коли ж система переходить у передаварійний режим, наприклад через коливання тиску пари або втрату вакууму, резильєнтний контролер переходить у режим стабілізації, зменшуючи навантаження, вирівнюючи температурні перепади й контролюючи послідовність відновлення подачі теплоносія. Після нормалізації параметрів система автоматично синхронізує контури між корпусами та поступово відновлює вихідні уставки, запобігаючи гідроударам і втраті сировини. Основна методологія полягає у створенні багаторівневої структури: нижній рівень (ПЛК) забезпечує безпосереднє керування, середній (SCADA) — діагностику та логіку відновлення, а верхній (аналітичний сервер) — виявлення аномалій на основі історичних даних. Ключовим інструментом побудови такої системи є цифровий двійник — віртуальна модель, що відтворює фізичну поведінку обладнання в реальному часі. Для випарної установки цифровий двійник включає динамічні моделі тепло- та масообмінних процесів, що дозволяє оцінювати невимірювані параметри і передбачати розвиток передаварійних ситуацій. Для аналізу гетерогенних даних також можуть використовуватись семантичні моделі та графові представлення, що в свою чергу дозволить залучати до навчання моделі не тільки дані технологічного процесу а і інші підсистеми: звітність лабораторії та систем верхнього рівня[3]. Таким чином, впровадження резильєнтної логіки на рівні ПЛК/SCADA дозволяє не просто реагувати на аварії, а інтелектуально керувати передаварійними станами, що мінімізує ризики простоїв, зменшує втрати сировини та енергії, і, як наслідок, суттєво підвищує загальну ефективність складних технологічних процесів у харчовій промисловості.

Література:

1. Zhu, Q. and Basar, T. (2024). Disentangling Resilience from Robustness: Contextual Dualism, Interactionism, and Game-Theoretic Paradigms. arXiv (Cornell University). [електронне джерело] [Дата звернення 09 жовтня 2025] doi: <https://doi.org/10.48550/arxiv.2403.06299>
2. Papacharalampopoulos, A., Michail, C.K. and Stavropoulos, P. (2021). Manufacturing resilience and agility through processes digital twin: design and testing applied in the LPBF case. Procedia CIRP, 103, pp.164–169.). [електронне джерело] [Дата звернення 13 жовтня 2025] doi: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.10.026>
3. Genge, B. and Siaterlis, C. (2014). Physical process resilience-aware network design for SCADA systems. Computers & Electrical Engineering, 40(1), pp.142–157. [електронне джерело] [Дата звернення 16 жовтня 2025] doi: <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2013.11.018>

Оптимальне керування процесом виробництва етанолу гідролізом деревини

Н.С. Пелипенко, Л.Р. Ладісва

Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського

Оскільки до цього часу не сформовано єдиної методології для керування складним багатокомпонентним процесу гідролізу, то дослідження методів оптимального управління процесом виробництва етанолу шляхом гідролізу деревини є надзвичайно важливим. Основна мета оптимального керування полягає у стабільності заданої концентрації моносахаридів у гідролізаті та підтриманні необхідної температури в гідроліз-апараті, одночасно зводячи до мінімуму витрати нагрітої пари. Дану мету пропонується вирішити за допомогою синтезу оптимального лінійного-квадратичного регулятора, який розв'язується на основі матричного диференціального нелінійного рівняння Рікатті та знаходження оптимального керування зі зворотним зв'язком.

Матричне диференціальне рівняння Рікатті можна отримати за допомогою формули, яка наведена в (1):

$$P' = -PA - A^T P + PBR^{-1}B^T P - Q. \quad (1)$$

В даному рівнянні (1) маємо матрицю змінних стану A , матрицю керування B та матриці вагових коефіцієнтів Q та R .

Оптимальне керування можна записати в вигляді формули (2):

$$\Delta U^*(t) = -R^{-1}b_2(P_{11} \cdot \Delta x_1 + P_{12} \cdot \Delta x_2). \quad (2)$$

При постійних значення матриць A , B , R , Q та $t \rightarrow \infty$, P прямує до усталеного значення, яке знаходять з матричного рівняння Рікатті, яке наведено вище. Це в свою чергу забезпечує сталість матричного коефіцієнту підсилення регулятору K .

Необхідно ввести більш загальний критерій якості, який подамо в (3):

$$J = \frac{1}{2} X(t_f)^T S_f X(t_f) + \frac{1}{2} \int_0^{t_f} X^T Q X + U^T R U + 2 X^T N U dt. \quad (3)$$

В критерію якості врахуємо, що взаємозв'язки між керуваннями та станом, можна показати виразом з коефіцієнтом підсилення (4):

$$K = R^{-1} (B^T P - N^T). \quad (4)$$

Однак існують вимоги стосовно існування оптимального лінійно-квадратичного регулятора. Запишемо дані вимоги списком.

1. Пара матриць $[A, B]$ має бути повністю керована;
2. Мають виконуватися нерівності $R > 0$, $Q - N R^{-1} N^T \geq 0$;
3. Пара матриць $[Q - N R^{-1} N^T, A - B R^{-1} N^T]$ не може мати спостережувані моди з власними значеннями на дійсній осі.

Сформуємо новий оптимальний закон керування з урахуванням записаних вище вимог в формулі (5):

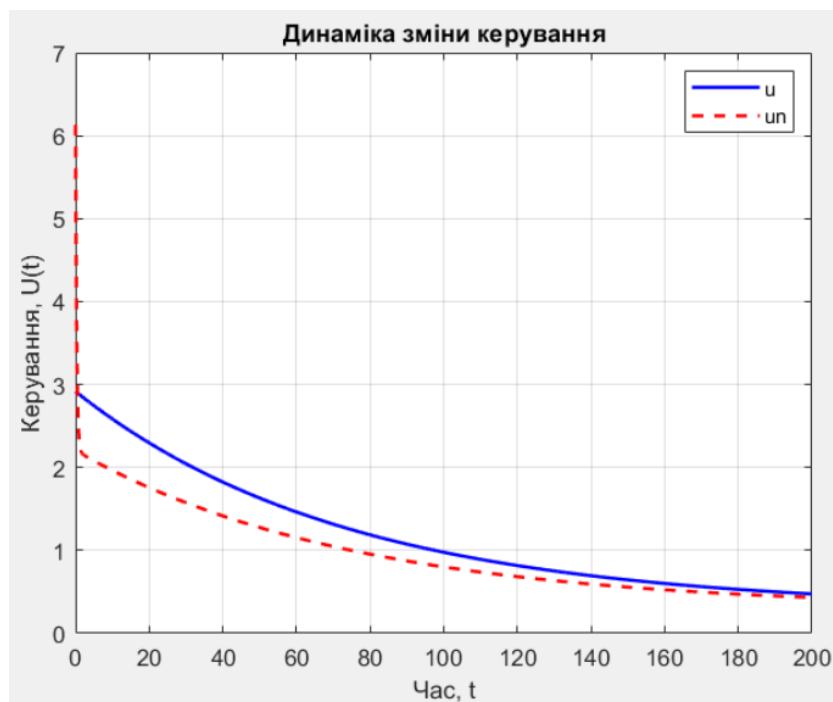
$$\Delta U^*(t) = -R^{-1}(b(P_{11} \cdot \Delta x_1 + P_{12} \cdot \Delta x_2) + 2(N_{11}x_1 + N_{22}x_2)) \quad (5)$$

Слід відмітити, що при практичній реалізації алгоритмів оптимального керування часто не представляється можливим отримати оптимальні точні характеристики оптимізації. Це, найчастіше, обумовлене тим, що при побудові вихідної математичної моделі процесу керування звичайно використовують наближені чи апроксимуючі моделі, що враховують основні домінуючі зв'язки і в той же час відрізняються від реальних.

В реальних умовах похибка алгоритмів оптимізації може зростати (особливо на великих інтервалах часу), що приведе до нестійкості алгоритмів оптимізації. Явище нестійкості алгоритмів оптимізації пов'язане з умовами реалізації рівняння Рікатті, розв'язок якого губить властивість симетричності.

В програмному середовищі MatLab реалізована програма, що виконує розрахунок оптимального лінійного регулятора. Проведено порівняння системи з одним входом і виходом, другого порядку для звичайних систем і для систем з врахуванням зв'язку між станом та керуванням.

В результаті виконання програми отримано графік динаміки руху змінної



керування, а саме витрати пари. Зображений даний графік на рис. 1:

Рис. 1. Динаміка руху змінних керування з регулятором

З рисунку 1 можна помітити різницю між звичайною системою і з врахуванням зв'язку між станом та керуванням. В випадку врахування зв'язку між станом та керуванням — витрати пари змінюються більш плавно та мають менші значення.

Підвищення ефективності використання ресурсів виробництва фосфорної кислоти методами експертних систем

Т.В. Савченко, Л.Д. Ярошук

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Сучасні підходи до автоматизації виробництва термічної фосфорної кислоти (ТФК) сфокусовані на системному аналізі першопричин подій, що призводять до випуску браку, перевитрати ресурсів та збільшенню відходів. З огляду на багатостадійність виробництва, критично важливим є дотримання вимог технологічних регламентів для кожної стадії, зокрема до якості продуктів та напівпродуктів. Наприклад, до концентрацій фосфорної кислоти (близько 80%) та фосфорного ангідриду у вихідному газі. Порушення цих показників не лише знижують якість продукції, але й створюють передумови для виникнення аварійних ситуацій та пришвидшеної корозії обладнання.

Аналіз існуючих систем керування свідчить, що традиційні методи керування, які базуються на ПІД-регуляторах, є недостатньо ефективними в умовах стохастичних збурень та нелінійності характеристик процесів.

Метою дослідження є визначення напрямків та способів застосування принципів ресурсозбереження в системах автоматизованого керування процесами виробництва термічної фосфорної кислоти.

У ході дослідження було проаналізовано технологічну систему (ТС) виробництва (рис.1). На основі вивчення теоретичних положень та експертного опитування визначено її критичний вузол, з точки зору ресурсозбереження – башту гідратації-охолодження, де відбувається формування кінцевих властивостей кислоти.

Запропоновано вибрати наступні напрямки забезпечення ресурсозбереження: підтримування заданих показників якості напівпродуктів та кінцевого продукту, уникнення й швидке усунення аварійних ситуацій, а також мінімізацію викидів газу в робочу зону виробництва. Було проаналізовано властивості усіх матеріальних потоків ТС та визначено найбільш інформативні для поставленої задачі.

Для врахування задач ресурсозбереження на основі структури ТС та теоретичних основ роботи апаратів виробництва була створена структурно-параметрична схема (СПС) з ідентифікацією апаратів, матеріальних потоків та показників властивостей у кожній з частин ТС (фрагмент СПС з ідентифікаторами стосовно однієї з башт гідратації – охолодження, БГО1, зображено на рис. 1). Визначимо ідентифікатори потоків, апаратів та змінних: K_{31} , $E_{\Phi 1}$ – камера згоряння та електрофільтр відповідно; $T_{\text{бго}}$ – температура в середині башти гідратації; $Q_{\text{фа}}$, $F_{\text{фа}}$, $T_{\text{фа}}$ – концентрація, витрата та

температура P_2O_5 відповідно; $Q_{фкп1}$, $F_{фкп1}$ – концентрація, витрата ТФК на склад відповідно; $Q_{фк}$, $F_{фк}$ – концентрація, витрата ТФК з вмістом газу відповідно; F_v , T_v , P_v – витрата, температура та тиск води відповідно.

Дослідження з метою зменшення ризиків та збитків від аварійних ситуацій виконувалося у напрямку використання експертної системи. Для цього на основі структурно-параметричної схеми ТС формувалася база знань у вигляді таблиць та дерева аварійних ситуацій.

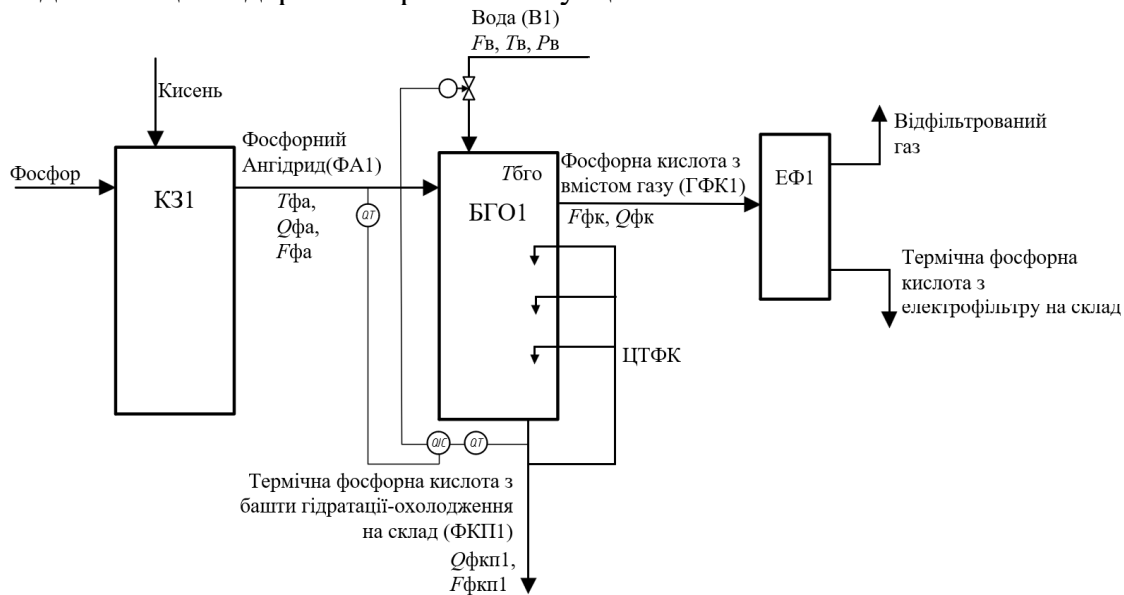


Рис. 1. Комбінована технологічна та структурно-параметрична схема для БГО з контуром НЧАСК: ЦТФК – потік циркулюючої ТФК

Побудова дерева аварійних ситуацій дозволила візуалізувати причинно-наслідкові зв'язки порушень. Встановлено, що аварійна подія типу «відхилення концентрації H_3PO_4 за межі припустимого діапазону» має високу ймовірність виникнення через коливання витрат води та зміну складу сировини. Цей висновок підтверджує необхідність використання адаптивних алгоритмів керування, які забезпечують ефективну компенсацію збурень та стабілізують процес в умовах невизначеності. Для підтримування якості використано систему експертного оцінювання впливу різних виробничих факторів на рівень шкідливості виробництва термічної фосфорної кислоти. Прикладом забезпечення якості продукції є створення нечіткої автоматичної системи керування (НЧАСК) процесом гідратації у башті гідратації-охолодження (рис. 1).

Запропонована система використовує лінгвістичні змінні та базу експертних правил: входними змінними контролера обрано концентрацію P_2O_5 на вході в башту та поточну концентрацію H_3PO_4 на виході, а керувальною дією визначено витрату технічної води на зрошення. Сформовано базу правил (наприклад: «ЯКЩО концентрація P_2O_5 висока І концентрація H_3PO_4 низька, ТО витрата води – висока»), що дозволяє системі гнучко реагувати на непередбачувані збурення.

Дослідження показало, що інтегрування здібностей та досвіду працівників з високими обчислювальними характеристиками комп'ютерних систем, забезпечує комплексність розв'язування задач ресурсозбереження й екологічної безпеки.

УДК 665.6/7:004.94

Питання інформаційного та математичного забезпечення систем оптимального керування адсорбційним очищенням олив і мастил

Є. О. Тюріна, Л. Д. Ярощук

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

У процесі експлуатації оливних і мастильних матеріалів різноманітного призначення накопичується велика кількість відпрацьованих (забруднених) речовин. Для керування процесами по очищенню таких речовин необхідно враховувати їх початкові властивості (як забрудненої сировини), а також показники якості продукції (як очищеної речовини). Оливи та мастила характеризують, спираючись на комплекс показників залежно від призначення. Забруднені речовини містять шкідливі компоненти, до яких відносять ароматичні вуглеводні, сірчасті з'єднання та сірку. З урахуванням істотної кількості факторів, які впливають на ступінь очищення, особливо при багатокомпонентному забруднюванні, виникають такі задачі керування – визначення необхідних умов перебігу процесів та їхнє дотримання системою керування. Таким чином актуальним стає визначення критеріїв, за якими можна оцінювати ефективність очищення оливних або мастильних матеріалів та приймати рішення про можливість їх повторного використання.

Метою роботи є визначення переліку факторів впливу на процес адсорбційного очищення, можливих типів критеріїв керування та видів функцій мети з огляду на особливості процесу та можливості інформаційного забезпечення.

Етап очищення, наведений на Рис. 1, передбачає змішування сировини з розчинником, охолодження отриманої суміші та адсорбенту після його відновлення до температури адсорбції. Безпосередньо очищення відбувається в адсорбері, в який протитечією надходять суміш сировини з розчинником та адсорбент, в результаті чого відбувається вилучення небажаних компонентів із відпрацьованих оливних або мастильних матеріалів.

До основних показників якості продукції належать вміст ароматичних вуглеводнів, сірчастих з'єднань і смол. При цьому необхідно враховувати температурно-в'язкісні характеристики речовин, оскільки це впливає на інтенсивність очищення та сам характер процесу. Так, важливо забезпечити фізичну адсорбцію, оскільки хемосорбція призведе до хімічних перетворень, яких потрібно запобігти. Таким чином до задач системи керування входить підтримання належного температурного режиму. Перевищення припустимих значень температури призведе до зміни характеру процесу – хемосорбції,

зниження – до погіршення в'язкісних характеристик, що, у свою чергу, сповільнить процес вилучення компонентів забруднювачів.

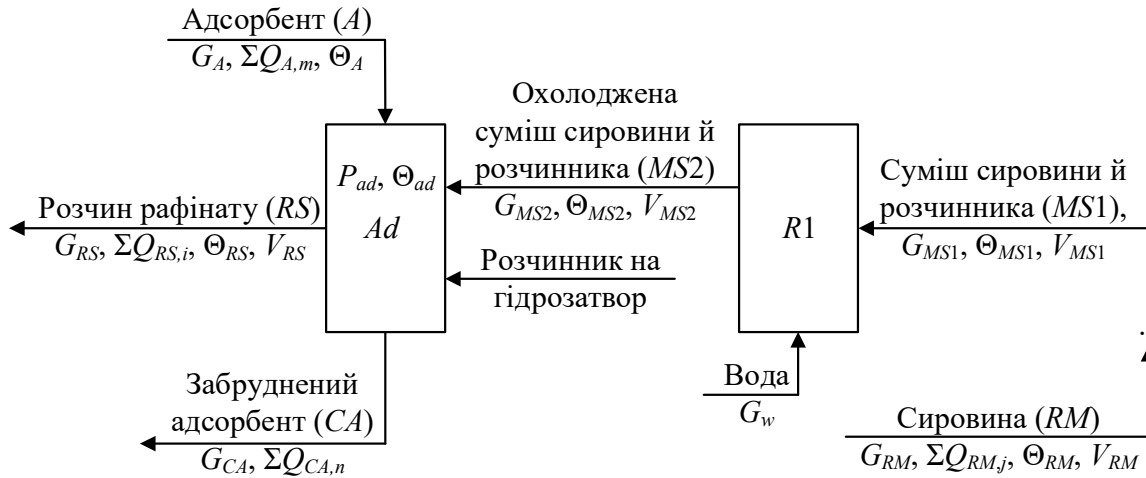


Рис. 1. Схема етапу адсорбційного очищення олив або мастил:

$G_{RS}, G_{RM}, G_{MS1}, G_{MS2}, G_w, G_A, G_{CA}$ – витрати $RS, RM, MS1, MS2$ води, адсорбента та забрудненого адсорбента відповідно; $Q_{RS,i}$ – i -і показники якості RS ; $Q_{RM,j}$ – j -і показники якості RM ; $Q_{A,m}$ – m -і показники якості адсорбента; $Q_{CA,n}$ – n -і показники якості CA ; $\Theta_{RS}, \Theta_{RM}, \Theta_{MS1}, \Theta_{MS2}, \Theta_A, \Theta_{ad}$ – температури $RS, RM, MS1, MS2$, адсорбента та в адсорбері відповідно; $V_{RS}, V_{RM}, V_{MS1}, V_{MS2}$ – в'язкість $RS, RM, MS1$ та $MS2$ відповідно; P_{ad} – тиск в адсорбері; Ad – адсорбер; $R1$ – холодильник

Критеріями керування процесом адсорбційного очищення можуть бути економічні чи технологічні показники, а також, за певних несприятливих умов (враховуючи шкідливість очищених і забруднених речовин), екологічні показники негативного впливу на працівників робочої зони чи навіть на довкілля, прилегле до підприємства.

Загальний вид критерію оптимальності подамо у такому вигляді:

$$K_o = f(\Sigma Q_{RS,i}, \Theta_{RS}, P_{ad}, \Theta_{ad}, V_{RS}, G_w, G_A). \quad (1)$$

Якщо не вводити в систему коригування за показниками якості продукції, критерій K_o (1) матиме такий вигляд

$$K_{os} = f(P_{ad}, \Theta_{ad}, G_w, G_A). \quad (2)$$

Враховуючи багатофакторність процесу очищення, нерівномірність розподілу частинок забруднювачів у відпрацьованих оливних матеріалах, їхні концентрації та різний ступінь впливу на якість продукції, визначити вид функції мети як в (1), так і в (2) аналітичними методами визнано неможливим. Для отримання спрощеного виду функції запропоновано використовувати експериментально-статистичні методи і проводити поточну ідентифікацію, використовуючи дані статичних режимів.

Рівняння (2) враховує меншу кількість факторів, але має свої переваги – ті з них, що залишилися, вимірюються неперервно технічними засобами контролю достатньо точно.

2

СЕКЦІЯ

***ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ
СИСТЕМИ
КЕРУВАННЯ
ТА АНАЛІЗУ ДАНИХ***

Information System for Corporate Email Analysis Using Machine Learning Methods

Bereza M., Hrama M.

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

In today's environment of digital transformation in the corporate sector, email remains one of the key channels of business communication, but at the same time, it is the main tool for phishing attacks, account compromise, and the spread of malware. According to statistics from international analytical groups, up to 90% of cyberattacks begin with an email containing a link or attachment that prompts the recipient to visit a malicious website or disclose confidential information. The evolution of phishing techniques and the use of social engineering and generative artificial intelligence by attackers to create plausible messages has made it much more difficult to detect such threats using traditional signature-based mechanisms. To increase the security level of the corporate email environment, an information system has been proposed that provides intelligent analysis of emails using natural language processing (NLP) and machine learning methods. The developed solution is focused on automated detection of phishing signs, verification of sender domain reliability, link reputation analysis, and interactive blocking of potentially dangerous addresses. The system architecture includes components for receiving and routing mail (Postfix), a storage server (Dovecot), a message pre-checking mechanism (AI Milter), a REST API for rapid response, and a centralized monitoring subsystem using Loki and Grafana. Integration with SPF, DKIM, and DMARC DNS protection mechanisms provides additional confirmation of the authenticity of email sources. The DistilBERT machine learning model was reasonably chosen as the base classification model due to its ability to perform deep semantic analysis of texts, detect manipulative constructions, and adaptive phishing patterns formed using artificial intelligence. Previous studies have demonstrated the suitability of transformer models for detecting phishing even in cases of grammatically correct and stylistically authentic messages. The system is trained on a mixed set of corporate and open email datasets, which allows it to take into account the specifics of internal document flow. During experimental operation, the system processed over 17,000 messages, ensuring 94–97% classification accuracy, a noticeable reduction in false positives, and shorter response times thanks to the ability to instantly block suspicious domains via the Grafana interface. Message processing logs in JSON format are stored in Loki and used to build dashboards that reflect threat dynamics, key attack sources, domain geography, and typical phishing patterns. The system can be integrated with SIEM/SOAR solutions, generate analytical alerts, and serve as a basis for further expansion using threat intelligence methods. The proposed approach demonstrates the feasibility of combining machine learning, automated response, and central monitoring as an effective corporate email protection strategy. The system can be expanded by using ensemble classification models, adding multilingual training corpora, implementing sandbox attachment scanning, and adaptive real-time analysis.

Application of Some Statistical and Probabilistic Techniques to Financial Risks Analysis

P. Bidyuk, O. Tymoshchuk

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky KPI", Kyiv, Ukraine

V. Gavrylenko

National Transport University, Kyiv, Ukraine

Analysis of financial risks is in the focus of attention for many researchers in the world. Among the most often met types of financial risks are the following: market, credit, operational etc. The risks analysis includes at least identification of financial process types, appropriate data processing and necessary model constructing and verification, estimation of risk, i.e. possible loss and its probability, forecasting future loss. The most often types of processes met in analysis of financial process are non-stationary and non-linear. The reasons for non-stationary behavior are as follows: availability of deterministic or stochastic trend (integrated processes); variance may change in time (heteroscedastic processes). Non-linear behavior can be induced by observed nonlinear components in variables or parameters. The models of such processes can be multidimensional, sophisticated and contain deterministic and stochastic components. It means that modeling of the processes can require substantial efforts and time [1, 2].

The spectrum of models applied to describing financial processes is very wide and includes at least the following: linear and non-linear regression, models of dynamic variance, state space models, polynomials of various types, generalized linear models (GLM), generalized additive models (GAM), distributions of various types, neural networks, Bayesian networks, combined models (linear plus non-linear components) and others. Adequate model can be constructed after appropriate preparing statistical data: filtering, normalizing, missing values imputation etc. Usually the modeling procedure is implemented as shown in Fig. 1.

Model constructing using statistical data requires solution of two main problems: estimation of model structure and its parameters. Model structure is estimated with application of correlation techniques to data like correlation matrix, autocorrelation etc. To estimate model parameters various methods are applied like linear and nonlinear least squares, maximum likelihood, Markov Chain Monte Carlo (MCMC) and other possibilities. The MCMC procedure is universal to some extent and can be applied to parameter estimation of linear and nonlinear models.

After parameter estimation model adequacy is analyzed using appropriate statistical parameters (statistics). Besides application of these parameters each model constructed can be tested on quality of forecasting immediately after constructing. The forecasting capability of the models is important from the point of view of predicting possible future loss. Especially important is possibility for high quality forecasting of dynamic variance with heteroscedastic process models because the variance is basic parameter for estimating possible loss in many cases of financial risk estimation, for example market risk.

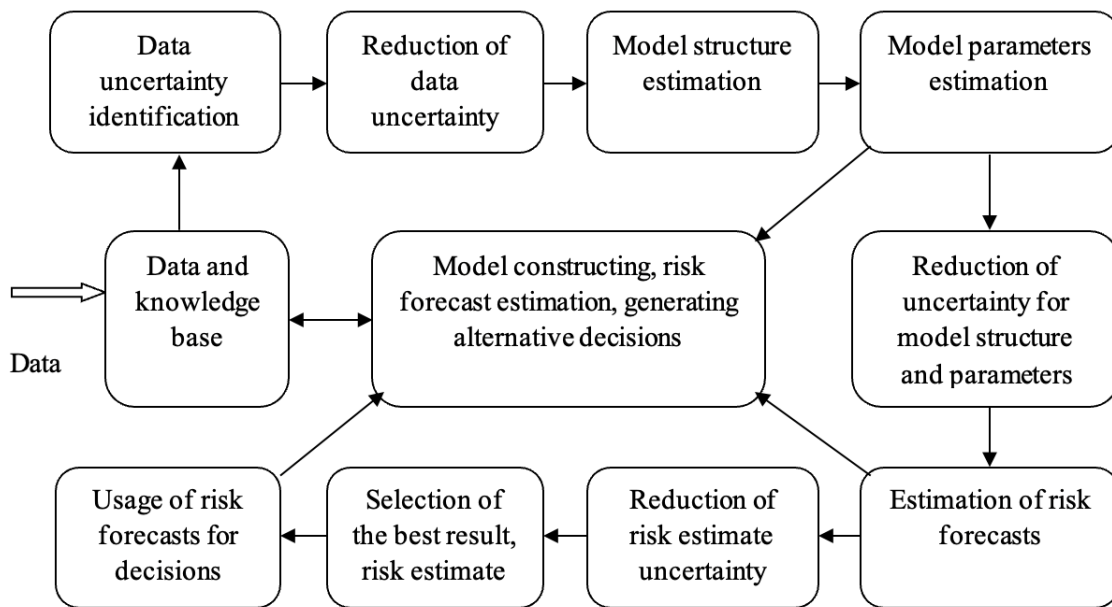


Fig. 1. The flow chart of modeling procedure

Of particular importance for applications in financial risk analysis are probabilistic models like Bayesian networks, decision trees, various distributions etc. The models provide the possibility for take into consideration probabilistic and some other types of uncertainties that accompany financial risk management. Especially flexible are Bayesian networks that exhibit many advantages of modeling complex multivariable processes [3]. The models dimensionality can be very high, they can include discrete and continuous variables, and they are compatible for constructing combined models [4]. Besides, there exist multiple methods for the model structure and parameter (conditional probabilities) estimation, and for computing final result – marginal probabilities.

To analyze financial process and estimate financial risks it is recommendable to construct specialized intellectual decision support systems (IDSS) that already found wide applications in many applied areas [5]. IDSS designed on the principles of system analysis is very convenient instrument for researchers, engineers and students; such systems provide substantial help in modeling, forecasting and decision making.

References

1. Bidyuk P. I., Romanenko V. D., Tymoshchuk O. L. (2013) *Time Series Analysis*. Kyiv : Polytechnika, 600 p.
2. Tsay R. S. (2010) *Analysis of Financial Time Series*. NYC : J. Wiley & Sons, Inc., 715 p.
3. Zgurovsky M. Z., Bidyuk P. I., Terentiev O. M., Prosiiankina-Zharova T. I. (2015) *Bayesian Networks in Decision Support Systems*. Kyiv : «Edelweis», 300 p.
4. Jorion P. (2003) *Financial risk-management* : 2nd ed. New Jersey : John Wiley & Sons, 708 p.
5. Gupta J. N. D., Forgionne G. A., Mora M. (2006) *Intelligent Decision-making Support Systems*. London : Springer-Verlag, 522 p.

Information system for analysis and forecasting in the activities of car service companies

K. Burlaka, M. Hrama

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

Car service companies operation is associated with high market volatility and uneven customer demand, which complicates operational planning. Modern companies accumulate significant amounts of information about the work performed, materials used, service history, and vehicle characteristics. Despite this, most of this data remains unused for predictive analysis, and management decisions are mostly based on intuitive assessments. This creates risks of inefficient use of resources, staff overload or, conversely, downtime, as well as a shortage or surplus of spare parts.

The development of machine learning and statistical forecasting methods opens up opportunities for deeper processing of service data. Scientific work in the field of vehicle maintenance demonstrates the effectiveness of predictive models in analyzing failure probabilities, planning repairs, and assessing the intensity of service requests. By using historical observations, machine algorithms are able to identify hidden patterns and generate forecasts that correspond to the actual dynamics of demand.

Significant attention in the literature is also devoted to inventory management issues in the context of service activities. Demand for spare parts is irregular and characterized by an intermittent structure, which requires the use of specialized forecasting models. Research shows that traditional time series methods often do not provide adequate accuracy, while Croston models and their modifications demonstrate significantly more stable results. Some studies emphasize the importance of taking into account the characteristics of the customer's vehicle fleet, as this information provides the context for accurate forecasting of inventory needs.

In addition to material and technical resources, one of the key elements of car service activity is the work of personnel. Uneven workload, fluctuations in demand, and varying levels of repair complexity make it difficult to create balanced schedules. Mathematical modeling allows for significant improvements in the organization of labor resources and ensures the rational distribution of work among specialists. In conjunction with predictive models, this creates the conditions for ensuring the optimal throughput of a car service. Despite the availability of numerous programs for managing car services, their functionality rarely includes predictive modeling. The vast majority of software solutions focus on order registration, inventory management, and financial document generation, while analytics are limited to general statistical indicators. The lack of forecasting and modeling tools means that companies cannot adapt to market changes and are forced to operate in conditions of increased uncertainty.

The literature emphasizes the importance of a comprehensive approach, where forecasting demand, the technical condition of vehicles, and the intensity of requests are integrated into a single information system. Such systems are designed not only to reflect the current state of the enterprise, but also to build models for assessing

possible futures. The use of machine learning methods allows the creation of adaptive forecasting mechanisms that are adjusted to changes in environmental conditions.

The ability to work simultaneously with data of different types is particularly important: time series of orders, inventory movement records, vehicle fleet characteristics, technical inspection files, etc. The integration of such data creates the basis for multi-level analysis that takes into account both historical trends and external factors. Studies devoted to complex seasonal models provide guidelines for designing the analytical core of an information system.

An information system for analyzing car service activities should form a unified environment for data processing, model building, and providing management conclusions. Conceptually, such a system combines the results of statistical analysis, algorithmic forecasting, and optimization calculations. The main idea is to convert the accumulated data into a structured model that describes the behavior of the enterprise over time and allows you to evaluate the system's response to future processes.

The system must process both order and technical operation data, as well as secondary information about the volume of work ordered, time spent, materials used, breaks, seasonal factors, and the characteristics of the customer's vehicle fleet. This data is then used to train machine learning models, which may include time series forecasting methods, models for intermittent demand, and optimization analytics algorithms. At the same time, the system should not only perform automatic calculations, but also provide a mechanism for interpreting the results. It is also expected to generate analytical conclusions based on which the company's management can make decisions about procurement planning, choosing a warehouse management strategy, adjusting staff schedules, or forecasting financial indicators.

One of the key elements of the concept is the ability to adapt the system to changes in demand dynamics. Since car service deals with significant variability, the forecasting model should be based not only on historical data, but on the structural characteristics of demand. This allows for an accurate response to external changes, such as seasonal factors or changes in the structure of the customer's vehicle fleet. This combination makes it possible to build forecasts that better reflect real trends.

New-generation information systems can significantly change the principles of managing auto service companies. Thanks to the integration of machine learning models, forecasting mechanisms, and analytical tools, such systems open up the possibility of transitioning to data-driven management. Real-time decision-making automation allows for more accurate resource planning, increased staff efficiency, and reduced costs associated with the purchase and storage of materials. Scientific research confirms that predictive algorithms provide a significant increase in accuracy in demand planning tasks, while optimization models contribute to the rationalization of processes.

The conceptual approach demonstrates the promise of creating systems capable of transforming fragmented data into a comprehensive picture of a company's activities. Further development in this area may involve expanding models, applying deep neural networks, and integrating real-time telematic data from vehicles to improve forecasts.

Development of an intelligent system to support the activities of the logistics center of LLC "SANMAX CARGO" using machine learning methods

Y. Horenko, M. Hrama

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

An intelligent system is a combination of data storage, machine learning algorithms, and application services that collect, process, analyze, and visualize information to support decision-making. Unlike traditional IS, it not only reflects the current state, but also predicts future values of indicators, explains influencing factors, and initiates notifications in case of deviations. For a logistics center, this means fewer delays, better choice of carriers, and transparent flight economics.

The goal of the work is to develop an intelligent system to support the activities of the logistics center of SANMAX CARGO LLC, which automates data collection from a relational database, performs predictive and diagnostic analytics, and provides recommendations to managers through an interactive dashboard. The results are integrated into a web interface and updated periodically via REST endpoints/cron procedures, ensuring timely visualization and support for management decisions.

The intelligent support system for the logistics center of SANMAX CARGO LLC, based on machine learning methods, provides the business with a range of benefits: increased operational efficiency, data manageability and quality, transparency and process control, optimization of fleet and route utilization, improved customer service (accurate ETAs and SLAs), strategic planning and forecasting (revenue, downtime, load), competitive advantage through informed choice of carriers and rates, enhanced data security, and greater business process flexibility.

The system architecture includes a web layer (PHP/Bootstrap), an analytical layer (Python), and a MySQL database. Communication between PHP and the ML module is carried out via REST endpoints that return JSON. Data is cleaned (removing gaps, normalizing amounts, aggregating by month/flight), enriched with attributes (seasonality, day of the week, distance, carrier, cargo type), and cached for quick display on the dashboard (Chart.js).

Strategic planning and forecasting are possible thanks to the use of analytical tools for forecasting business development and supporting strategic decision-making based on accurate data. Competitive advantage is achieved through the implementation of innovative technologies that allow the company to stand out from its competitors, increase overall productivity, and respond quickly to market changes.

Thus, the use of the above technologies and tools has made it possible to create a modern information system that not only meets the needs of SANMAX CARGO LLC, but also provides opportunities for further development and improvement. The system contributes to increasing the efficiency of logistics processes, improving freight management, and provides a convenient tool for interacting with customers and carriers, which overall increases the company's competitiveness.

Application of Neural Networks in Predicting the Behavior of Complex Technical Systems

M. Hrama

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

The growing complexity of modern industrial, transportation, energy, and communication infrastructures has created an urgent need for advanced predictive tools capable of modeling and anticipating the behavior of complex technical systems. Traditional analytical and statistical approaches often struggle to capture nonlinear dependencies, dynamic interactions and high-dimensional data patterns inherent in such systems. Neural networks, with their ability to learn from large datasets and approximate complex nonlinear functions, have therefore become a key technology for enhancing predictive accuracy and supporting data-driven decision-making.

One of the primary advantages of neural networks in this context is their ability to identify subtle correlations within heterogeneous data streams that may not be visible through conventional methods. By processing sensor readings, operational logs, maintenance records and environmental indicators, neural network models can detect early signs of system degradation, estimate remaining useful life of components and forecast potential failures with high precision. This capability enables organizations to shift from reactive or schedule-based maintenance strategies to predictive and condition-based approaches, significantly reducing downtime, operational risks and maintenance costs.

Recurrent neural networks (RNNs), long short-term memory networks (LSTM) and gated recurrent units (GRU) are particularly effective in modeling temporal dependencies in time-series data, which is critical for systems whose behavior evolves over time. These models can learn long-term patterns, seasonal variations and dynamic responses to external conditions, allowing for accurate long-horizon forecasting. Meanwhile, convolutional neural networks (CNNs) demonstrate strong performance in analyzing spatial patterns and multi-dimensional data, making them useful for systems involving distributed sensor networks or complex physical structures.

Furthermore, the integration of neural networks with digital twin technologies and advanced simulation environments opens new possibilities for proactive system management. Neural models embedded within digital twins can simulate potential failure scenarios, assess system resilience and provide decision-makers with actionable insights before critical issues arise.

In the long term, the application of neural networks in predicting the behavior of complex technical systems will continue to expand as computational power increases and more high-quality operational data becomes available. These technologies will serve as a foundation for intelligent, adaptive and fully autonomous system management frameworks, enhancing safety, efficiency and reliability across all sectors of modern industry.

Intelligent Methods for Optimizing Production Processes Based on Machine Learning

M. Hrama

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

The rapid digital transformation of modern industries has led to a growing demand for intelligent tools capable of enhancing efficiency, flexibility and adaptability of production processes. Machine learning has become a cornerstone technology in this transformation, enabling companies to analyze large volumes of operational data, identify hidden patterns and implement automated decision-making mechanisms. As manufacturing environments become increasingly complex, data-driven approaches provide significant advantages over traditional rule-based systems, offering adaptive and predictive capabilities that evolve with changing operational conditions.

One of the key benefits of machine-learning-powered optimization is the ability to perform predictive analytics, which helps anticipate equipment failures, production bottlenecks and variations in product quality. Furthermore, machine learning algorithms can automatically fine-tune process parameters to maintain optimal performance, even in highly dynamic environments where manual adjustments would be slow or imprecise.

Another promising direction involves the integration of reinforcement learning and optimization algorithms to support autonomous decision-making in production systems. These intelligent models learn optimal strategies through continuous interaction with the environment, gradually improving production schedules, inventory management and workflow coordination. Such systems can balance multiple objectives simultaneously — for example, maximizing output while minimizing waste or energy use. This adaptability is particularly valuable in industries characterized by fluctuating demand or frequent changes in product configurations.

Moreover, machine learning facilitates deeper insight into the relationships between raw materials, production conditions and product characteristics. By analyzing historical and real-time data, intelligent methods enable the development of models that accurately predict product outcomes, helping manufacturers maintain stable quality levels and quickly adjust to variations in input resources. These capabilities support more efficient process control, reduce the risk of defects and allow for greater customization of products according to market needs.

In the long term, the integration of machine learning with industrial IoT systems, digital twins and cloud computing platforms will lead to fully interconnected and autonomous production ecosystems. Such systems will be capable of self-optimization, collaborative decision-making and real-time adaptation to external challenges. Therefore, intelligent methods based on machine learning are not only transforming current production practices but also laying the foundation for the next generation of smart manufacturing.

Prospects for Using Big Data Analytics in the Food Industry

M. Hrama

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

The modern food industry is undergoing a profound digital transformation, where Big Data analytics is becoming a key tool for improving efficiency, product quality, and competitiveness. The use of large amounts of information allows for a comprehensive view of all stages of the production and distribution chain — from the purchase of raw materials to the sale of finished products to the consumer. The collection and analysis of data from various sources, such as sensors in production equipment, supply management systems, logistics platforms, or online customer behavior, creates new opportunities for making informed management decisions in real time. One of the advantages of using Big Data analytics in the food industry is the ability to accurately forecast demand. Based on historical data, seasonal fluctuations, climatic factors, and social trends, companies can optimize production volumes, minimizing losses and reducing the risk of excess inventory. Big Data also helps improve the quality control system, ensuring transparency in the supply chain. Manufacturers can track the origin of each ingredient, control transportation, storage conditions, and respond promptly to possible violations of food safety standards.

Another promising area is the personalization of food products according to the individual needs of consumers. Analysis of data on consumer preferences, social networks and digital behavior allows companies to create innovative products aimed at specific target groups, for example, people with food allergies, athletes or supporters of a healthy lifestyle. Big data analytics also helps reduce the negative impact of the food industry on the environment — by optimizing energy consumption, reducing food waste and increasing the efficiency of using water and land resources. In addition, the integration of predictive algorithms into production processes makes it possible to monitor equipment performance and identify potential failures before they occur, significantly reducing downtime and maintenance costs. This contributes not only to the continuity of production but also to the overall stability of the supply chain.

Moreover, the introduction of advanced data-driven decision-making systems allows companies to better understand market dynamics and adapt their product lines to rapidly changing consumer trends. By collecting and analyzing feedback from online platforms, retailers and distributors, manufacturers can refine recipes, adjust packaging formats and develop new types of food products that meet current expectations regarding taste, convenience and nutritional value..

In the future, the development of big data analytics will be closely combined with artificial intelligence, machine learning and Internet of Things technologies. This will allow the creation of “smart” production systems that can independently control processes, detect deviations and adapt to market changes. Big data analytics becomes the foundation for a new level of innovative development, ensuring stability, safety, and orientation to the needs of the modern consumer.

Procedural Content Generation in Video Games: Algorithms and Architectural Solutions

Y. Hurov, M. Hrama

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

Procedural content generation technologies are becoming increasingly important in the modern gaming industry. With the growing demands for scalability and diversity in game worlds, there is a need to apply modern algorithms for the automatic creation of locations, objects, scenarios, and character behavior models.

Procedural generation methods were chosen because they reduce labor costs and shorten game development time while increasing content diversity.

For practical implementation, a project was created in C# that generates a level map using the Perlin Noise algorithm.

The main steps of the algorithm are:

```
int width = 100;
int height = 100;
float scale = 20f;
float[,] noiseMap = new float[width, height];
for (int y = 0; y < height; y++)
{
    for (int x = 0; x < width; x++)
    {
        float xCoord = (float)x / width * scale;
        float yCoord = (float)y / height * scale;
        noiseMap[x, y] = Mathf.PerlinNoise(xCoord, yCoord);
    }
}
```

The code uses:

1. The noiseMap array — to store noise values that determine the height of the landscape.
2. For loops — to iterate through all map coordinates.
3. Mathf.PerlinNoise — a function that returns a noise value from 0 to 1 for given coordinates.

Procedural generation involves the use of seed parameters for reproducibility of results and modular architecture, which allows optimizing resource consumption and applying on-demand content loading.

For further development of technologies, the integration of procedural generation with artificial intelligence and machine learning methods is being considered.

The study analyzed algorithms and architectural approaches, identified their advantages and limitations, and explored the possibilities of combining them with AI technologies. Further experiments with algorithms and integration with artificial intelligence will allow the creation of complex, realistic, and unique digital worlds.

Cross-Platform Game Development: Engines, Languages, Architectural Approaches

Y. Hurov, S. Hrybkov

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

In the modern gaming industry, the development of cross-platform video games that can run simultaneously on different operating systems, mobile devices, and game consoles is becoming increasingly important. With the increase in the number of platforms, there is a need to use modern engines, programming languages, and architectural solutions that ensure effective development, performance optimization, and support for gaming products in a multi-platform environment.

Cross-platform engines and programming languages were selected for the study because they accelerate the development process and simplify the adaptation of games to different platforms. The paper analyzes Unity, Unreal Engine, Godot, GameMaker, as well as C#, C++, GDScript, and JavaScript, which provide access to a wide range of APIs and performance optimization capabilities. For a practical demonstration, a project was created on Unity using C#, which reproduces a basic cross-platform scene with support for Windows, Android, and WebGL. Example:

```
using UnityEngine;
public class PlayerController : MonoBehaviour
{
    public float speed = 5f;
    void Update()
    {
        float moveX = Input.GetAxis("Horizontal") * speed * Time.deltaTime;
        float moveY = Input.GetAxis("Vertical") * speed * Time.deltaTime;
        transform.Translate(moveX, 0, moveY);
    }
}
```

The code uses:

1. `Input.GetAxis` — a unified control method for different platforms (keyboard, touch screen, gamepad).
2. `Time.deltaTime` — to ensure smooth movement regardless of frame rate.
3. `transform.Translate` — to move an object in the scene space.

The work also considers architectural approaches such as ECS (Entity Component System), MVC, data-driven and modular solutions that allow you to scale the project, reuse code, and quickly adapt it to other platforms. To ensure stability and optimize the project lifecycle, CI/CD practices, multi-platform testing, and version control systems are used, which reduces the risk of errors and increases product reliability.

At the same time, it requires a careful approach to the choice of engines, programming languages, and project architecture. The further development of the industry is based on the standardization of processes, the improvement of engines, and the introduction of new optimization techniques, which makes it possible to create more adaptive, effective, and competitive gaming products on the global market.

The Role of Artificial Intelligence in Business Process Automation

Y. Koshelnyk, M. Hrama

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

In the context of rapid digitalization of business processes, artificial intelligence (AI) is becoming an indispensable tool for automating the work of companies. Its implementation allows you to optimize routine tasks, increase the accuracy of management decisions and improve the efficiency of enterprises. AI-based systems are able to automatically process large amounts of data, forecast demand, manage logistics and customer service, which significantly speeds up workflows and reduces costs.

Modern AI tools and models were selected for the study, which are able to automate document flow, forecast demand, process customer requests, create intelligent chatbots and optimize logistics.

During the practical study, machine learning (ML) and deep learning algorithms were considered for data analysis and building predictive models. For example, a simple linear regression model can be used to forecast demand:

```
from sklearn.linear_model import LinearRegression
import numpy as np
X = np.array([[1],[2],[3],[4],[5],[6]]).reshape(-1,1)
y = np.array([200, 220, 250, 265, 280, 300])
model = LinearRegression()
model.fit(X, y)
next_month = np.array([[7]])
prediction = model.predict(next_month)
print(f"Прогноз продажів на 7-й місяць: {prediction[0]}")
```

The study also covers RPA (Robotic Process Automation) combined with AI to create “smart” digital workers capable of processing data, making decisions and adapting to change [2].

The work also assessed the potential risks and challenges of automation:

- data security;
- algorithm transparency;
- possible model errors;
- business dependence on automated solutions [3].

Further development of AI in business involves integration with large language models (LLM), the emergence of autonomous business systems and the development of generative AI to create content, reports or analytics in real time.

Artificial intelligence is becoming a key driver of digital business transformation, allowing you to reduce costs, speed up workflows, and make more accurate decisions. Companies that are already actively implementing AI solutions today gain a strategic advantage in the global market. Further development of this area requires a responsible approach, constant improvement of models, and integration of ethical principles into their work.

Energy-Efficient Programming: Optimizing Resources in Software Systems

Y. Koshelnyk, S. Hrybkov

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

In modern digital environments, the issue of software energy efficiency is becoming increasingly important. Optimizing energy consumption during the development and use of software systems allows you to reduce resource consumption, increase productivity and ensure the sustainability of digital ecosystems.

The paper analyzes algorithmic, architectural and technical solutions that affect the efficiency of resource use, as well as factors that determine the energy consumption of software systems, from mobile devices to cloud platforms.

Several areas of optimization were identified for practical research:

1. Analysis of energy consumption at different levels of development - assessment of the impact of algorithms, data structures, parallel computing and architectural models on the energy consumption of systems.

2. Use of optimized algorithms and architectures - selection of algorithms with low computational complexity, use of data caching, reduction of input/output operations, use of energy-efficient programming languages and frameworks.

3. Implementation of profiling and monitoring methods - use of tools for measuring energy consumption by software components and further optimization based on the results of the analysis.

A practical approach to energy-efficient programming can include monitoring and optimizing individual software modules. For example, using profiling tools in Python allows you to identify the most energy-consuming functions:

```
import cProfile
def compute_heavy_task():
    total = 0
    for i in range(10**6):
        total += i**2
    return total
cProfile.run('compute_heavy_task()')
```

The code uses:

1. cProfile — a module for profiling and measuring function execution time.
2. compute_heavy_task() — an example of a resource-intensive operation, the optimization of which allows reducing energy consumption.

Energy-efficient programming is an important factor in the sustainable development of digital technologies. Having realized the need to reduce the energy consumption of software systems, developers, scientists and companies should actively implement responsible approaches to programming and architectural design. International cooperation, the development of "green" standards in the IT industry and support for innovations in the field of resource optimization are key steps to create an energy-efficient digital environment that will contribute to the preservation of the ecological balance and a safe technological future.

AI-Driven Risk Prediction Systems in Complex Dynamic Environments

A. Kotvytska, M. Hrama

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

The increasing complexity and interconnectedness of modern technological, industrial and socio-economic systems have created environments where risks are highly dynamic, multifactorial and difficult to anticipate using traditional analytical approaches. AI-driven risk prediction systems have therefore become essential tools for identifying emerging threats, assessing vulnerabilities and enabling proactive decision-making. Leveraging machine learning, deep learning, probabilistic modeling and real-time data analytics, these systems provide the capability to interpret large-scale, heterogeneous data streams and recognize early indicators of potential disruptions across a wide range of domains.

A major advantage of AI-driven risk prediction lies in its ability to capture nonlinear dependencies and hidden correlations that conventional statistical models often overlook. By processing diverse data sources—such as sensor networks, historical incident logs, environmental indicators, operational parameters and external contextual data—AI systems can detect subtle patterns that signal increasing risk levels. This allows organizations to anticipate failures, operational disturbances or safety hazards long before they become critical, ensuring more effective mitigation strategies and reducing the likelihood of cascading system disruptions.

In complex dynamic environments such as energy systems, autonomous transportation networks, financial markets and large-scale manufacturing operations, AI-based models support continuous monitoring and adaptive forecasting. Recurrent neural networks (RNNs), long short-term memory networks (LSTM) and transformers excel at time-series analysis, enabling accurate prediction of rapidly evolving risk factors. Meanwhile, reinforcement learning and advanced optimization algorithms allow risk prediction systems to recommend or automatically implement optimal responses under uncertain and changing conditions.

This is particularly important in environments characterized by high variability, such as cyber-physical infrastructures, where risks may emerge from both physical and digital domains. Furthermore, AI-driven systems support scenario modeling and real-time simulation, allowing decision-makers to evaluate the consequences of various risk events and choose the most effective preventive measures. When combined with digital twin technologies, these systems provide a comprehensive framework for stress-testing infrastructure, optimizing emergency responses and enhancing overall system resilience.

In the long term, the integration of AI-driven risk prediction with autonomous control systems, distributed sensor networks and cloud-edge computing will enable the development of fully adaptive ecosystems capable of self-monitoring and self-healing. As a result, AI-powered risk prediction will play a foundational role in creating safer, more resilient and more sustainable technological and industrial environments.

Application of Digital Twins in Managing Production and Infrastructure Processes

A. Kotvytska, M. Hrama

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

The concept of digital twins has emerged as one of the most transformative technologies in modern industry, enabling organizations to create dynamic, data-driven virtual representations of physical assets, processes and systems. By integrating real-time sensor data, advanced simulation models and intelligent analytics, digital twins provide decision-makers with unprecedented visibility into the current state, performance and future behavior of production and infrastructure environments. Their application significantly enhances operational efficiency, reduces risks and supports the development of fully adaptive, predictive and autonomous management strategies.

A key advantage of digital twins is their ability to mirror the behavior of physical systems in real time. By continuously synchronizing with operational data streams, digital twins can monitor equipment conditions, detect anomalies and forecast failures long before they occur. This predictive capability allows organizations to transition from traditional maintenance approaches to reliability-centered and condition-based strategies, minimizing downtime and lowering costs. In production settings, digital twins help optimize workflows, improve resource allocation and ensure consistent product quality by simulating different process configurations and identifying optimal operating conditions.

In large-scale infrastructure systems such as transportation networks, energy grids and water supply systems, digital twins enhance situational awareness and support strategic decision-making. Their ability to integrate geospatial, environmental and operational data enables operators to simulate complex scenarios, evaluate system resilience and predict the impact of disruptions such as equipment failures, extreme weather events or sudden demand fluctuations. As a result, digital twins strengthen infrastructure reliability and contribute to more sustainable and efficient resource management.

Another significant application lies in supporting real-time control and automation. When combined with machine learning and optimization algorithms, digital twins become powerful tools for autonomous decision-making, allowing systems to adjust parameters dynamically in response to changing conditions. This is especially valuable in smart factories and urban infrastructure, where continuous adaptation is essential for maintaining performance and ensuring safety.

As data availability, computational power and connectivity technologies continue to advance, the adoption of digital twins will expand across all industrial and infrastructure domains. Ultimately, digital twins represent a foundational pillar of the next generation of intelligent systems, enabling seamless integration between physical and digital worlds and driving the evolution of highly efficient, resilient and autonomous operational ecosystems.

Big Data Analytics for Supporting Managerial Decision-Making in the Digital Economy

O. Sedykh

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

In the era of the digital economy, organizations increasingly rely on data-driven approaches to remain competitive, efficient and responsive to rapidly changing market conditions. Big data analytics has emerged as a fundamental enabler of informed and strategic managerial decision-making by providing access to large-scale, diverse and high-velocity datasets that traditional analytical tools are unable to process effectively. By integrating advanced computational techniques, predictive modeling and real-time data processing, big data analytics empowers managers to uncover hidden patterns, understand complex business dynamics and make decisions that are both evidence-based and forward-looking.

One of the key strengths of big data analytics lies in its ability to consolidate information from numerous sources — transactional databases, social media activity, IoT sensors, customer interactions, supply chain systems and external market indicators. This comprehensive view enables managers to gain deeper insights into organizational performance, customer behavior and emerging trends. Predictive and prescriptive analytics further enhance decision-making by simulating various scenarios, forecasting future outcomes and recommending the most effective course of action under conditions of uncertainty.

In strategic management, big data provides a powerful tool for identifying new business opportunities, optimizing pricing strategies and evaluating competitive landscapes. Machine learning algorithms can detect subtle correlations between market movements and internal performance indicators, allowing leaders to anticipate industry shifts and develop adaptive business models. Furthermore, real-time data streams support agile decision-making, making it possible for organizations to respond immediately to fluctuations in demand, disruptions in supply chains or changes in consumer sentiment.

Operational decision-making also benefits significantly from the integration of big data analytics. By analyzing workflow data, production metrics and resource utilization patterns, organizations can optimize internal processes, reduce inefficiencies and enhance productivity. In retail and service sectors, big data supports personalized customer experiences through accurate demand forecasting, dynamic product recommendations and targeted marketing strategies. These capabilities contribute not only to higher customer satisfaction but also to improved profitability and long-term loyalty.

As digital ecosystems continue to expand, the role of big data analytics in managerial decision-making will intensify, driven by advances in artificial intelligence, cloud computing and scalable data architectures. Ultimately, big data serves as a strategic foundation for building intelligent, adaptive and innovation-driven organizations capable of thriving in the fast-evolving digital economy.

Cybersecurity Methods in Intelligent Data Analytics Systems

O. Sedykh

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

As organizations increasingly adopt intelligent data analytics systems to process large-scale, heterogeneous and high-value information, ensuring robust cybersecurity has become a critical priority. These systems—powered by machine learning, artificial intelligence and distributed data infrastructures—are exposed to a wide range of cyber threats that target data integrity, confidentiality and availability. Because analytical models rely heavily on the quality and reliability of input data, even small manipulations or unauthorized access can significantly distort outcomes, undermine decision-making and compromise organizational resilience. Consequently, advanced cybersecurity methods are essential to protect intelligent analytics platforms and maintain trust in data-driven operations.

One of the foundational approaches involves implementing strong data protection mechanisms throughout the entire data lifecycle. Encryption of data at rest and in transit, alongside secure key management practices, ensures that sensitive information remains inaccessible to unauthorized actors. Access-control models such as role-based and attribute-based authorization help enforce granular restrictions, preventing excessive permissions and minimizing insider threats. Additionally, continuous authentication techniques, including behavioral biometrics and adaptive authentication, offer enhanced protection against credential compromise.

AI-powered anomaly detection systems play a central role in safeguarding intelligent analytics environments. This enables early detection of intrusions, data poisoning attempts or model manipulation attacks. Such systems are especially effective in environments processing real-time data streams, where rapid response is essential to prevent large-scale system compromise.

Securing the machine learning models themselves is another key challenge. Adversarial attacks—where malicious actors subtly alter input data to mislead models—pose a significant risk to analytical accuracy. Robust defense techniques, such as adversarial training, model hardening and input sanitization, help mitigate these vulnerabilities. Additionally, model explainability tools provide insights into decision-making processes, allowing security teams to detect unusual patterns that may indicate tampering or data corruption.

In distributed data analytics systems, techniques such as federated learning and secure multi-party computation enhance privacy by ensuring that raw data never leaves its source. These methods reduce exposure to centralized breaches and allow organizations to collaborate securely across borders and sectors. As intelligent data analytics systems continue to expand in scale and complexity, cybersecurity remains a strategic cornerstone for ensuring their reliability and trustworthiness. Advances in AI-driven defense tools, zero-trust architectures and privacy-preserving computation will shape the next generation of secure analytical ecosystems capable of resisting evolving cyber threats and maintaining robust operational continuity.

Hybrid Control Models Based on the Integration of Classical Algorithms and Deep Learning

O. Sedykh

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

The rapid evolution of automation and intelligent systems has created a strong need for advanced control methods capable of operating reliably in complex, dynamic and uncertain environments. Hybrid control models that combine classical control algorithms with deep learning techniques have emerged as a powerful solution for achieving high levels of adaptability, precision and robustness. By uniting the mathematical rigor and stability guarantees of traditional control theory with the representational power and learning capabilities of deep neural networks, hybrid models provide a flexible and scalable framework for solving challenges that cannot be addressed effectively by either approach alone.

Classical control methods, such as PID control, state-space modeling and optimal control theory, offer well-established tools for system stabilization, tracking and regulation. These methods are grounded in analytical principles and provide predictable behavior under clearly defined conditions. However, their effectiveness is often limited when dealing with highly nonlinear processes, variable system parameters or environments with incomplete information. Deep learning, by contrast, excels in capturing nonlinear relationships, learning complex mappings from data and adapting to new operational conditions through continuous training. Yet, purely data-driven models may lack stability guarantees and can struggle in safety-critical scenarios without additional constraints. Hybrid control models integrate these complementary strengths. Neural networks can be used to estimate unknown system parameters, model nonlinear dynamics, generate adaptive control signals or enhance observer performance. Classical algorithms then enforce stability, safety and interpretability by ensuring that learned components operate within predefined constraints. This combination results in control systems that not only adapt to changing environments but also maintain rigorous performance standards.

One of the most promising applications of hybrid models is in robotics, where deep learning supports perception, motion planning and behavior prediction, while classical control ensures precise execution and safety. In manufacturing, hybrid approaches enable real-time optimization of production processes by learning from sensor data while adhering to deterministic control laws. Similarly, in autonomous vehicles, deep learning modules interpret complex sensory inputs, whereas classical controllers manage low-level dynamics to guarantee stable and predictable operation.

As computational capabilities expand and more high-quality operational data becomes available, hybrid control models will continue to evolve, becoming integral components of next-generation intelligent infrastructures. Their ability to merge theoretical rigor with learning-driven adaptability positions them as a foundational technology for advanced automation, autonomous systems and smart industrial environments.

Multilevel description of the states of the heat-and-power complex

Viktor Sidletskyi

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine,

On the information level the heat-and-power complex is represented by vectors of measured and control signals obtained from technological sensors and local regulators for different operating conditions. Each such vector is a point in a multidimensional space whose coordinates are the balance variables introduced above. Collections of these points form structured data sets that can naturally be considered as multiway arrays indexed, for example, by technological section, variable and operating point. Tensor analysis is used to exploit this structure: the metric tensor encodes the geometry of the state space and allows one to identify orthogonal directions corresponding to independent combinations of variables. The resulting tensor-based coordinates reveal latent structures such as typical operating regimes and dominant directions of variation that are most relevant for energy efficiency. Similar principles of multilevel data representation and data-driven modelling were demonstrated by Velychko and Sidletskyi (2025) [1] for the development of a neural-network model of an automated HVAC system based on collected operational data, and by Sidletskyi and Kukhar (2024) [2] in the analysis of changing crystallization attributes in a vacuum pan. These examples confirm that the proposed information-level view is transferable to other energy-intensive technological systems and provides a solid basis for further tensor-based phenomenological modelling and control design. [3].

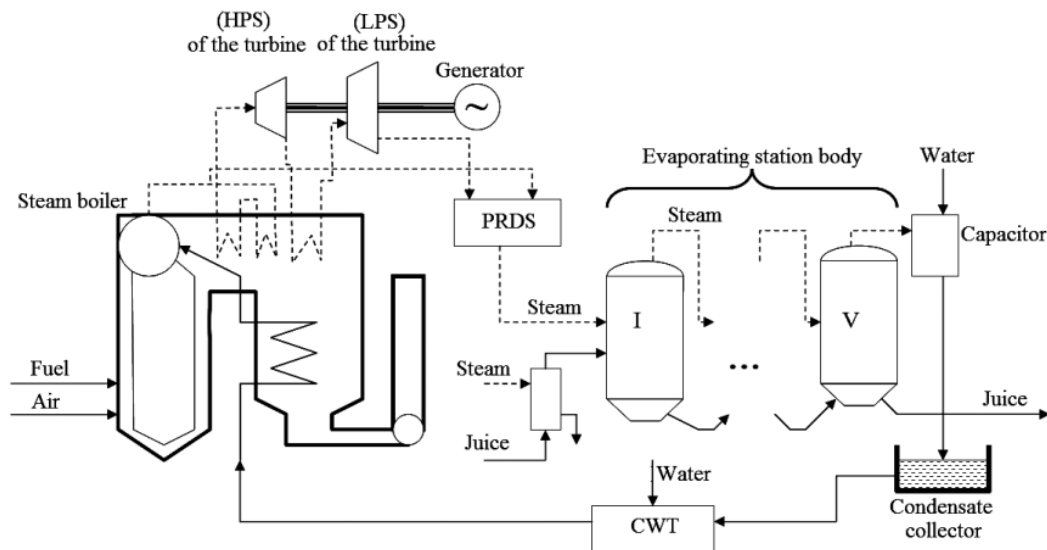


Fig. 1. Simplified scheme of a steam production and consumption complex

On the system level the complex is regarded as an integrated technological object composed of several sections with their own local control systems: boiler island, turbine island and evaporation station, interconnected by common steam and

condensate circuits. For each section one can write material and energy balances that relate inlet and outlet flows of steam, condensate, fuel and product. Because the same working medium passes sequentially through all units, the overall efficiency depends on how these sections operate together, not only on the quality of individual controllers. The task of the integrated control system is to generate control actions that reduce specific fuel consumption while keeping all technological parameters within permissible ranges. Nominal regimes, load-changing regimes and disturbed conditions are considered as typical operating modes. In each case the upper-level controller must coordinate the set-points of local loops so that changes in one section are compensated by appropriate actions in others and the global balance of the complex is preserved.

For mathematical description a reduced set of variables is chosen for each section and grouped into state and control vectors. Balance equations between the selected flows, pressures and levels define static and quasi-static relations and therefore the structure of dependencies in the state space. Around nominal operating points these relations are linearised, which makes it possible to use a compact matrix–tensor representation. On this basis a metric tensor is constructed that reflects the sensitivity of balances to small changes in the variables. Using Gram–Schmidt orthogonalisation the original vectors of state and control parameters are transformed into an orthonormal set of local coordinates. Conservation laws and technological restrictions are expressed as invariants and constraints that bound the admissible region of states where the trajectories of the complex must remain.

On the information level the heat-and-power complex is represented by vectors of measured and control signals obtained from technological sensors and local regulators for different operating conditions. Each such vector is a point in a multidimensional space whose coordinates are the balance variables introduced above. Collections of these points form structured data sets that can naturally be considered as multiway arrays indexed, for example, by technological section, variable and operating point. The resulting tensor-based coordinates reveal latent structures such as typical operating regimes and dominant directions of variation that are most relevant for energy efficiency. In this way the information level connects raw measurements with a phenomenological description that will later be used for the synthesis of an integrated control system.

Reference

1. Velychko, I. and Sidletskyi, V. (2025) 'Development of a neural network model for an automated HVAC system based on collected data,' *Technology Audit and Production Reserves*, 2(2(82)), pp. 21–26. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2025.326909>.
2. Sidletskyi, V. and Kukhar, O. (2024) 'Change of crystallization process attributes in a vacuum pan of automation systems,' *Ukrainian Food Journal*, 13(2), pp. 366–384. <https://doi.org/10.24263/2304-974x-2024-13-2-12>.
3. Sidletskyi, V.M. and Elperin, I.V. (2019) 'Integrated control system of the thermal power complex using the tensor analysis methods,' *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu* [Preprint], (5). <https://doi.org/10.29202/nvngu/2019-5/20>.

Data formalisation and construction of the tensor framework of the heat-and-power complex

Viktor Sidletskyi

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine,

Building on earlier work on intelligent control of evaporation plants and vacuum pans (Hrama, Sidletskyi and Elperin, 2019; 2022) [1,2] and on the tensor-based control of a steam boiler (Sidletskyi, 2019) [3], the starting point for constructing a tensor framework is a consistent formalisation of the available data. The heat-and-power complex is observed through long-term SCADA archives, event and alarm logs, and targeted experimental runs in which set-points and operating conditions are deliberately perturbed. For each source, raw measurements of pressures, temperatures, flows, levels, quality indices and control actions are subjected to preliminary filtering: obvious outliers and sensor glitches are removed, missing values are interpolated using local statistical models, and slowly drifting trends caused by sensor ageing are compensated. Variables are scaled by nominal values or ranges so that mixed vectors of heterogeneous units ($^{\circ}\text{C}$, bar, t/h, %) become numerically comparable. A suitable temporal discretisation is chosen by analysing the characteristic time constants of boiler, turbine and evaporation dynamics; this leads to a basic sampling interval for the SCADA data and to aggregation windows within which the regime can be considered quasi-stationary.

On this basis, observation tensors are constructed that encode the multilevel structure of the complex. Each quasi-stationary fragment of operation is represented by a state vector that concatenates selected variables from all relevant sections; these vectors are then organised into a multiway array whose indices correspond, for example, to technological section, type of variable (controlled output, manipulated input, disturbance or balance variable), operating regime class and time window. In some cases separate tensors are formed for different groups of regimes (start-ups, load changes, nominal operation) to preserve homogeneity within each data block. The choice of indices is coordinated with the multilevel description introduced in Section 1: the “section” index reflects the system level, the “variable type” index reflects the role of a quantity in balance equations and control loops, while the “regime” and “time” indices capture the evolution of the complex across operating conditions. In this way the tensor structure becomes an explicit data-level counterpart of the physical and system-level decomposition of the object.

The rank is selected so as to balance reconstruction accuracy and interpretability, using criteria such as explained variance, stability of the factors under re-initialisation, and consistency with expert knowledge about the expected number of characteristic regimes and sub-processes.

Fig. 1. shows: a(02) - coefficient of excess air, Pr -pressure depression in the top part of the furnace, Ot the amount of heat released from the furnace, Qb the amount of heat released from the steam drum, Opp - the amount of heat released from the superheater, V- gas consumption, kg/s, Gp - fan performance (air consumption),

Gd performance of the smoke exhaust (flow of stack gases on the steam boiler), Gv consumption of feeding water, Gb -steam consumption, Gpr consumption of purging water, Csalinity of boiler water, Hb level in the steam drum, Pb-pressure in the steam drum, Do - consumption of water for steam cooling, Dpp boiler steam output (consumption of superheated steam), Ppp pressure of superheated steam, Tpp-temperature of superheated steam.

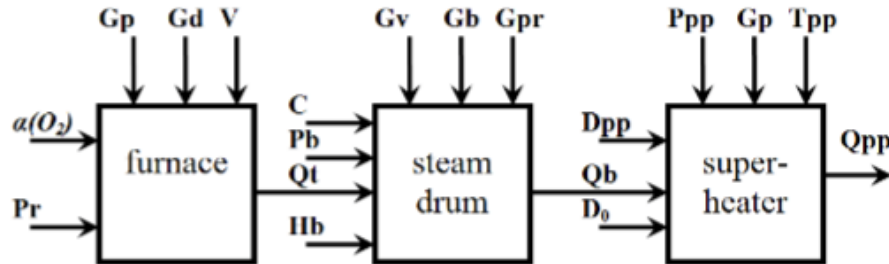


Figure 1 - Simplified parametric model of steam boiler

To obtain meaningful factors, the factorisation is posed as an optimisation problem with a physically motivated objective function and constraints. A common choice is to minimise the Frobenius norm of the difference between the observed tensor and its low-rank reconstruction, possibly with weights reflecting the confidence in individual measurements or the importance of particular variables. Non-negativity constraints on all factor matrices are imposed to preserve the interpretation of entries as intensities or contributions of non-negative technological quantities.

Convergence properties are analysed in terms of monotonic decrease of the cost function and practical stopping criteria such as relative change in reconstruction error or maximum number of iterations. The computational complexity is related to the sizes of tensor modes and the chosen rank, which motivates dimensionality-reduction steps and careful selection of variables at the data-formalisation stage. For offline studies, long historical data sets are factorised to reveal stable phenomenological components; for prospective online applications, incremental or sliding-window variants of the algorithms are outlined, enabling the tensor framework to adapt as new SCADA data arrive without reconstructing the entire model from scratch.

Reference

1. Hrama, M., Sidletskyi, V. and Elperin, I. (2022) 'Intelligent automatic control of sugar factory evaporator operation using behavior prediction subsystem,' *Ukrainian Food Journal*, 11(1), pp. 148–163. <https://doi.org/10.24263/2304-974x-2022-11-1-14>.
2. Hrama, M., Sidletskyi, V. and Elperin, I. (2019) 'Justification of the neuro-fuzzy regulation in evaporator plant control system,' *Ukrainian Food Journal*, 8(4), pp. 873–890. <https://doi.org/10.24263/2304-974x-2019-8-4-17>.
- 3/ Sidletskyi, V. (2019) 'STEAM BOILER CONTROL SYSTEM USING TENSOR ANALYSIS METHODS,' *International Journal of Computing*, pp. 147–154. <https://doi.org/10.47839/ijc.18.2.1413>.

Phenomenological tensor model of the heat-and-power complex based on the tensor state framework

Viktor Sidletskyi

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine,

On the basis of the tensor framework developed for the steam boiler and evaporation plant, a phenomenological model is constructed that is directly useful for control, diagnostics and forecasting tasks. The approach is conceptually consistent with earlier work on data-driven microclimate control in catering facilities, where machine learning modules resolve uncertainties in temperature regulation (Velychko and Sidletskyi, 2024) [1], and with conflict-mode handling in diffusion station automation at a sugar plant (Sidletskyi, Kukhar and Yushchuk, 2023) [2]. It also extends the tensor-based boiler control methodology, where tensor analysis was used to represent the multivariable dynamics of a steam generator (Sidletskyi, 2019) [3]. In all these cases, the core idea is to move from raw measurements to a compact set of latent coordinates that capture the essential “behaviour patterns” of an energy-intensive technological object.

The phenomenological model is defined as a reduced description of the heat-and-power complex in a space of latent coordinates obtained from tensor factorisation of multiway operational data. From the standpoint of automatic control, the model must satisfy several requirements: it should allow reconstruction of key technological variables (pressures, temperatures, flows, efficiencies) from a small number of latent coordinates; it must provide indicators of regime type and proximity to critical states; and it should admit predictive use—both for short-term forecast of trajectories and for evaluation of the effect of control actions. The space of observations is therefore chosen as a subset of SCADA and balance variables that are simultaneously informative for energy efficiency and robustly measurable in real time. Phenomenological variables are defined as components of the tensor factors that represent typical patterns of behaviour across sections, variables and regimes.

Non-negative tensor factorisation of the observation tensor yields several factor matrices, each associated with a mode of the data: sections of the complex, technological variables, operating regimes, time windows, and so on. Columns of these factor matrices are interpreted as phenomenological regimes. For instance, a column in the “section” factor may correspond to a mode where the boiler operates near its thermal limit while the turbine and evaporation plant remain in an energy-efficient zone; a column in the “variable” factor may highlight coordinated changes of steam flow, fuel consumption and drum level. The factorisation thus performs an automatic clustering of operating states into a small number of latent modes, each with its own physical interpretation in terms of sub-processes and technological configurations. By analysing the activation coefficients of these components in different time windows, the model provides a classification and labelling of typical regimes: nominal, fuel-saving, high-load, start-up, shutdown, and potentially pre-fault or conflict modes.

In the static setting the phenomenological model acts as an observer that reconstructs technological parameters from a vector of latent coordinates. Formally, the reconstruction is obtained by projecting the latent coordinates through the factor matrices back into the original space of variables. In practice this means that, given the current contribution of each latent regime, the model computes estimated pressures, temperatures, flows and integral performance indicators such as specific fuel consumption, overall efficiency or product quality indices. Because the factor matrices are non-negative and often sparse, each technological variable is expressed as a weighted combination of only a few phenomenological regimes, which greatly simplifies interpretation: one can see which regime dominates a particular parameter and how changes in the latent coordinates affect the energy balance. This static mapping can be used both for filtering noisy measurements and for virtual sensing of variables that are not directly measured or are measured with poor reliability.

To capture the temporal behaviour of the complex, trajectories are considered in the space of phenomenological coordinates. The constructed phenomenological tensor model is explicitly aligned with the multilevel description introduced for the heat-and-power complex. At the physical level, each latent regime corresponds to a characteristic configuration of local states and balance variables; at the system level, it aggregates the behaviour of entire sections and control loops into a single mode of operation. On the model level, the tensor factors define a new coordinate system in the state space, in which the main directions of variation are separated and often close to orthogonal. Finally, at the information level, the model provides a compact representation of multiway data, suitable for real-time comparison between measured and reference tensors. Within the architecture of the automatic control system the phenomenological tensor model plays several roles simultaneously: it acts as an observer (reconstructing unmeasured parameters), a predictor (forecasting the evolution of latent coordinates and derived indicators) and a regime indicator (classifying current operation and signalling transitions to undesirable modes). This closes the loop between multilevel process description, tensor-based data formalisation and practical control tasks in the heat-and-power complex.

Reference

1. Velychko, I. and Sidletskyi, V. (2024) “Microclimate automation system in public catering establishments with a module for eliminating uncertainties in temperature regulation using machine learning”, *International Scientific Technical Journal "Problems of Control and Informatics"*, 69(4), pp. 46–58. doi: 10.34229/1028-0979-2024-4-3..
2. V. Sidletskyi, O. Kukhar, P. Yushchuk “Automation of a sugar plant diffusion station with a subsystem for resolving conflict modes”, *Ukrainian Journal of Food Science*. – 2023. – Vol. 11, Issue 2. – Pp. 134–148. DOI: 10.24263/2310-1008-2023-11-2-7
3. Sidletskyi, V. (2019) “STEAM BOILER CONTROL SYSTEM USING TENSOR ANALYSIS METHODS”, *International Journal of Computing*, pp. 147–154. <https://doi.org/10.47839/ijc.18.2.1413>.

Analysis of the Effectiveness of Product Portfolio Management Strategies for IT Companies in the Ukrainian Market

V. Sobchuk, Y. Rudyk

Taras Shevchenko National University of Kyiv

The modern IT sector of Ukraine is characterized by high dynamism and increasing competition. For IT companies, effective product portfolio management plays a key role in ensuring financial stability and sustainable development.

The aim of this work is to examine the effectiveness of various income portfolio management strategies for IT companies, particularly through the analysis of income structure and the application of adapted portfolio theory models.

The object of the study is the process of product portfolio management in an IT company. The subject is the management strategies and methods of their evaluation, specifically adapted models by H. Markowitz and W. Sharpe [1, 2].

A dataset of company revenues structured by income type, geography, and time was analyzed. A strategy of “alignment based on adjusted group maximum” was developed and portfolio optimization models (Markowitz, Sharpe) were applied, where different income streams were considered as separate assets.

A high concentration of revenue was identified: 76.19% originates from “Mobile Application Sales,” while the “Other” category (including SaaS, cybersecurity, licensing, etc.) accounts for only 7.71%. Significant geographical disproportions in revenue sources were also observed. Applying the “alignment” strategy to the “Other” category indicated the potential for a +192.94% increase, yielding an overall revenue growth of +14.87%. Implementation of the optimized (averaged) strategy forecasts a +248% increase in the “Other” category and a total company revenue increase of +19.12% [3].

The study confirms that focusing on the development of less dominant segments (the “Other” category) reveals a substantial untapped potential. The adaptation of classical portfolio optimization models (Sharpe and Markowitz) to company income structure analysis proves to be an effective tool for strategy development.

The proposed optimized strategy provides a well-founded basis for achieving significant business growth (+19.12%) under competitive conditions.

References

1. Markowitz H. M. (1952) Portfolio Selection, *Journal of Finance*, no. 7.
2. Sharpe W. F. (1963) A Simplified Model for Portfolio Analysis, *Management Science*, vol. 9, no. 2.
3. Sobchuk V., Rudyk Y. (2025) Analysis of the Effectiveness of Various Portfolio Management Strategies for IT Companies under Increasing Competition in the Ukrainian Market, *Proceedings of the XXIII International Scientific and Practical Conference “Shevchenko Spring – 2025”, April 10, 2025, Kyiv, Ukraine*, pp. 47–48. (in Ukrainian).

From Paper Data to Intelligent Analysis: the Role of Normalization in Building Information Systems

I. Tereshchenko, M. Hrama

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

Modern HR information systems have gone from paper archives to digital platforms capable of deep data analysis and structured data storage. A key role in this evolution is played by data normalization, whose approach allows bringing the environment closer to efficient storage and processing of requests, facilitating work and removing typical errors or anomalies in accounting.

The study is based on the analysis of the principles of relational data modeling and an employee database model is used to illustrate the example. A typical paper employee card contains duplicate information, for example, the name of the department, position or full name can be repeated thousands of times in personal files. When changing the name of the department, all cards must be updated manually, which is not efficient for the department and leads to human errors and anomalies. A spreadsheet that repeats the logic of the paper analogue inherits the same problems (in Fig. 1). Normalization is used to solve them.



Fig. 1. Data diagram before normalization

Normalization is the process of structuring a relational database to reduce redundancy and improve data integrity by dividing large tables into smaller, logically related tables. Normalization is vital for several reasons: it eliminates redundant data: by storing each piece of information only once, thereby reducing the amount of memory required and ensuring consistency of updates throughout the database; it improves data integrity: by storing each data item in its proper place, the risk of

anomalies and errors during data processing is reduced; it increases data consistency: by having a normalized structure, changes made in one place are automatically reflected throughout the database; a well-structured database is easier to maintain, modify, and extend [1].

Normalization eliminates these shortcomings by dividing data into logical tables and establishing relationships between them. The work carried out on data normalization allowed to systematically solve the fundamental problems of the initial structure, where data on the position and department must be entered directly into the employee card. The development of separate reference tables for departments and positions ensures data integrity by guaranteeing uniform and consistent information. Each name of a department or position is now stored in the system in only one copy, and any change to it occurs exclusively in the reference, automatically spreading to all related employees (Result in Fig. 2).

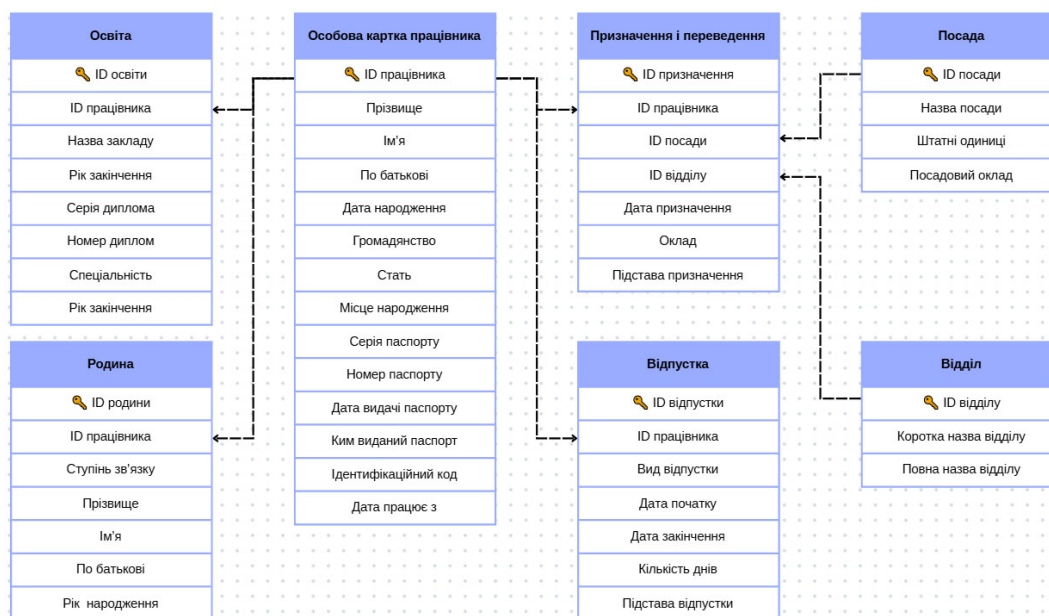


Fig. 2. Data diagram after normalization

Normalization has enabled the transformation of a chaotic collection of data into a well-defined relational model, significantly improving the overall structure of the database. By organizing data in a structured and systematic manner, this method simplifies both the design and maintenance of the database. Additionally, normalization enhances the flexibility and adaptability of the database, allowing it to better respond to the evolving needs of the enterprise [2]. This systematic approach minimizes data redundancy and inconsistencies, thereby improving data integrity and efficiency in query processing.

References

1. Datainsights (2024) *Understanding Data Normalization in Data Modeling* [online]. URL: <https://medium.com/@datainsights17/understanding-data-normalization-in-data-modeling-7a4a70a54552>.
2. GeeksforGeeks (2025) *Introduction to Database Normalization* [online] URL: <https://www.geeksforgeeks.org/dbms/introduction-of-database-normalization>.

Creating an Employee Database in MySQL as Part of HR Process Automation

I. Tereshchenko, V Vorotintsev, M. Hrama

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

Setting up effective personnel data management has always remained one of the main tasks for the HR department. Automation of HR processes allows you to store cases in one accessible place, increase the accuracy of data processing, improve analytical capabilities and provide quick access to information. The system for creating database tables was MySQL Workbench, which provides tools for data modeling, SQL development and administrative tools for configuration. It also contains a graphical interface for structured work with databases [1].

The first step in implementing a full-fledged data scheme is the processing of incoming documents required in digital form. The employee's personal card is basic for personnel accounting and contains both standardized data, such as full name, date of birth, and individual data: education, marital status, passport data, place of residence. Incomplete data about employees can create difficulties in work, take a lot of time and lead to errors in the work of each HR manager. Working with a large volume of paper documents scattered across different forms is like trying to navigate with a broken compass [2]. Therefore, when creating the database structure, the principle of normalization was used to avoid data redundancy.

The main entities were determined based on the analysis of personnel documents: employee (employee); education (education); family (family); work history (work_history); contacts (phone); vacation (holiday); transfer (order); department (department). Each entity is placed in a separate table with clear relationships between them using foreign keys. A single storage location is created in the employee master data to avoid duplication, and information about education is allocated in a separate table, since one person can have several educations. A similar approach is used for information about employment, marital status, contacts, vacations, and transfers.

Initially, the conceptual data schema was designed in such a way that the system would allow the storage of a complete personal file of an employee with all the necessary data. The main table is employee, which contains: identifiers, last name, first name, patronymic, date of birth, gender, marital status, nationality, passport data, type of work, position and reference to the department to which the employee belongs. Additionally, a contacts table is provided for data normalization, where the relationship is chosen such that one employee can have many contacts (one-to-many). Next, a model was created in MySQL Workbench, after which forward engineering was performed into a live database on the MySQL server. The schema is shown in Figure 1.

An important aspect of the system is the ability to add comments and additional information by the HR department. Each column has a clearly defined data

type that corresponds to the nature of the information stored in it, from simple text strings for surnames to special types for dates.

After all tables are created and relationships between them are defined, a test database is deployed to verify the correctness of the structure and the functionality of integrity constraints. This stage is critical as it allows the identification of potential issues early in the development process, enabling timely adjustments to the database schema and relationships. Conducting thorough testing ensures that data integrity is maintained, referential constraints operate as intended, and overall system reliability is enhanced before the database is moved into production. By addressing errors and inconsistencies at this phase, organizations reduce the risk of costly fixes and downtime after deployment, thereby contributing to a more stable and efficient information system.

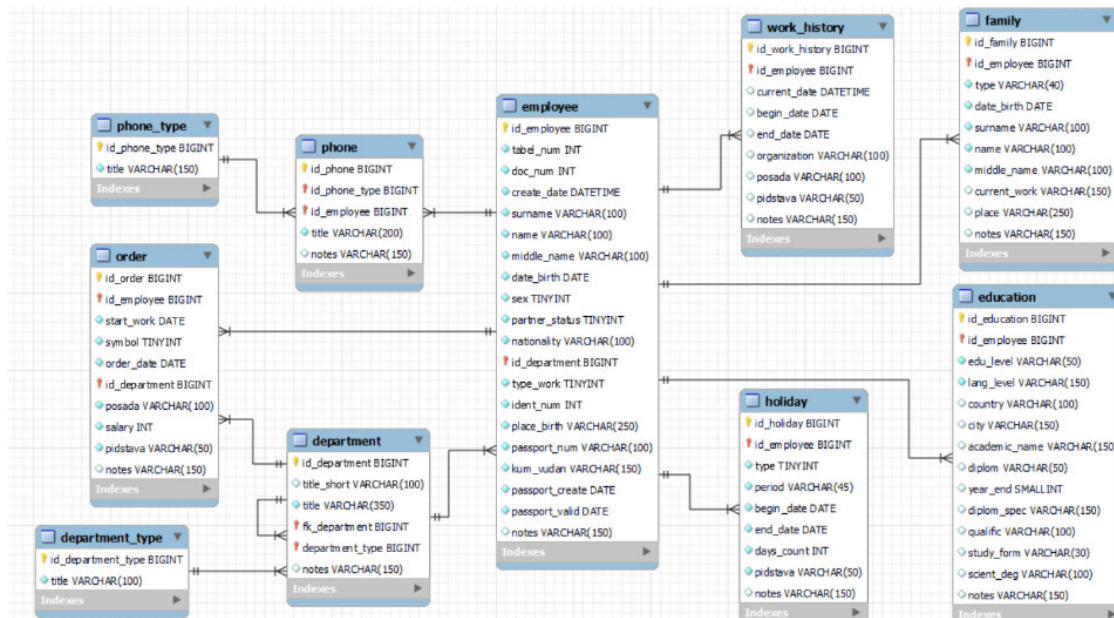


Fig. 1. Employee database diagram

The developed database for the HR department is an effective solution for automating personnel management. It allows you to centrally store, process and analyze employee data, increasing the efficiency and accuracy of personnel processes. Using MySQL Workbench provides convenient design and support of the database structure, as well as a visual representation of all relationships, which greatly facilitates further development of the system. Thus, the created information system can be integrated into a larger corporate infrastructure or used autonomously as the basis for an internal personnel system. By creating a single digital space of electronic affairs, we eliminate the chaos associated with the use of separate tools and provide conditions for a more flexible and engaged work environment [2].

References

1. Simplilearn (2024) *A Complete Guide on MySQL Workbench* [online]. URL: <https://www.simplilearn.com/tutorials/mysql-tutorial/mysql-workbench>.
2. Daniel R. (2025) *HR System Integration Trends for 2025*. [online] URL: <https://pebb.io/articles/hr-system-integration-trends-for-2025>.

Application of SLM to the local QA-system with knowledge base

M. Tovstenko, V. Gavrylenko

National Transport University, Kyiv, Ukraine

The widespread adoption of Large Language Models (LLMs) is often hindered by factual inaccuracies (“hallucinations”) and a critical dependency on cloud infrastructure, which raises significant operational and privacy concerns. Retrieval-Augmented Generation (RAG) offers a robust solution by grounding models with information from external knowledge bases, thus enhancing factual accuracy and reduce hallucination rates.

However, there is a persist demand in the development of optimized QA-systems without LLM API that capable of operating efficiently across different grade consumer hardware without cloud connectivity. To develop such systems LLM API server provider can be replaced with Small Language Models (SLMs) [1].

Our methodology focuses on building a RAG-system that functions entirely offline and increase accuracy of the model. We will conduct a systematic, comparative analysis of SLMs tiny ($\approx 3B$ parameters), small ($\approx 9B$), and medium ($\approx 16B$) [2]. These models are integrated with an ontologically-structured vector database to ensure high-quality semantic retrieval.

The core scientific novelty of this work lies in the comprehensive benchmarking of these local SLM-based RAG configurations across different grade devices. We will present a comparative statistical analysis of their performance, evaluating the trade-offs between model size, response accuracy, processing speed, and computational resource load (CPU/GPU/RAM) on standard personal computers.

The expected results will yield quantitative benchmarks and practical guidelines for selecting optimal model configurations for local deployment.

This study aims to establish a methodological foundation for developing autonomous, secure, and reliable interactive systems. Such systems are critically needed in data-sensitive domains [3], education and transport infrastructure with a specific focus on adaptation for the Ukrainian language.

References

1. Schick T., Schütze H. (2021) It's Not Just Size That Matters: Small Language Models Are Also Few-Shot Learners, *Proceedings of the 2021 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies*. URL : <https://doi.org/10.18653/v1/2021.naacl-main.185>.

2. Nguyen C. V. et al. (2024) *Survey of Small Language Model* : preprint. URL : <https://doi.org/10.48550/arXiv.2410.20011>.

3. Wang Z. et al. (2025) Small Language Models for Emergency Departments Decision Support: A Benchmark Study, *IEEE International Conference on Autonomous and Trusted Computing*. URL : <https://doi.org/10.48550/arXiv.2510.04032>.

Creation of an Intellectual System for the Sales Department of Puma Ukraine LLC

A. Tur, M. Hrama

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

Modern enterprises in the retail sector, such as Puma Ukraine LLC, generate substantial volumes of transactional and behavioral data on a daily basis. However, the rapid growth of this information often does not translate into increased efficiency in its utilization. Data frequently remains fragmented, while analysis is largely limited to manual accounting and reporting processes. This restricts the company's ability to uncover complex patterns, accurately forecast demand, and optimize operational workflows. Consequently, such an approach hampers competitiveness and reduces the potential for maximizing profits in a rapidly changing market environment. Therefore, there is a critical need to develop a specialized intelligent system focused on deep analytics and predictive processing of sales data to unlock valuable insights and support strategic decision-making.

The purpose of this project is to develop a highly adaptive software and analytical complex for the sales department of Puma Ukraine LLC.

The key innovation of the project is the implementation of a forecasting module to determine the optimal time of day to maximize sales. To ensure high forecasting accuracy, our own software implementation and comparison of the effectiveness of several models were carried out, including the basic model (Basic ML Model) and advanced ensemble methods (Decision Tree, Bagging Model and Boosting Model). The use of ensemble methods made it possible to identify complex, nonlinear relationships between external factors and transaction volumes, significantly increasing the reliability of forecasts for peak sales hours.

The developed system is built on a modern technological stack, which guarantees its stability, performance and scalability. The frontend is developed on the basis of Next.js 15.5.5 and React 19.1.0 using TypeScript 5.x to ensure strict typing. The interface is styled using Tailwind CSS 4.x, which provides an adaptive and modern design. The implementation of key machine learning algorithms, including the Bagging Model and Boosting Model, is a significant scientific and practical achievement of the work. The use of Node.js as an execution environment and ESLint to maintain code quality emphasizes the high engineering level of development.

This becomes possible thanks to accurate forecasts generated by ensemble ML models. This, in turn, increases the level of service, maximizes the conversion rate, and reduces excess labor costs during off-peak hours. In addition, predictive data directly informs targeted planning of marketing and promotional campaigns, allowing you to strategically time promotions to peak buying activity, which increases their return on investment (ROI). At the same time, the system contributes to effective inventory management, minimizing the risk of out-of-stock during peak demand and reducing the cost of storing illiquid products.

Integration of AI and iOS API: how to use Core ML, Vision, SiriKit in applications

D. Vdovenko, O. Sedykh

National University of Food Technologies

Artificial intelligence is actively being integrated into mobile technologies, and iOS app developers are gaining access to native tools for implementing intelligent features. Apple is developing an ecosystem of frameworks that allow AI to be used without connecting to external servers. These include Core ML, *Vision*, and *SiriKit* — powerful APIs for working with machine learning, image recognition, text, and voice commands. Their use enables the creation of smart, context-aware applications that improve user convenience and engagement [1].

Core ML allows you to run machine learning models directly on the device, ensuring fast processing and offline operation. With its help, you can implement personalised recommendations, image classification, or text analysis. Models are created in *Create ML* or converted from TensorFlow/PyTorch [2].



Fig. 1. Using Core ML in the Snapchat mobile application
(filters, masks, real-time face processing)

Vision API provides real-time or gallery image analysis, providing tools for recognising faces, facial features, text, objects, barcodes, and QR codes. It can be used to create features such as document scanning, object detection in the camera, or tracking moving elements in the frame.

Combined with Core ML, Vision allows for scene and object classification, opening up opportunities for the development of smart cameras, filters, or augmented reality systems [3].



Fig. 2. Using Vision API in the Scanner Pro mobile application (document and text recognition)

SiriKit allows you to integrate Siri voice commands to perform actions in the application — sending messages, opening screens, adding events, etc. *SiriKit* is most often used in communications, fitness, transportation, and finance applications [4].

The integration of native APIs for AI opens up opportunities for creating adaptive, secure, and productive iOS applications. *Core ML*, *Vision*, and *SiriKit* form the basis of modern intelligent systems that run locally and preserve user privacy. In the future, deeper integration with *Apple Intelligence* and support for local language models (LLM) are expected.

References

1. Apple Developer (2025) *Machine Learning* [online]. URL : <https://developer.apple.com/machine-learning>.
2. Apple Developer (2025) *Core ML Apple Developer Documentation* [online]. URL : <https://developer.apple.com/documentation/coreml>.
3. Apple Developer (2025) *Vision* [online]. URL : <https://developer.apple.com/documentation/vision>.
4. Apple Developer (2025) *SiriKit* [online]. URL : <https://developer.apple.com/documentation/sirikit>.

New iOS features for developers: SwiftData, SwiftUI 3.0, WidgetKit, App Intents

D. Vdovenko, O. Sedykh

National University of Food Technologies

Apple is constantly improving its developer tools, offering native means of creating productive and convenient applications.

With the release of new versions of iOS, the emphasis is on a declarative approach, integration with system services, and simplification of data handling.

Modern frameworks *SwiftData*, *SwiftUI 3.0*, *WidgetKit*, and *App Intents* open up new opportunities for building personalised, interactive, and deeply integrated mobile applications.

SwiftData is a new framework for managing local data that has replaced Core Data. It is built on the Swift language and is tightly integrated with SwiftUI, allowing you to work with data declaratively.

The main advantages are automatic saving and synchronisation, the use of property wrappers (@Model, @Query), and the elimination of complex configuration files. This simplifies development and reduces the risk of errors [1].

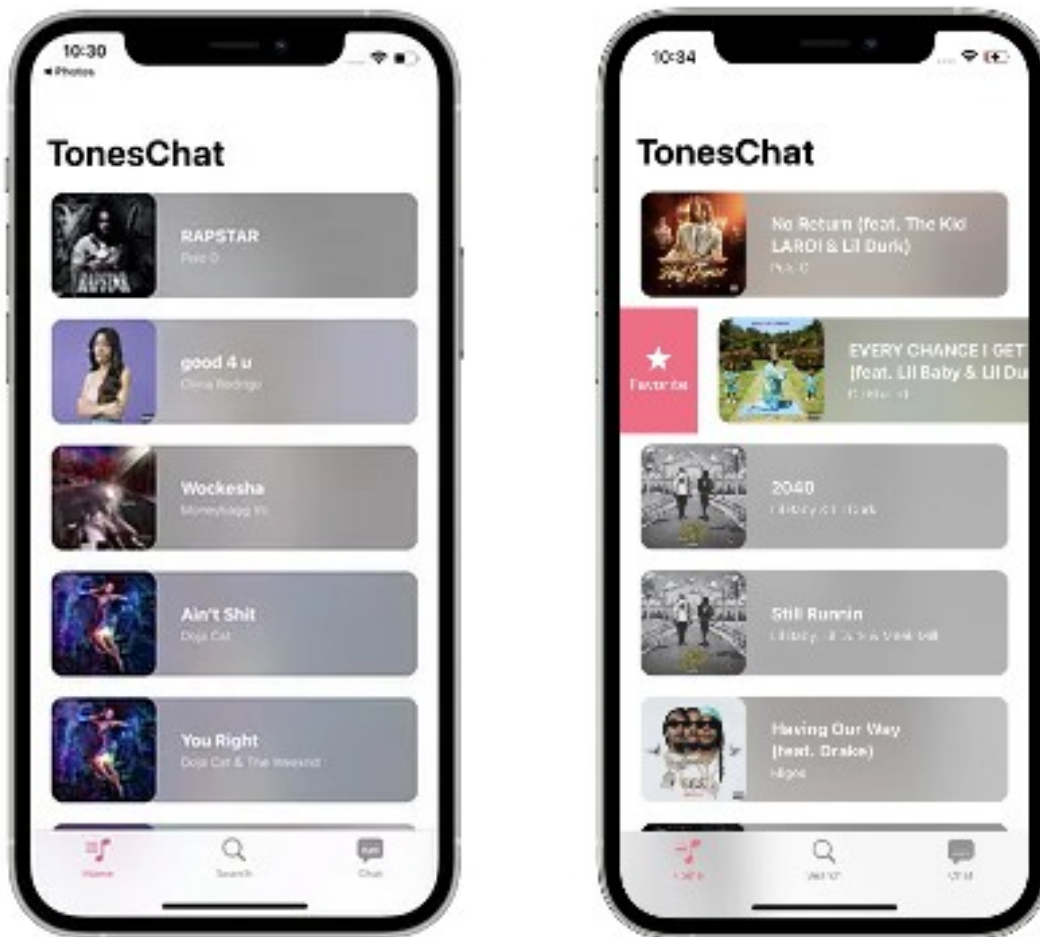


Fig. 1. Example of a user interface for an application created using SwiftUI 3.0

SwiftUI 3.0 develops a declarative approach to interface creation. New features include *Gauge* and *AsyncImage* components, blur effects (*Material*), and an improved application lifecycle via *@main* and *Scene*. SwiftUI supports universal interfaces for the entire Apple ecosystem — iOS, iPadOS, watchOS, macOS, and visionOS [2].

WidgetKit displays information from the application directly on the home screen. Various widget sizes and *Live Activities* are supported, allowing dynamic content to be displayed in real time.

Thanks to integration with SwiftUI, developers can create convenient, context-sensitive elements that increase user engagement [3].



Fig. 2. Using WidgetKit to display dynamic content in the Weather app

App Intents is an updated framework for integrating apps with Siri, Spotlight, and Shortcuts. It simplifies the creation of voice commands and actions through Swift components (*AppIntent*, *AppEntity*), providing quick access to app functionality from any iOS environment [4].

Apple's new tools — SwiftData, SwiftUI 3.0, WidgetKit, and App Intents — significantly expand developers' capabilities. They enable efficient data management, modern interface design, integration with system functions, and improved user interaction.

Using these technologies facilitates the creation of innovative, productive, and personalised applications for the iOS ecosystem.

References

1. Apple Developer (2025) *SwiftData – Xcode* [online]. URL : <https://developer.apple.com/xcode/swiftdata>.
2. Quokka Labs (2025) *Exploring SwiftUI 3.0: What's New and Improved?* [online]. URL : <https://quokkalabs.com/blog/whats-new-in-swiftui-3-0>.
3. Apple (2025) *WidgetKit Documentation* [online]. URL : <https://developer.apple.com/documentation/widgetkit>.
4. Apple (2025) *Apple Developer Documentation. App Intents* [online]. URL : <https://developer.apple.com/documentation/appintents>.

Information System for Identifying Bug Reports Based on Machine Learning Methods

I. Zhebrak, M. Hrama

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

The qualification work on the topic "Information system for identifying bug reports based on machine learning methods" is devoted to the development of an intelligent software system that automatically determines the validity of error reports (bug reports) in software in order to increase the efficiency of the error management process and the quality of development.

In modern conditions of rapid development of software products and active feedback from users, the problem of processing a large number of requests arises. Manual classification of such reports requires significant labor and time resources, which leads to overload of specialists and delays in correcting real errors. That is why there is a need to create a system that can automatically analyze text descriptions of bug reports and determine their validity.

During the research, three transformer models were retrained — BERT, DistilBERT, and XLM-RoBERTa — on a specially prepared dataset of 800 examples containing both valid and invalid bug reports. For this purpose, the Transformers library from Hugging Face was used. During the training, hyperparameter selection, learning speed optimization, regularization, and evaluation of quality metrics (accuracy, precision, recall, F1-score) were performed.

The results of the comparative analysis showed that the best indicators of classification accuracy and balance were demonstrated by the XLM-RoBERTa model, which provided high performance when working with Ukrainian-language data. The selected model was optimized by converting it to ONNX format, which allowed to increase the speed of processing requests in real time without losing classification accuracy.

As a result of the implementation, the following main results were achieved:

- a dataset was created for classifying bug reports in Ukrainian;
- three modern transformer models were retrained;
- a comparative analysis of the performance and quality of the models was conducted;
- a microservice architecture was developed for integrating machine learning models into the REST API;
- automatic interaction with the Trello API for managing task cards was provided.

The practical significance of the work lies in the possibility of applying the developed system in the software development industry, in particular in large projects, game studios and IT companies that receive significant amounts of feedback from users. The implementation of such a system allows to reduce the load on support teams, reduce the response time to real errors, increase product quality and the efficiency of software life cycle management.

Векторний пошук у PostgreSQL для RAG над корпоративними документами

А. В. Артеменко

Львівський торговельно-економічний університет, Львів, Україна

Семантичний пошук і RAG часто вимагають окремої векторної БД, що підвищує TCO і операційні ризики.

Мета — довести життєздатність «all-in-Postgres» під малий/середній трафік з контролем доступу.

Методологія: корпус PDF/Confluence → ембеддинги (OpenAI/Local) → pgvector (HNSW) → метадані (ролі/дати/департаменти) → RAG-ланцюг (retrieval → rerank → answer). Метрики: Recall@k, nDCG, MRR, P95-latency, cost/query.

Очікувані результати — референс-архітектура, профіль продуктивності (latency, recall), чек-лист оновлення ембеддингів (drift, reindex), схема ABAC на рівні SQL.

Новизна роботи — практичний «single-stack RAG» без окремої векторної БД із формальними SLO.

У межах запропонованої архітектури усі етапи оброблення знань — від індексації до генерації відповідей — виконуються у межах PostgreSQL. Джерела даних (PDF-документи, сторінки Confluence, внутрішні інструкції, бази знань) проходять етап попередньої обробки: видобування тексту, сегментація на логічні фрагменти (chunking) та створення ембеддингів за допомогою моделей OpenAI або локальних моделей Sentence Transformers [3].

Отримані вектори зберігаються у таблиці PostgreSQL з типом даних vector (розширення pgvector). Для ефективного пошуку застосовується індекс HNSW, який забезпечує пошук найближчих векторів у просторі з високою швидкістю. У поєднанні з PostgreSQL це дозволяє виконувати гібридні запити: наприклад, фільтрувати результати не лише за схожістю, а й за бізнес-метаданими.

У корпоративному середовищі важливо не лише знайти релевантну інформацію, а й забезпечити, щоб користувач бачив лише ті документи, до яких має доступ. Для цього в системі реалізується атрибутивна модель контролю доступу (ABAC) безпосередньо на рівні SQL. Кожен документ або фрагмент у таблиці має метадані: department, role, sensitivity_level, created_at [2].

RAG-система — не просто інструмент для пошуку інформації. Це core для AI-mind компанії, фундамент для майбутньої агентної системи, яка матиме доступ до всіх корпоративних знань і зможе проактивно допомагати в роботі [1].

RAG-система на основі PostgreSQL функціонує у три етапи. Retrieval — пошук найбільш релевантних фрагментів за допомогою pgvector і HNSW-індекса. Rerank — додаткове переранжування результатів через модель оцінки релевантності (наприклад, cross-encoder). Цей етап може виконуватися поза

базою, але з використанням результатів SQL-запиту. Answer generation — побудова відповіді великою мовною моделлю (LLM), якій передається підбірка найрелевантніших текстів.

Для оцінки ефективності системи використовуються стандартні інформаційно-пошукові метрики: Recall@k, nDCG, MRR — для якості пошуку; P95-latency — для оцінки затримки; та cost/query — для економічної доцільності.

Попередні експерименти показують, що для корпусів до кількох сотень тисяч документів і запитів до кількох тисяч на добу PostgreSQL із pgvector забезпечує прийнятний час відповіді (до 200–300 мс на пошук) при Recall@5 ≈ 0.85. Це робить рішення конкурентним для невеликих RAG-систем внутрішнього користування, аналітичних платформ або систем підтримки персоналу.

Важливим аспектом є підтримка актуальності ембеддингів. Зміни у контенті або поява нових моделей можуть спричинити дрейф векторів. Для цього пропонується чек-лист регулярного оновлення: перевірка розподілу відстаней між ембеддингами (drift detection); повторна генерація ембеддингів для оновлених документів; переіндексування HNSW для оптимізації пошуку; логування версій моделей ембеддингів у метаданих.

Цей процес можна автоматизувати через cron-завдання або тригери PostgreSQL, що дозволяє зберігати консистентність між даними й векторами без додаткових сервісів.

Архітектура «all-in-Postgres» демонструє життєздатність для RAG над корпоративними документами при малих і середніх навантаженнях. PostgreSQL із pgvector забезпечує зберігання ембеддингів, семантичний пошук і контроль доступу в одному стеку, знижуючи TCO та операційні ризики.

Експерименти показали високу релевантність пошуку (Recall@k, nDCG, MRR) та прийнятну затримку (P95-latency). ABAC на рівні SQL гарантує безпечний доступ, а регулярне оновлення ембеддингів підтримує актуальність даних.

Підхід створює референтну архітектуру «single-stack RAG» для корпоративних знань, поєднуючи продуктивність, безпеку та простоту управління.

Література

1. Бронніков Н. (2025). Як ми побудували власну RAG-систему: від проблеми до оптимального рішення [online], *Ciklum*. URL : <https://dou.ua/forums/topic/56395>.

2. Avolute Technology (2025) *Контроль доступу на основі атрибутів: чи замінить він традиційні ролі* [online], URL : <https://avolutech.com/blog/контроль-доступу-на-основі-атрибутів>.

3. Intellua (2025) Building an On-Premise Private AI Platform: A Modern Blueprint for Enterprises [online], *Intellua – Unique AI tools for your business, we help bring the future to you*. URL : <https://intellua.com/use-cases/building-an-on-premise-private-ai-platform-a-modern-blueprint-for-1HvfUstiwhHCxLyKx8i0AC>

Про гібридний підхід до агентного моделювання процесів інформаційного розповсюдження

Д. І. Афонін, Л. Т. Аджубей

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Одним із перспективних напрямів досліджень у галузі моделювання процесів поширення інформації в соціальних мережах є використання агентних моделей, що базуються на підходах математичної теорії автоматів. У цьому контексті агентами вважають користувачів соціальних мереж, які активно поширюють інформацію. Для опису їхньої поведінки в межах функціональної структури соціальних мереж доцільно застосовувати моделі скінченних автоматів та їх розширених модифікацій.

Поєднання автоматних моделей з іншими моделями відкриває нові можливості для прогнозування інформаційних процесів, розробки стратегій боротьби зі шкідливим контентом, а також оптимізації комунікаційних кампаній у сфері бізнесу, політики та соціальної активності [1].

В рамках даного дослідження основну увагу зосереджено на використанні гібридного підходу до моделювання поширення інформації в соціальних мережах, що поєднує автоматні моделі та концепцію змішаного впливу. Поведінку користувачів описано за допомогою скінченних автоматів, які дозволяють формалізувати стани агентів та переходи між ними під впливом різних інформаційних сигналів. Такий підхід забезпечує структуроване й гнучке представлення індивідуальної реакції на інформаційні стимули.

У межах гібридної моделі автоматне ядро інтегрується в агентну архітектуру, що дозволяє враховувати як локальні поведінкові закономірності, так і глобальні властивості соціальної мережі. Основою для побудови сценаріїв слугують моделі змішаного впливу, що поєднують елементи масового, цільового та міжособистісного інформаційного впливу, що робить модель більш реалістичною в умовах сучасного цифрового середовища.

Формалізуємо математичну модель процесу інформаційного поширення з урахуванням змішаного впливу [2]. В даному випадку динаміку зміни частки осіб $x(t)$, які прийняли ідею протягом одного інтервалу часу, можна описати наступним різницеvim співвідношенням:

$$x(t) = Ax^2(t-1) + Bx(t-1) + C, \quad (1)$$

де $A = -\frac{k_1 n_{target}}{N}$, $B = k_1 n_{target} - \frac{W k_2 k_3}{N-r}$, $C = W k_2 k_3$, N — чисельність користувачів у мережі, n_{target} — чисельність користувачів, на яких впливають агенти (кількість сусідніх вершин зі станом S_2 , k_2 — середня кількість ознайомлень членів спільноти з одним повідомленням з контентом для поширення за одиничний інтервал часу, k_3 — ймовірність «підтримки» ідеї після ознайомлення з повідомленням у засобах масової інформації (ЗМІ), W — функція масовості та регулярності ЗМІ, що пропагує інформацію (можна

покласти, що $W = const$, що є прийнятним для стаціонарних періодів пропагандистської кампанії).

Для опису функціонування ймовірнісного автомату сформуємо матрицю перехідних ймовірностей. Для вузла $v_i \in V$, який у даний момент у стані S_j , переходи виглядають як:

$$\Phi_i(t) = \begin{bmatrix} P_{(S_0 \rightarrow S_0)}(t) & P_{(S_0 \rightarrow S_1)}(t) & P_{(S_0 \rightarrow S_2)}(t) \\ P_{(S_1 \rightarrow S_0)}(t) & P_{(S_1 \rightarrow S_1)}(t) & P_{(S_1 \rightarrow S_2)}(t) \\ P_{(S_2 \rightarrow S_0)}(t) & P_{(S_2 \rightarrow S_1)}(t) & P_{(S_2 \rightarrow S_2)}(t) \end{bmatrix}$$

Тепер визначимо ймовірності для кожного з переходів. Маємо $P_{(S_0 \rightarrow S_2)}(t) = P_{(S_1 \rightarrow S_0)}(t) = P_{(S_2 \rightarrow S_0)}(t) = 0, \forall t$ оскільки такі ситуації неможливі.

$$P_{(S_0 \rightarrow S_1)}(t) = k_1 \cdot n_{spread_i}(t) \cdot f(t) + Mk_2k_3$$

де $n_{spread_i}(t)$ — кількість сусідів вузла $v_i \in V$ у стані S_2 . Тоді

$$P_{(S_0 \rightarrow S_0)}(t) = 1 - P_{(S_0 \rightarrow S_1)}(t) = 1 - (k_1 \cdot n_{spread_i}(t) \cdot f(t) + Mk_2k_3)$$

$$P_{(S_1 \rightarrow S_2)}(t) = l, \quad P_{(S_1 \rightarrow S_1)}(t) = 1 - l,$$

$$P_{(S_2 \rightarrow S_1)}(t) = r, \quad P_{(S_2 \rightarrow S_2)}(t) = 1 - r.$$

Сформулюємо процедуру чисельного моделювання процесу роботи автомату. Розглянемо граф, що репрезентує середовище інформаційного впливу (соціальну мережу). Визначимо групи S_{group} , на які поділена соціальна мережа. Для кожного вузла визначимо групу $g(v_i) \in S_{group}$ та сталі коефіцієнти k_0, p, r, l . Серед наявних вузлів вибираються агенти, що почнуть розповсюджувати інформацію, вони одразу переходять у стан S_2 .

Проведено чисельні розрахунки на основі запропонованого підходу. Для перевірки коректності моделі проведено порівняння результатів з класичною грою «республіканці–демократи» концепція якої була вперше описана у статті Гарольда Хотеллінга «Stability in Competition» [3]. У процесі порівняння застосовано алгоритм, за яким кожен користувач, що не визначився буде наслідувати ту саму ідею, що і більшість його сусідів.

Таким чином, запропонована модель є більш універсальним інструментом для аналізу інформаційних процесів у соціальних мережах. Вона може застосовуватись для прогнозування поширення ідей і процесів інформаційного впливу.

Література

1. Івохін Є. В., Аджубей Л. Т., Афонін Д. І. (2025) Про один гібридний підхід до агентного моделювання процесів інформаційного розповсюдження, *Вісник Кам'янець-Подільського нац. ун-ту імені Івана Огієнка «Математичне та комп'ютерне моделювання. Серія: Технічні науки»*, 28, с. 68–82.
2. Артемов В., Хорошко В., Хохлачова Ю. (2022) Моделювання інформаційно-психологічного впливу на суспільство, *Захист інформації*, 24, 4, с. 183–190.
3. Hotelling H. (1929) Stability in Competition, *The Economic Journal*, 39, 153, pp. 41–57.

Інтелектуальний аналіз даних для аналізу світових ринків електроенергії**А. А. Басів, М. П. Костіков***Національний університет харчових технологій*

Сучасні світові ринки електроенергії є складними, динамічними системами, що характеризуються високою волатильністю та залежністю від багатьох економічних, політичних і технологічних факторів. Зростання обсягів даних у цій галузі створює значні виклики для традиційних методів аналізу.

Тож виникає гостра потреба у впровадженні сучасних методів інтелектуального аналізу даних та систем бізнес-аналітики для ефективної обробки цієї інформації, виявлення прихованих закономірностей та підтримки прийняття стратегічних рішень.

Метою нинішньої роботи є розроблення та апробація методології комплексного аналізу динаміки світових ринків електроенергії з використанням інтерактивних BI-систем для виявлення ключових трендів та факторів впливу в галузі.

Як основний інструментальний засіб було обрано платформу Microsoft Power BI, що надає потужні можливості для збору, трансформації та візуалізації даних. Процес дослідження включає повний цикл ETL, який починається з вилучення, тобто збирання відкритих даних з надійних джерел, зокрема статистичної служби Євросоюзу [1].

Дані про енергетику в межах Європи також можна знайти у відкритому доступі на сайті Transparency Platform [2] мережі ENTSO-E (European Network of Transmission System Operators for Electricity) [3]. В одній із попередніх робіт у цьому напрямі [4] було успішно продемонстровано можливості збору даних із вищезазначеної платформи завдяки використанню відповідного API. Інше дослідження [5] показало можливості використання даних платформи для прогнозування ринку.

Далі йде етап трансформації, що включає очищення, нормалізацію, об'єднання різнорідних таблиць та перерахунок одиниць виміру, наприклад, приведення цін до єдиної бази EUR/GWh у редакторі Power Query. Завершується процес завантаженням, тобто створенням моделі даних. Для глибокого аналізу розробляються спеціалізовані аналітичні міри з використанням мови DAX, що дозволяє розраховувати похідні показники, такі як чистий торговельний баланс та динаміку зміни цін.

Для практичної реалізації було розроблено інтерактивний аналітичний дашборд. Його створено із застосуванням методів інтелектуального аналізу даних на платформі Power BI [6], що довело свою високу ефективність для дослідження складних ринкових процесів. Розроблена методологія та інструментарій є гнучкими та масштабованими.

Отриманий дашборд дозволяє проводити порівняльний аналіз ринків ключових країн на початковому етапі — Німеччина, Франція, Польща. Інтерфейс дашборду (Рис. 1) надає користувачам системи можливість у режимі

реального часу відстежувати динаміку обсягів виробництва, імпорту, експорту, а також коливання цін. Зручний графічний інтерфейс включає геопросторову візуалізацію, аналіз часових рядів та інструменти сценарного моделювання. Реалізована система навігації дозволяє користувачеві досліджувати дані в різних розрізах (обсяги, ціни, залежність) на одному екрані.

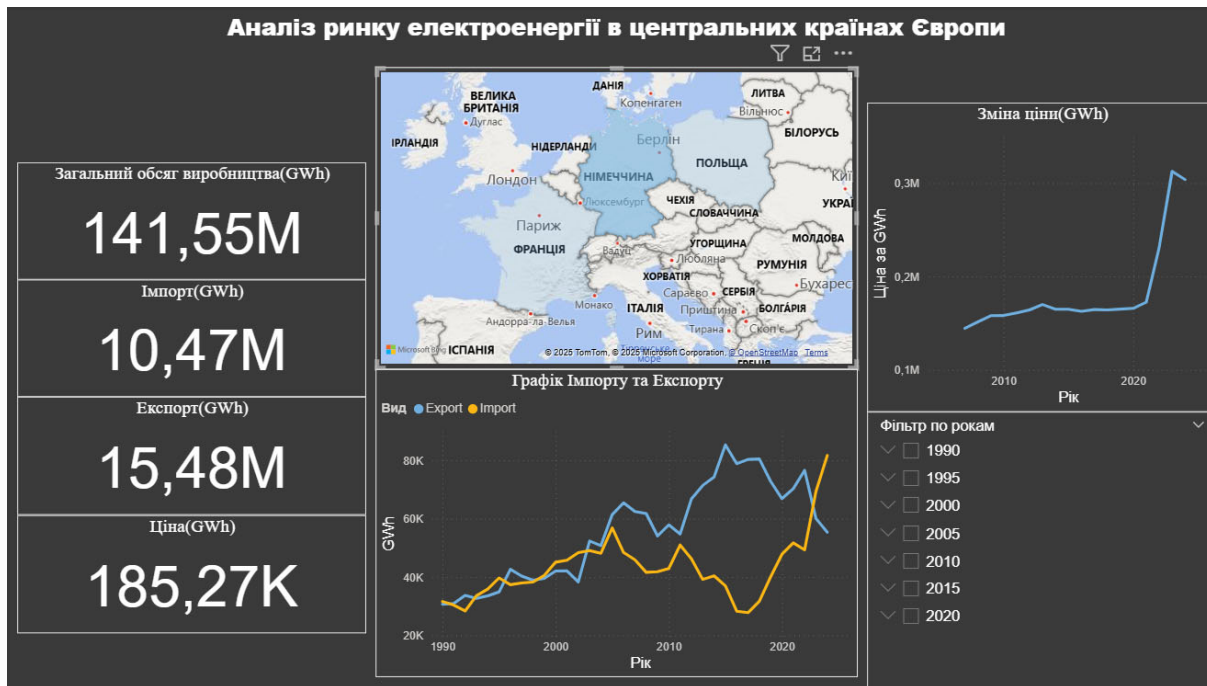


Рис. 1. Інтерфейс аналітичного дашборду ринків електроенергії

Подальші дослідження будуть спрямовані на розширення географії аналізу, включивши ринки Азії та Північної Америки та інтеграцію додаткових джерел даних — наприклад, погодні умови та ціни на викопне паливо — для побудови більш комплексних прогностичних моделей.

Література

1. Eurostat (2025) *Energy Database* [online] URL : <https://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/database>.
2. ENTSO-E (2025) *ENTSO-E Transparency Platform* (2024) [online]. URL : <https://transparency.entsoe.eu>.
3. ENTSO-E (2025) [online]. URL : <https://www.entsoe.eu>.
4. Базенко Д. О., Костіков М. П. (2024) Інформаційно-аналітична система опрацювання даних із експорту та імпорту електроенергії, *Матер. XI Міжнар. наук.-техн. Internet-конф. «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами»*, 27 листоп. 2024, К. : НУХТ, с. 190.
5. Bâra A., Oprea S.-V. (2025) Transformer-based forecasting with synthetic input data generation for day-ahead electricity markets, *Journal of King Saud University: Computer and Information Sciences* (Sep 2025), vol. 37, no. 8, pp. 1–30.
6. Microsoft (2025) *Microsoft Power BI: Інтерактивна візуалізація даних*. [online]. URL : <https://powerbi.microsoft.com>.

Нечітке керування групою зарядних станцій для електромобілів

С. М. Балюта, Л. О. Копилова, М. Ю. Жуков, М. С. Кондрашевський
Національний університет харчових технологій

Електричні транспортні засоби (EV) приносять численні потенційні переваги сучасному світу, такі як здоровіша якість повітря, менший рівень шуму та зменшення залежності від викопного палива. Однак, масштабніше впровадження електромобілів та вимоги до великих відстаней подорожей вимагають більшої ємності акумуляторів, які досягають ємності 75-100 кВт·год. та встановлення достатньої кількості зарядних станцій (ЗС) для виконання вимог до заряджання. Для громадських та комерційних об'єктів доцільним є використання швидкісних зарядних станцій рівня 3 потужністю до 100 кВт [9], [10]. Помітно, що час заряджання ЕМ значно більше часу заправки автомобіля на бензині.

Таким чином, час заряджання визначається як найважливіший фактор з точки зору користувача електромобіля та власника зарядних станцій. Наразі громадські ЗС обслуговують електромобілі відповідно до традиційного методу «перший прийшов — перший обслужений» (FCFS), який пріоритезує електромобілі відповідно до часу їх прибуття, тим самим створюючи тривалий час очікування для електромобілів, що прибувають пізніше та мають термінові потреби в обслуговуванні. Для керування ЗС використовується метод нечіткого цілочисельного лінійного програмування та евристичний нечіткий висновок (НПВ). Для отримання оптимального рішення сформована модель, яка представляє базову систему нечіткого висновку. Розроблений нечіткий висновок враховує невизначену та незалежну доступну потужність від мережі, необхідний стан заряду акумуляторів, час перебування групи електромобілів на ЗС і співвідносить їх зі зваженими змінними керування.

НПВ забезпечує автоматизацію надання послуг зарядки для електромобілів, що потребують першочергової зарядки шляхом оптимізації цільової функції з використанням зважених змінних керування, тим самим оптимізуючи використання ЗС та час очікування ЕМ. Для оцінки ефективності запропонованого НПВ було проведено розрахункові дослідження, що відповідають різним можливостям параметрам паркування ЕМ та кількості встановлених ЗС у групі.

Імітаційне моделювання проводилося для ЗС з різною кількістю ЕМ і ємністю акумуляторів ЕМ, а ефективність зарядки оцінювалася за критеріями середній час очікування ЕМ зарядки, коефіцієнт використання ЗС, справедливність та час виконання зарядки. Результати підтвердили, що ефективність запропонованого методу значно вища, ніж у інших методів.

Література

1. Foley A. M., Winning I. J., Gallachoir B. P. O. (2010) State-of-the-art in electric vehicle charging infrastructure, *Proc. IEEE Vehicle Power Propuls. Conf.*, Sep., pp. 1–6.

**Нечітка система керування гібридною схемою заряджання
електромобілів у житлових приміщеннях**

**С. М. Балюта, Л. О. Копилова, П. О. Зінькевич,
Д. Ю. Сінюков, Д. Ю. Жуков**

Національний університет харчових технологій

Для заряджання електромобілів (ЕМ) у житлових приміщеннях використовуються централізовані або децентралізовані механізми керування. Централізовані механізми забезпечують дотримання обмеження потужності від електромережі шляхом використання методів керування попитом для обмеження заряджання ЕМ.

При децентралізованому механізмі власники ЕМ самостійно визначають графік заряджання для оптимізації витрат на зарядку проводячи зарядку множини взаємопов'язаних електромобілів протягом одного періоду часу поза піком навантаження енергосистеми. Однак при децентралізованому підході можлива одночасна групова зарядка, що може призвести до потенційного перевантаження системи.

Побудована гібридна схема скоординованого централізованого та децентралізованого керування зарядки ЕМ з використанням механізму нечіткого виводу для мінімізації пікового електричного навантаження, зменшення групового виведення ЕМ та оптимізації витрат на заряджання при одночасному забезпеченні заряджання за найнижчими можливими фінансовими витратами. Для оптимізації сформована нечітка цільова функція, яка вирішується за допомогою механізму нечіткого виведення.

Нечіткий висновок включає незалежні та невизначені цінові профілі на електричну енергію, моделі навантаження споживання ЕЕ ЕМ та дані про стан заряду АБ ЕМ, зібрані з енергомережі, домогосподарств та доменів електромобілів, які ефективно інтегровані у зважені змінні для електромобілів, що заряджаються.

Для оптимізації цільової функції при запропонованому гібридному керуванні зарядкою ЕМ використовуються зважені змінні, що дозволяє визначити оптимальний графік заряджання ЕМ, який задовольняє вимоги ЕМ до заряджання (час зарядки, стан заряду АБ, графік прибуття та відправлення ЕМ), дотримуючись суворих експлуатаційних обмежень електромережі та мінімізуючи витрати на заряджання.

Проведені розрахункові дослідження ефективності запропонованого методу керування зарядкою ЕМ на ЗС за критеріями вартості заряджання, впливу профілю навантаження та співвідношення пікового та середнього навантаження. Результати досліджень показали кращу ефективність запропонованого нечіткого гібридного керування ЗС порівняно з альтернативними стратегіями заряджання, включаючи некоординоване заряджання, заряджання за стандартним тарифом, заряджання за часом використання та дворівневі децентралізовані системи керування.

Застосування методів машинного навчання для виявлення фінансових шахрайств

О. І. Безверхий, Б. І. Шапошник

Національний транспортний університет, Київ, Україна

Існуючі підходи до виявлення фінансових шахрайств включають методи на основі правил, статистичний аналіз та різноманітні алгоритми машинного навчання та нейронні мережі. У роботі представлено підхід до програмної реалізації системи виявлення фінансових шахрайств з використанням методів машинного навчання. Основою для розробки слугували чітко сформульовані функціональні та нефункціональні вимоги, які окреслили ключові аспекти системи, починаючи від обробки даних та роботи з їх незбалансованістю, до моделювання, комплексної оцінки та візуалізації результатів. Дотримання цих вимог забезпечило створення програмного продукту, здатного ефективно вирішувати поставлене завдання.

Запропонована архітектура програмного забезпечення з використанням мови Python, побудована за принципом послідовного аналітичного конвеєра. Цей підхід передбачає модульну структуру, де кожен компонент відповідає за конкретний етап розробки. Процес починається з модуля ініціалізації, що включає завантаження даних та необхідних бібліотек, таких як Pandas та NumPy. Далі, модуль попередньої обробки даних виконує очищення, трансформацію, стратифіковане розділення на навчальну й тестову вибірки та масштабування ознак за допомогою інструментів Scikit-learn. Особливу увагу приділено модулю обробки дисбалансу класів, який застосовує техніки ресемплінгу, зокрема SMOTE та Tomek Links, через спеціалізовані пайплайни Imbalanced-learn для коректної підготовки навчальних даних. Центральним елементом є модуль побудови та навчання моделей, де на основі класифікаторів Scikit-learn, таких як Random Forest, відбувається виявлення шахрайських патернів, включаючи оптимізацію гіперпараметрів за допомогою GridSearchCV. Наступний модуль оцінки та валідації ретельно аналізує продуктивність навчених моделей на тестових даних, використовуючи широкий спектр метрик, чутливих до дисбалансу класів (Precision, Recall, F1-score, AUC-ROC, AUC-PR) та стратифіковану K-блокову крос-валідацію. Завершується процес модулем порівняння результатів та формування висновків, де візуалізуються ключові показники, що дозволяє обрати найефективнішу модель.

Таким чином, описана програмна реалізація, що базується на чітко визначених вимогах, модульній архітектурі та послідовному виконанні етапів обробки даних, моделювання та оцінки, становить комплексне та гнучке рішення для розробки системи виявлення фінансових шахрайств. Такий підхід забезпечує не тільки можливість ефективного експериментування з різними методами та параметрами, але й відтворюваність результатів та глибокий аналіз на кожному етапі дослідження.

Сучасні застосування NLP та LLM для виявлення когнітивних викривлень у процесі проєктування інформаційних систем

В. І. Безуглий, О. В. Кравченко

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

У сфері інформаційних технологій, та проєктуванні інформаційних систем зокрема, когнітивні викривлення (КВ) при ухваленні проєктних рішень можуть призводити до помилкових стратегічних кроків, недооцінки ризиків чи ігнорування альтернатив. Визнано, що підвищення усвідомлення КВ та їхнє контролювання може поліпшити співпрацю і адаптивність команд навіть в умовах високої невизначеності [1]. Саме тому в науці та проєктному менеджменті зростає інтерес до засобів, які здатні автоматично виявляти КВ та допомагати командам приймати більш зважені рішення.

Таб. І.

Приклади застосування NLP та LLM для виявлення КВ

Система	Опис та механізм дії	Мета використання
Автоматизована система аналізу тексту (2023-2024) [2]	Розпізнає 188 видів КВ (Кодекс КВ, 2016). Точність перевищила середній рівень людини-експерта. Тестувалась як на людських, так і на ШІ-згенерованих текстах.	Виявлення упереджень у текстах, написаних як людьми, так і ШІ. Оцінка упередженості самих мовних моделей.
ШІ-асистент для нарад (2025) [5]	NLP-модуль слухає дискусії керівників у реальному часі. Втручається, якщо обговорення однобоке або надто спирається на минулий досвід.	Виконує роль об'єктивного спостерігача під час нарад, допомагає ухвалювати більш збалансовані та обґрунтовані рішення.
Використання LLM з prompt engineering (2025) [3]	LLM використовується як детектор упереджень. Замість жорстких правил, система використовує спеціально розроблені текстові запити, щоб спонукати ШІ аналізувати аргументи та знаходити помилки.	Вбудовування перевірки на упередження у процес створення вмісту. Працює як розумний редактор, виділяючи фрагменти з КВ у звітах.
Аналіз комунікацій при зборі вимог (2025) [4]	Модель комунікації для виявлення упереджень під час інтерв'ю та воркшопів. Класифіковано 10 упереджень на етапі формулювання вимог і 12 — на етапі їх сприйняття.	Створення інструментів, що підказують аналітикам про можливі викривлення під час інтерв'ю чи аналізу нотаток.

В інформаційних технологіях рішення часто ґрунтуються на обговореннях і документах — текстових даних. Наше дослідження показує, що розвиток технологій обробки природної мови (natural language processing, NLP) та великих мовних моделей (large language model, LLM) за останні два роки відкрив нові можливості виявлення КВ у текстових даних (таблиця І).

NLP-алгоритми можуть обробляти великі обсяги неупорядкованого тексту (наприклад, листування, протоколи нарад, вимоги до систем) і шукати лінгвістичні маркери упереджень. Наприклад, аналіз мови може виявити емоційно забарвлені формулювання або слова, що сигналізують про фреймінг-ефект (вплив подачі інформації на вибір) [5].

Великі мовні моделі, такі як GPT-4 та аналогічні, можуть розуміти контекст і логіку тексту. На відміну від класичних підходів, що покладалися на ключові слова чи прості евристики, сучасні LLM здатні виявляти складні шаблони мислення. За допомогою спеціально спроектованих запитів (prompt engineering) мовні моделі можуть розпізнавати певні КВ чи приховані припущення у користувацьких текстах. Нейромережа фактично аналізує аргументацію і визначає, де автор підсвідомо відхиляється від об'єктивності. Такий підхід може з високою точністю ідентифікувати КВ, покращуючи об'єктивність вмісту [3]. Це особливо цінно для проєктних команд, що підкреслюють українські дослідники [1], оскільки дозволяє в режимі реального часу отримувати підказки про можливі КВ до того, як вони вплинуть на важливі рішення.

Варто зазначити, що успішне впровадження таких технологій залежить не лише від точності моделей, але й від готовності організацій довіряти ШІ-підказкам. Формування культури, де команда відкрита до зауважень ШІ щодо КВ, є важливою передумовою отримання повної вигоди від цих рішень [5]. Тож інтеграція технологій NLP та LLM для виявлення КВ у системи підтримки рішень разом з практиками проєктного менеджменту відкриває шлях до більш об'єктивних, зважених та успішних рішень у сфері інформаційних технологій.

Література

1. Осичка О. В., Ясинська С. Ю. (2024). Вплив когнитивних упереджень на прийняття рішень в Agile-командах, *Проблеми сучасних трансформацій. Серія: економіка та управління*, 16.
2. Atreides K., Kelley D. J. (2024). Cognitive biases in natural language: automatically detecting, differentiating, and measuring bias in text [online], *Cognitive Systems Research*, 101304. URL : doi: 10.1016/j.cogsys.2024.101304.
3. Lemieux F., Behr A., et al. (2025) *Cognitive bias detection using advanced prompt engineering*. DOI : 10.48550/arXiv.2503.05516.
4. Soriano N. A., Knauss E. (2025) Cognitive biases in requirements engineering: towards understanding their relevance from a communication perspective, *2025 IEEE 33rd international requirements engineering conference (RE), Sept. 1–5, 2025, Valencia, Spain* [online], pp. 582–585.
5. Theodorakopoulos L., Theodoropoulou A., Halkiopoulou C. (2025) Cognitive bias mitigation in executive decision-making: A data-driven approach integrating big data analytics, AI, and explainable systems, *Electronics*, 14(19), 3930.

Оцінювання ефективності LLM в інтелектуальних системах**М. Р. Бовтун, М. П. Костіков***Національний університет харчових технологій*

Великі мовні моделі (Large Language Models, LLM) нині широко впроваджуються в усі сфери нашого життя для найрізноманітніших завдань [1]. Використання таких моделей у інтелектуальних системах підтримки рішень створює нові виклики у сфері оцінювання їх ефективності.

Загалом проблемі оцінювання якості роботи LLM нині вже присвячено ряд сучасних наукових досліджень [2–4]. Проте традиційні системи оцінювання, що зазвичай орієнтовані на загальні знання, не завжди відображають якість роботи моделі у вузькоспеціалізованих задачах аналізу даних та керування [5].

Для надійної інтеграції LLM в організаційно-технічні комплекси необхідна комплексна система метрик, що оцінює не лише точність, але й безпеку, узгодженість та економічну доцільність їх використання.

Запропонований підхід до оцінки ефективності базується на багатовимірній системі критеріїв, що охоплює декілька ключових категорій. По-перше, якість та релевантність генерації, що включає семантичну якість, індекс когерентності та релевантність відповіді до початкового запиту. По-друге, надійність і безпека, де ключовим показником є ймовірність генерації «галюцинацій», а також автоматизована класифікація типів помилок.

Важливим аспектом є аналіз ефективності використання ресурсів. Ця група метрик відстежує кількість токенів на кожному етапі (вхідні, запити, вихідні), що безпосередньо впливає на обчислювальну вартість та затримку системи. Додатково, для оцінки якості тексту використовуються лінгвістичні метрики, такі як лексична різноманітність та семантична подібність між запитом та відповіддю.

Для виявлення прихованих закономірностей та аномалій у поведінці мовних моделей застосовуються методи семантичної кластеризації (наприклад, KMeans) та пошуку викидів (Isolation Forest, DBSCAN). Це дозволяє ідентифікувати групи запитів, де модель демонструє низьку ефективність або високу ймовірність галюцинацій. Комплексну систему критеріїв, що поєднує якісні, кількісні та аналітичні показники, наведено в Таб. 1.

Використання цієї деталізованої системи метрик, реалізованої через аналітичні панелі, дозволяє не лише проводити пасивний моніторинг, але й створювати замкнені цикли керування [6].

Наприклад, при перевищенні порогових значень галюцинацій чи нерелевантності, система може автоматично повідомляти відповідних фахівців про необхідність внесення змін або оптимізації запитів, що перетворює її на повноцінну інтелектуальну систему керування якістю в рамках сучасних інформаційних технологій.

Таб. 1

Ключові категорії, метрики та цілі оцінки ефективності мовних моделей

Категорія	Ключові метрики	Мета оцінки
Якість та Релевантність	semantic_quality_score, factual_accuracy	Адекватність та корисність відповіді.
Надійність та Безпека	hallucination_probability, error_classification	Виявлення ризиків та неправдивої інформації.
Ефективність Ресурсів	prompt_tokens, output_tokens	Оцінка обчислювальної вартості та швидкодії.
Лінгвістична Якість	lexical_diversity, coherence_index	Оцінка "природності" та читабельності тексту.
Аналітичні (Мета-метрики)	correlation_matrix, kmeans_clusters	Пошук аномалій та прихованих залежностей.

Література

1. Мельничук Р. В., Костіков М. П. (2025) Розроблення AI-нотатника для голосового фіксування думок, структурованих нотаток і задач із аналітикою, *Наук. пр. II міжнар. наук.-практ. конф. «Штучний інтелект та інформаційні технології», 3–4 червня 2025 р. (Київ, Україна)*, К. : НУХТ, с. 54–56.
2. Bolgova O., Ganguly P., Ikram M. F., Mavrych V. (2025) Evaluating large language models as graders of medical short answer questions: a comparative analysis with expert human graders, *Medical Education Online*, vol. 30, no. 1. DOI : <https://doi.org/10.1080/10872981.2025.2550751>.
3. Gong E. J., Bang C. S., Lee J. J., Baik G. H. (2025) Knowledge-Practice Performance Gap in Clinical Large Language Models: Systematic Review of 39 Benchmarks, *Journal of Medical Internet Research*, vol. 27, p. e84120. DOI : <https://doi.org/10.2196/84120>.
4. Chimirri L., Caufield J. H., Bridges Y., Matentzoglou N., Gargano M., et al. (2025) Consistent performance of large language models in rare disease diagnosis across ten languages and 4917 casesResearch in context, *eBioMedicine*, vol. 121, p. 105957. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2025.105957>.
5. Liang P., Bommasani R., Lee T., Tsipras D., Soylu D., et al. (2023) *Holistic Evaluation of Large Language Models* [online] Stanford University. URL : <https://arxiv.org/abs/2211.09110>.
6. Попович О. Р., Ковалюк Т. В. (2020) Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень: огляд та перспективи, *Управління розвитком складних систем*, 41, с. 112–118.

Дослідження впливу штучного інтелекту на сучасний ринок праці**М. Ю. Богуславський, Є. Б. Калюжний, В. В. Гавриленко***Національний транспортний університет, Київ, Україна***О. С. Бондар, Н. І. Ляшко, В. С. Ляшко***Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, Київ, Україна*

Штучний інтелект (ШІ) стає ключовим чинником структурних змін на глобальному ринку праці. За даними міжнародних організацій, зокрема WEF та OECD, автоматизації підлягає 20–40% рутинних операцій у промисловості, сфері послуг та адміністративній діяльності. Зростання продуктивності праці, прискорене інтеграцією інтелектуальних систем у виробничі й управлінські процеси, водночас супроводжується підвищенням вимог до цифрових компетентностей працівників. Крім того, необхідність розвитку інших банківських операцій, таких як операції з цінними паперами, факторинг, лізинг, зумовлена потребою диверсифікації джерел доходу та зниження концентрації ризиків. Наприклад, операції з цінними паперами дозволяють банкам отримувати додатковий дохід і надавати клієнтам ширший спектр фінансових послуг, що сприяє підвищенню конкурентоспроможності банків. Розвиток факторингових і лізингових операцій, які в країнах з розвинутою економікою є звичними фінансовими інструментами, також дозволить українським банкам розширити свої послуги і залучити нових клієнтів.

Одним з ключових механізмів впливу ШІ на зайнятість є перерозподіл трудових функцій між людиною і алгоритмічними системами. Аналітичні моделі McKinsey показують, що близько 60–70% професій включають окремі завдання, які можуть бути частково автоматизовані. Це не означає повне зникнення робочих місць, але приводить до зміщення їх структури. Так, у логістиці застосування систем прогнозування попиту зменшує потребу в ручному плануванні, тоді як попит на аналітиків даних та фахівців з підтримки цифрових платформ зростає. Аналіз кредитоспроможності відіграє визначальну роль в процесі розгляду заявки на кредит і являє собою найбільш трудомісткий процес. Дані заходи дозволяють визначити проблемні кредити на ранній стадії їх виникнення, що в свою чергу підвищує можливості банку повернути свої кошти і запобігти можливим збиткам.

Для формалізації впливу автоматизації на продуктивність праці можна використати спрощену модель (1), де частка автоматизованих операцій α впливає на загальний обсяг виконаної роботи W :

$$W = W_0(1 + \beta\alpha), \quad (1)$$

де W_0 — початковий рівень продуктивності, β — коефіцієнт ефективності впровадження ШІ (зазвичай у межах 0,1–0,3 для типових процесів обробки інформації). Таким чином, навіть за автоматизації 20% операцій збільшення продуктивності може становити 2–6%, що дає суттєвий економічний ефект для масштабних організацій.

Значні зміни спостерігаються й у динаміці професійної структури ринку праці. За оцінками OECD, протягом найближчих 5 років попит на спеціалістів із машинного навчання, аналітики даних, фахівців з кібербезпеки та інтеграторів цифрових сервісів зростатиме на 20–35%. Натомість зниження попиту можливе в адміністративних та операторських професіях, де домінують повторювані операції. Табл. 1 ілюструє узагальнену тенденцію змін у структурі зайнятості.

Табл. 1

Орієнтовні тенденції зміни попиту на професії під впливом ШІ

Категорія професій	Динаміка попиту	Типові причини
Дані та аналітика	Зростання	Потреба у роботі з великими масивами даних
Кібербезпека	Зростання	Збільшення цифрової взаємодії та кіберризиків
Адміністративні професії	Спад	Автоматизація рутинних операцій
Операторські професії	Спад	Використання роботизованих систем

Важливо, що ефект ШІ не є однозначно негативним або позитивним. Автоматизація створює нові робочі місця, проте потребує перекваліфікації існуючої робочої сили. За WEF, близько 50% працівників у розвинених економіках потребуватимуть підвищення кваліфікації протягом найближчих трьох років. Це також стимулює розвиток програм професійного навчання та підготовки кадрів, орієнтованих на цифрові та аналітичні компетентності.

Водночас важливо враховувати, що трансформація ринку праці під впливом ШІ відбувається нерівномірно в різних секторах економіки. Галузі, пов'язані з творчою діяльністю, комунікацією та міжособистісною взаємодією, зазвичай зберігають більшу частку людської участі, тоді як сфери зі стандартизованими процесами швидше приймають автоматизацію. Це створює потребу в адаптації освітніх програм, орієнтованих не лише на технічні навички, а й на розвиток критичного мислення, уміння працювати з інформацією та інтегрувати цифрові інструменти у професійну практику.

Отже, розвиток ШІ формує нову модель ринку праці, де ключову роль відіграватимуть компетентності в роботі з інформаційними технологіями, адаптивність та здатність до безперервного навчання. Державні інституції, бізнес і освітні системи мають синхронізувати свої дії для запобігання дисбалансам між потребами ринку й можливостями робочої сили.

Література

1. OECD (2023) *AI and the Future of Work*. Paris: OECD Publishing.
2. World Economic Forum. (2023) *Future of Jobs Report 2023*. Geneva: WEF.
3. McKinsey Global Institute. (2023) *Generative AI and the Productivity Imperative*. New York: McKinsey.

Індустрія 4.0 і технології Big Data у сучасних системах управління**В. О. Божко***Національний університет харчових технологій*

Індустрія 4.0 стала ключовим етапом цифрової трансформації виробничих і управлінських систем. Вона об'єднує такі технології, як Інтернет речей, кіберфізичні системи, штучний інтелект, робототехніка та хмарні обчислення. Центральним елементом цих процесів є Big Data — великі, різноманітні й високошвидкісні набори даних, що утворюються в результаті взаємодії обладнання, сенсорів, цифрових платформ та користувачів.

Використання Big Data в системах управління в умовах Індустрії 4.0 забезпечує не тільки підвищення ефективності процесів, але й створює передумови для розробки адаптивних, прогностичних та автономних моделей управління. Управління на основі великих даних дозволяє суттєво підвищити прозорість бізнес-процесів. Дані, отримані з датчиків IoT, корпоративних БД, CRM-систем або виробничих ліній, акумулюються у централізованих сховищах і піддаються автоматичному аналізу. На відміну від традиційних методів, де інформація часто надходила із запізненням або була неповною, Big Data забезпечують оперативне відображення стану виробництва, обладнання та зовнішніх факторів. Це дозволяє керівникам приймати рішення швидше, точніше й на основі достовірних даних[0].

Важливою перевагою Big Data є можливість створення прогностичних моделей, здатних передбачати майбутні стани системи. Алгоритми машинного навчання аналізують історичні та потокові дані, виявляють закономірності та формують прогнози щодо поломок обладнання, зміни попиту чи виникнення логістичних ризиків. Такий підхід є основою концепції predictive maintenance, що дозволяє скорочувати витрати, підвищувати надійність системи та запобігати незапланованим простоям[0].

Паралельно з цим популярності набуває використання цифрових двійників — віртуальних копій реальних виробничих об'єктів, які синхронізуються з ними в режимі реального часу. Взаємодія цифрових двійників та Big Data дозволяє аналізувати поведінку обладнання в умовах різних сценаріїв, проводити тестування та оптимізацію без ризику для реального виробництва. Оновлення моделі здійснюється на основі потокових даних, що значно підвищує точність прогнозів та ефективність управлінських рішень [0].

Автономізація процесів, яку забезпечує Індустрія 4.0, також напряму залежить від Big Data. Кіберфізичні системи — роботизовані або автоматизовані установки — здатні самостійно коригувати свої дії відповідно до даних, що надходять у режимі реального часу. Це формує нову модель управління, у якій алгоритми відіграють не лише допоміжну, а й самостійну функцію у прийнятті рішень. У результаті підприємства отримують можливість

значно підвищити точність і швидкість роботи систем без додаткового людського втручання.

У межах запропонованого підходу передбачається інтеграція потокових даних від IoT-сенсорів виробничого обладнання з цифровою моделлю відповідного агрегату. Дані про температуру, навантаження, вібрації та енергоспоживання передаються у Big Data-платформу, де проходять попередню обробку та аналіз. Алгоритм машинного навчання, навчаючись на історичних даних, визначає ймовірність настання критичної відмови або зниження ефективності роботи.

Після виявлення потенційного ризику система взаємодіє з цифровим двійником, моделюючи різні варіанти реагування: зниження навантаження, переведення агрегату в інший режим роботи, перерозподіл ресурсів між лініями або запуск планового технічного обслуговування. У разі підтвердження ризику система автоматично надсилає рекомендації технічному персоналу або виконує попередньо визначені коригувальні дії.

Завдяки такому інтегрованому підходу забезпечується підвищення точності прогнозних моделей на 15–20%, зменшення ризику аварійних відмов та оптимізація графіків ремонту, що позитивно впливає на безперервність виробництва. Наукова новизна полягає у поєднанні потокових сенсорних даних із цифровими двійниками та машинним навчанням для створення більш точних моделей прогнозування порівняно з класичними статистичними методами.

Big Data відіграють ключову роль у розвитку систем управління в умовах Індустрії 4.0. Їх інтеграція з IoT-технологіями, машинним навчанням та цифровими двійниками забезпечує новий рівень ефективності, надійності та автономності виробничих і управлінських процесів. Запропонований підхід демонструє значний потенціал для подальшої оптимізації виробництва й побудови систем, здатних працювати за проактивною моделлю управління. У перспективі такі рішення можуть стати базовим стандартом для підприємств, що прагнуть цифрової трансформації та зміцнення конкурентних позицій.

Загалом розвиток Big Data у поєднанні з технологіями Індустрії 4.0 формує основу для створення високорозумних виробничих екосистем, здатних до самонавчання та безперервного вдосконалення. У результаті такі цифрові рішення стають стратегічним інструментом розвитку сучасних компаній, сприяючи їхній адаптивності та здатності відповідати вимогам ринку.

Література

1. Taylor & Francis (2021) *Big data analytics in manufacturing: a bibliometric analysis*. URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0098135421001010>.
2. Chen X., Liu M., et al. (2021) *Review of digital twin: concepts, technologies and applications*. URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0278612520301072>.
3. Sisode M., Devare M. (2023) *A Review on Machine Learning Techniques for Predictive Maintenance in Industry 4.0*. URL : https://www.researchgate.net/publication/370425575_A_Review_on_Machine_Learning_Techniques_for_Predictive_Maintenance_in_Industry_40.

**Порівняльний аналіз фінансової стійкості українських банків
на основі відкритих даних НБУ за 2020–2025**

В. О. Божко

Національний університет харчових технологій

Фінансова стійкість банківського сектору України є ключовим чинником економічної стабільності, особливо в умовах кризових явищ, таких як пандемія COVID-19 та повномасштабна війна 2022 року. Ці події суттєво вплинули на ліквідність, структуру активів та кредитний портфель банків, підкреслюючи важливість прозорого та системного аналізу фінансового стану установ.

Використання відкритих даних Національного банку України (НБУ) дає змогу здійснювати прозорий і всебічний аналіз діяльності банків, що є важливим для оцінки фінансової стійкості сектору. Відкриті показники дозволяють об'єктивно порівнювати установи за рівнем капіталізації, якістю активів, ліквідністю та прибутковістю, а також своєчасно виявляти потенційні ризики та відхилення у їхній роботі.

Для опрацювання великих масивів даних у дослідженні застосовуються сучасні інструменти: Python — для збору, очищення та статистичної обробки інформації, CSV — як зручний структурований формат її збереження, а Power BI — для створення інтерактивних візуалізацій і дашбордів. Така інтеграція технологій забезпечує швидкість аналізу, підвищує точність оцінок та підтримує ухвалення обґрунтованих управлінських рішень.

Крім того, інтеграція сучасних інструментів аналізу даних дозволяє проводити не лише описову статистику, але й глибокий порівняльний аналіз, включно з кластеризацією банків за ризиковим профілем, тестуванням на значущість відмінностей між групами і стрес-тестуванням за різними сценаріями. Такий комплексний підхід підвищує точність оцінки фінансової стійкості та забезпечує основу для стратегічного планування і управління ризиками як на рівні окремих банків, так і банківського сектору в цілому [1].

Такий підхід дозволяє не лише порівняти банки різних груп — державні, великі приватні та малі регіональні установи — а й виявити кластери підвищеного ризику, сформулювати рекомендації для регуляторів та керівництва банків щодо підвищення фінансової стійкості, а також забезпечує прозорість і відтворюваність результатів дослідження [2].

Метою дослідження є порівняльний аналіз фінансової стійкості банків України за період 2020–2025 рр. на основі відкритих даних Національного банку України (НБУ) [4]. У роботі використано публічні статистичні набори НБУ, зокрема щомісячні та квартальні показники капіталізації, ліквідності, якості активів, прибутковості та структурних характеристик банківського сектора. Для автоматизованого збирання, очищення та підготовки даних застосовано інструменти Python (бібліотеки *pandas*, *numpy*, *matplotlib*) з імпортом даних у форматах CSV та інтеграцією у візуалізаційне середовище Power BI, що забезпечило гнучкість і відтворюваність аналітичного процесу.

Ключовими показниками дослідження виступили: коефіцієнти достатності капіталу (CAR, Tier1), частка проблемних кредитів (NPL), коефіцієнти ліквідності (LCR, NSFR), а також рентабельність банків (ROA, ROE). На основі даних НБУ сформовано динамічні часові ряди та проведено порівняння між групами банків — державними, великими приватними, іноземними та малими установами. Python забезпечив проведення глибокого статистичного аналізу, зокрема нормалізації показників, кластеризації та тестування відмінностей між групами, тоді як Power BI застосовувався для побудови інтерактивних дашбордів та візуальної оцінки трендів.

Результати аналізу свідчать, що в період 2020–2022 рр. банківський сектор витримав шоки пандемії COVID-19 та повномасштабної війни завдяки запровадженню НБУ регуляторним послабленням та високому рівню ліквідності системи. У 2023–2025 рр. структура активів сектора поступово стабілізувалася, але збереглися суттєві відмінності між групами банків: державні банки демонстрували вищий рівень капіталізації, тоді як малі та регіональні банки залишались більш чутливими до кредитних ризиків і змін ринку [3]. Аналіз NPL показав повільне, але стабільне зниження частки проблемних кредитів, хоча темпи різнилися між групами.

Застосування методів машинної обробки даних у Python дозволило провести кластерний аналіз та побудувати ризик-профілі банків, що допомогло виокремити групи з підвищеною вразливістю. Інтерактивні моделі Power BI дали змогу візуально оцінити сценарії стрес-тестування й порівняти ключові показники в режимі реального часу. Такий комплексний підхід сприяє більш точному виявленню системних ризиків і формуванню практичних рекомендацій щодо підвищення фінансової стійкості банків.

Синергія відкритих даних НБУ, інструментів обробки даних у Python, аналітичних можливостей Power BI та структурованих форматів CSV забезпечує прозорий, масштабований і точний порівняльний аналіз фінансової стійкості банків України. Отримані результати дозволяють виділити ключові тенденції розвитку сектору у 2020–2025 рр., виявити кластери підвищеного ризику та сформулювати практичну основу для регуляторних і корпоративних рішень. Використання цих даних і аналітичних методів сприяє підвищенню ефективності управлінських рішень та зміцненню стабільності банківської системи в майбутньому.

Література

1. Асоціація українських банків (2025) *Аналітика банківського сектору України*. URL : <https://aub.org.ua/analitika-aub>.
2. Закон України «Про банки і банківську діяльність» від 07.12.2000 № 2121-III (зі змінами і доповненнями). URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2121-14>.
3. Національний банк України (2025) *Перелік системно важливих банків*. URL : <https://bank.gov.ua/ua/supervision/about/sib/chronology-sib>.
4. Національний банк України (2025) *Статистика банківського нагляду*. URL : <https://bank.gov.ua/ua/statistic/supervision-statist>.

Застосування машинного навчання для задач вимірювання витрати

М. І. Бугайчук, В. І. Роман

Національний університет "Львівська політехніка"

Сучасні системи вимірювання витрати плинних середовищ відіграють важливу роль у багатьох галузях промисловості, енергетиці, газотранспортній та комунальній сферах України. Високі вимоги до точності, надійності та адаптивності таких систем зумовлюють застосування новітніх підходів. Це викликано двома факторами: тим, що традиційні методи в окремих випадках є трудомісткими та часто обмеженими в умовах реальної експлуатації [1]; тим, що існує ряд питань, відповіді на які досі вважаються відкритими [1].

Методи машинного навчання (ММН) надають нові можливості для вирішення багатьох проблем завдяки своїй здатності виявляти складні залежності у даних, адаптуватися до змінних умов та підвищувати точність вимірювань [2-6]. Кожен із ММН має свої переваги та недоліки, а вибір конкретного підходу залежить від обсягу чи типу доступних даних, та характеру задачі.

Отримавши достатню вибірку наукових праць, нами було проведено їх детальний аналіз. Одним із результатів, стало розроблення класифікації сфер застосування ММН для вирішення задач в галузі автоматизованого вимірювання витрати. Вигляд розробленої класифікації наведено на рис. 1, де продемонстровано класифікацію сфер застосування ММН для вирішення задач в галузі автоматизованого вимірювання витрати. Нами було сформовано п'ять основних сфер застосування ММН, це: прогнозування витрати, адаптивне вимірювання витрати, удосконалення процесу калібрування, розрахунок параметрів потоку та нові підходи щодо вимірювання.

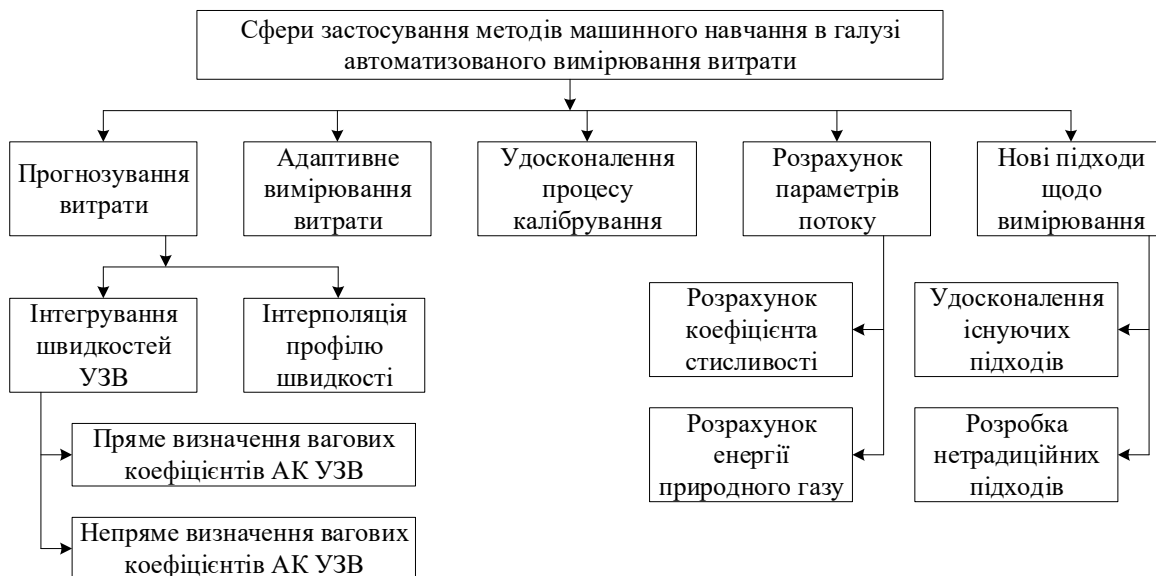


Рис. 1. Класифікація сфер застосування ММН для розв'язання задач в галузі автоматизованого вимірювання витрати

Прогнозування витрати (через профіль швидкості) особливо в умовах спотворень структур потоку, є надзвичайно актуальною задачею для автоматизованих систем на базі багатоканальних хордових ультразвукових витратомірів (УЗВ).

Адаптивне вимірювання витрати полягає в розробці нечутливих, адаптованих до змін параметрів вимірювального середовища, систем вимірювання витрати. В нашому розумінні, адаптивне вимірювання витрати передбачає таку роботу автоматизованої системи, коли витратомір підлаштовує свою роботу до змін параметрів вимірювального середовища або змін характеристик трубопроводу.

Удосконалення процедури калібрування із застосуванням ММН дозволяє створити надійні методи перевірки стану УЗВ (та інших витратомірів) на основі векторів діагностичних параметрів, що дозволяє оцінювати похибку вимірювання витрати в режимі реального часу. Це, своєю чергою, дає змогу надавати докази відповідності витратоміра встановленим вимогам навіть після тривалого періоду експлуатації, що може бути підставою для відтермінування повторного калібрування (TUV-NEL, 2012).

Розрахунок параметрів потоку (коефіцієнт стисливості, до прикладу) із застосуванням ММН дозволяє замінити класичні аналітичні підходи для розрахунку важливих при автоматизованому вимірюванні витрати параметрів потоку. Нові підходи щодо вимірювання передбачає кардинального удосконалення існуючих витратомірів та розробки нових нетрадиційних підходів до вимірювання витрати із застосуванням ММН.

Література

1. ISO 17089-1:2019. *Measurement of fluid flow in closed conduits – Ultrasonic meters for gas. Part 1: Meters for custody transfer and allocation measurement.* – Replaces ISO 17089-1:2010 ; effective from 2019-08-01. – Official edition, Geneva : International Organization for Standardization, 2019, 114 p.

2. Thilagavathi S., Rahul R. R. (2025) Machine Learning with Applications. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)*, 13(5), pp. 7220–7224. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2025.71812>.

3. Raju K. S., Kumar D. N. (2025) Artificial Intelligence and Machine Learning Techniques in Engineering and Management, Singapore: Springer, 266 p. <https://doi.org/10.1007/978-981-96-2621-2>

4. Sarker I. H. (2021) Machine Learning: Algorithms, Real-World Applications and Research Directions. *Sn. Comput. Sci*, 2(160). <https://doi.org/10.1007/s42979-021-00592-x>.

5. Mishra A. A. (2024) Comprehensive Review of Artificial Intelligence and Machine Learning: Concepts, Trends, and Applications, *International Journal of Scientific Research in Science and Technology*, 11(5), pp. 126–142. <https://doi.org/10.32628/IJSRST2411587>

6. Razzaq K., Shah M. (2025) Machine Learning and Deep Learning Paradigms: From Techniques to Practical Applications and Research Frontiers, *Computers*, 14(3). URL : <https://doi.org/10.3390/computers14030093>.

Експертна система підбору графічних процесорів

Д. Ю. Булій, О. В. Харкянен

Національний університет харчових технологій

Ринок графічних процесорів (ГП) швидко оновлюється, що ускладнює вибір оптимальної моделі для виконання конкретних задач. Таким чином, виникає потреба у інформаційних системах, які не лише збирають технічні дані, а й здійснюють їх комплексний аналіз з метою автоматизації підбору графічних процесорів у відповідності з потребами користувачів.

Розроблена експертна система автоматичного підбору графічних процесорів базується на впровадженні комбінованого підходу з використанням алгоритмів кластеризації K-Means та DBSCAN. Це дозволяє одночасно виділяти основні групи відеокарт та коректно обробляти моделі з нетиповими характеристиками.

Алгоритм кластерного аналізу K-Means поділяє відеокарти на сегменти за сумарною продуктивністю, ціною та співвідношенням значення продуктивності до ціни, формуючи однорідні групи: офісні, ігрові, графічно-рендерингові, 3D-орієнтовані та відеокарти для майнінгу, а також для AI/ML-обчислень. Система також автоматично визначає ціновий сегмент, що дозволяє об'єктивно розподілити моделі за вартістю та практичною доцільністю.

Алгоритм DBSCAN доповнює цей підхід, оскільки здатен виявляти природні кластери у даних навіть при нерівномірному розподілі характеристик, а також відсіювати аномальні чи шумові відеокарти.

Експертна система формує інтегральний показник ефективності для кожної відеокарти. Він обчислюється на основі сумарної продуктивності тестів, середньої підтримки API, стабільності показників, енергетичної ефективності та бального інтегрального обчислення з подальшим корегуванням відносно вартості, що дозволяє визначити реальну цінність відеокарти для користувача.

Експертна система реалізована мовою Python із веб-фреймворком Django. Для обробки даних застосовано бібліотеки pandas та NumPy, що дозволили ефективно працювати з великими таблицями, порівнювати графічні процесори та наочно відображувати відмінності. Розробка забезпечує адаптивний, точний і прозорий алгоритм підбору графічних процесорів, що базується на багатофакторному аналізі, методах машинного навчання та об'єктивному порівнянні моделей у межах кожного сегменту.

Література

1. Бакуменко Н. С., Толстолузька О. Г., Ясінський Я. А. (2024) Аналіз алгоритмів кластеризації для надання рекомендацій товарів, *Вісник Харківського національного університету імені В.Н.Каразіна*, вип. 61.

2. Гавриленко О., Чимшир В., Жаріков Е., Теленик С., Амонс О. (2024) Метод формування пакетів сервісів за допомогою алгоритмів кластеризації, *Міжвідомчий науково-технічний збірник «Адаптивні системи автоматичного управління»*, № 1 (44).

Архітектура нейронних мереж для data-driven модельно-прогнозуючого керування мікрокліматом в закладах громадського харчування

І. В. Величко

Національний університет харчових технологій

Модельно-прогнозируюче керування (МРС) — це стратегія віддалення горизонту, яка використовує модель системи, що керується, для прогнозування її майбутніх станів та обчислення відповідних команд за допомогою задачі обмеженої оптимізації[1].

У розробці data-driven систем модельно-прогнозуючого керування, особливо для складних нелінійних динамічних об'єктів, вибір архітектури моделі та алгоритму її навчання є ключовим етапом.

Для розробки data-driven моделей виділяють такі, основні, архітектури нейронних мереж:

1. Нейронні мережі прямого поширення [2] (Feedforward Neural Networks, FFNN).
2. Рекурентні нейронні мережі [3] (Recurrent Neural Networks, RNN):
 - Мережі довгої короткочасної пам'яті (Long Short-Term Memory, LSTM).
 - Мережі з керованими рекурентними блоками (Gated Recurrent Units, GRU).
 - Нелінійні авторегресійні із зовнішніми входами (Nonlinear Autoregressive Exogenous Model, NARX).

Вибір архітектури проводився на зібраних часових рядах роботи автоматичної системи регулювання макроклімату в закладі громадського харчування. Загальний обсяг зібраних даних склав понад 75 тисяч часових зрізів. Для оцінки якості навчання (Рис.1) було використано отримані значення середньо квадратичної помилки (MSE) та середньо абсолютної помилки (MAE).

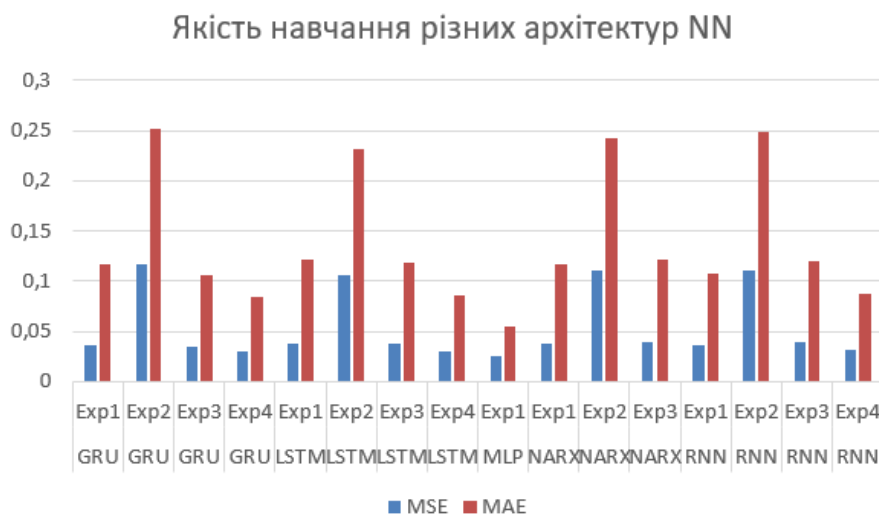


Рис. 1. Якість навчання різних архітектур NN.

Було проведено серію експериментів з застосуванням різних архітектур, а саме MLP, RNN, LSTM, GRU, NARX та підбором максимально задовільних значень гіперпараметрів нейронних мереж (Таб. 1).

Таб.1. Налаштування значень гіперпараметрів.

Архітектура	Exp.№	time steps	units	layers	dropout
GRU	Exp1	15	64	1	0,1
GRU	Exp2	30	128	2	0,3
GRU	Exp3	15	32	1	0,1
GRU	Exp4	10	16	1	0,05
LSTM	Exp1	15	64	1	0,1
LSTM	Exp2	30	128	2	0,3
LSTM	Exp3	15	32	1	0,1
LSTM	Exp4	10	16	1	0,05
RNN	Exp1	15	64	1	0,1
RNN	Exp2	30	128	2	0,3
RNN	Exp3	15	32	1	0,1
RNN	Exp4	10	16	1	0,05

Найкращою виявилася архітектура MLP (MSE 0.02493, MAE 0.05431). Дуже близько позаду — компактні рекурентні моделі з коротким вікном: GRU з 10 кроками та 16 юнітами (0.02958; 0.08496) і LSTM з однаковими значеннями гіперпараметрів (0.02974; 0.08509).

Головна закономірність — процес має коротку ефективну “пам’ять”: 10 хв історії вистачає, щоб описати динаміку, а довші вікна лише підсилюють шум і нестационарність. Менші моделі з одним шаром і невеликим dropout (0.05–0.1) узагальнюють краще за великі та глибокі мережі. За таких умов перевага гейтованих архітектур майже нівелюється: GRU/LSTM із коротким вікном лише трохи випереджають просту RNN, а MLP взагалі випереджає всіх — очевидний сигнал, що завдання ближче до короткочасного регресора, ніж до складної довгопам’ятної послідовності.

Для подальшого застосування в модельно-прогнозуючому керуванні мікрокліматом в закладах громадського харчування базовою моделлю доцільно обрати MLP — вона точніша й найлегша обчислювальна. Як надійний резерв тримайте GRU або LSTM у конфігурації 10×16×1 з малим dropout: вони майже не програють у якості.

Література

1. Schwenzer M. et al. (2021) Review on model predictive control: an engineering perspective, *Int. J. Adv. Manuf. Tech.*, vol. 117, pp. 1327–1349.
2. Caicedo-Vivas J. S., Alfonso-Morales W. (2023) Short-Term Load Forecasting Using an LSTM Neural Network for a Grid Operator, *Energies*, vol. 16, no. 23, p. 7878. URL: <https://doi.org/10.3390/en16237878>.
3. Durand D., Aguilar J., R-Moreno M. D. (2022) An Analysis of the Energy Consumption Forecasting Problem in Smart Buildings Using LSTM, *Sustainability*, vol. 14, no. 20, p. 13358. URL: <https://doi.org/10.3390/su142013358>.

Інтелектуальна система підтримки розвитку проєкту BESS**Д. В. Горбатюк, С. В. Грибков***Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

Системи накопичення енергії на базі батарей (Battery Energy Storage System, BESS) поступово стають невід'ємною частиною сучасних енергетичних ринків. Вони беруть участь у балансуванні виробництва та споживання, наданні допоміжних послуг, згладжуванні профілю генерації з відновлюваних джерел та підвищенні надійності енергосистеми.

Зі зростанням кількості таких проєктів збільшується й обсяг даних: ринкові ціни, результати торгів, графіки навантаження, технічні параметри, історія простоїв, сервісні події тощо. Часто ці дані розподілені між різними системами, що ускладнює їх цілісний аналіз і довгострокове планування розвитку BESS-портфелів.

У міжнародній практиці вже з'явився ряд рішень, які поєднують керування системами накопичення з їх аналітикою та оптимізацією. Платформа Tesla Autobidder надає інструменти для автоматизованої торгівлі й керування батарейними активами в реальному часі, орієнтуючись на максимізацію доходу за заданими стратегіями та обмеженнями [1]. Компанія Fluence розвиває цифрову платформу Fluence IQ, що інтегрує дані з різних активів і використовує прогнозування, оптимізацію портфеля та автоматизоване формування заявок на ринок для підвищення прибутковості та керованості BESS-проєктів [2].

Дослідницькі організації також пропонують інструменти для моделювання та аналізу систем накопичення. Національна лабораторія відновлюваної енергетики США (NREL) підтримує набір відкритих моделей і програмних засобів для оцінки техніко-економічних характеристик енергетичних технологій, включно з системами зберігання енергії, сценарним моделюванням та аналізом впливу на енергосистему [3].

Окремо розвиваються платформи ринкової аналітики, які надають учасникам ринку референсні ціни, показники ризику та аналітику для угод з BESS. Наприклад, компанія Rexarark пропонує інструменти для оцінки BESS tolling-контрактів, аналізу доходів та формування довгострокових стратегій роботи активів [4].

Попри наявність таких рішень, їх використання розробниками й операторами BESS не завжди є простим: частина платформ орієнтована на великих міжнародних гравців і вимагає значних інвестицій та спеціалізованої інтеграції, інші інструменти сфокусовані лише на окремих аспектах (наприклад, тільки на технічному моделюванні або лише на фінансовій частині).

Для компаній, що працюють з BESS у конкретних юрисдикціях, виникає потреба в більш прикладних, гнучких та зрозумілих інструментах, які можуть працювати з реальними даними конкретного портфеля та задачами окремих команд.

У межах дослідження вивчаються можливості створення інтелектуальної системи підтримки розвитку проєкту BESS, орієнтованої на практичне використання аналітиками та розробниками продуктів для енергетичного ринку. На відміну від універсальних комерційних платформ широкого призначення, система розглядається як прототип інструменту, що підтримує основні етапи роботи з BESS-проєктами: від первинної оцінки ідеї та конфігурації до аналізу результатів експлуатації й пошуку напрямів подальшого розвитку.

Запропонована система включає кілька взаємопов'язаних модулів. Модуль збору та нормалізації даних агрегує цінові ряди, результати торгів, технічні параметри активів і допоміжні контекстні показники з різних джерел (ринкові платформи, внутрішні сховища даних, відкриті набори). Аналітичне ядро забезпечує моделювання сценаріїв роботи BESS з урахуванням обмежень обладнання, ринкових правил і заданих стратегій управління. Окремий блок розраховує ключові метрики — очікуваний дохід, варіативність результатів, завантаження ресурсу батарей, чутливість до змін вхідних припущень.

Особлива увага приділяється прозорості розрахунків для користувача. Результати подаються у вигляді дашбордів, таблиць та графіків, де розділено внесок окремих факторів: ринку, операційних обмежень, режимів керування. Це дозволяє не лише оцінювати один «кращий» сценарій, а й порівнювати альтернативи, бачити проміжні компроміси та розуміти, за рахунок яких змін покращується чи погіршується економіка проєкту. Такий підхід робить прототип системи корисним як навчальний та аналітичний інструмент для технічних спеціалістів і продуктових команд.

Апробація розробленого прототипу планується на основі реальних або наближених до реальних даних з портфеля BESS-проєктів, що працюють на конкурентних енергетичних ринках. Це дасть змогу оцінити адекватність моделей, перевірити якість вихідних припущень та зіставити розрахункові показники з фактичними результатами.

Очікується, що запропонований підхід сприятиме скороченню часу аналізу варіантів розвитку BESS, підвищенню обґрунтованості рішень і кращому розумінню впливу ринкових та технічних факторів на роботу систем накопичення енергії.

Література

1. Tesla (2025) *Autobidder* [online] URL : <https://www.tesla.com/support/energy/tesla-software/autobidder>.
2. Fluence (2025) *Fluence IQ* [online]. URL : <https://fluenceenergy.com/fluence-iq-digital-platform>.
3. National Renewable Energy Laboratory (NREL) (2025) *Data and Tools* [online]. URL : <https://www.nrel.gov/storage/data-tools>.
4. Pexapark (2025) *BESS Market Data & Insights* [online]. URL : <https://pexapark.com/bess-market-data-insights>.
5. National Renewable Energy Laboratory (NREL) (2025) *News* [online]. URL : <https://www.nrel.gov/news>.

Адаптивний метод фільтрації даних у поєднанні з вейвлет-перетворенням**А. С. Горпинченко, В. Д. Кишенько***Національний університет харчових технологій*

У сучасних системах обробки сигналів часто виникає потреба у видаленні завад, які спотворюють корисну інформацію. Традиційні методи фільтрації мають обмежену ефективність, особливо у випадках, коли характеристики шуму змінюються з часом. Вейвлет-перетворення забезпечує можливість аналізу сигналів одночасно у часовій та частотній областях, що робить його ефективним інструментом для адаптивної обробки.

Запропонований метод базується на дискретному вейвлет-перетворенні (DWT) для декомпозиції сигналу на рівні частотних складових. Формально DWT визначається як:

$$W_{\{j,k\}} = \sum x(n) \psi_{\{j,k\}}(n) \quad (1)$$

де $\psi_{\{j,k\}}(n)$ — вейвлет-база,

$x(n)$ — вхідний сигнал,

$W_{\{j,k\}}$ — вейвлет-коефіцієнти.

На кожному рівні застосовується адаптивний фільтр, параметри якого змінюються залежно від локальних характеристик сигналу та шуму. Для фільтрації використовується алгоритм найменших середніх квадратів (LMS):

$$\begin{aligned} y(n) &= \sum_{i=0}^{M-1} w_i(n) x(n-i) \\ e(n) &= d(n) - y(n) \\ w_i(n+1) &= w_i(n) + \mu e(n) x(n-i), \end{aligned} \quad (2)$$

де $y(n)$ — вихід фільтра,

$d(n)$ — бажаний сигнал,

$e(n)$ — помилка,

μ — крок адаптації,

$w_i(n)$ — коефіцієнти фільтра.

Проведене моделювання показало, що поєднання адаптивної фільтрації з вейвлетами забезпечує покращення співвідношення сигнал/шум (SNR) на 15–25% у порівнянні з класичними методами. Особливо ефективним метод є при обробці нестационарних сигналів, таких як біомедичні або акустичні дані.

Адаптивний метод фільтрації даних з вейвлет-перетворенням демонструє високу ефективність при очищенні сигналів від шумів різної природи. Перспективою подальших досліджень є застосування нейромереж для автоматичного вибору оптимальної бази вейвлетів і покращення швидкодії.

Література

1. Mallat S. (1999) *A Wavelet Tour of Signal Processing*. Academic Press. 2nd ed.
2. Haykin S. (2002) *Adaptive Filter Theory*, 4th ed. Prentice Hall.
3. Лагун А., Лагун І. (2013) Використання вейвлет-перетворення для приховування інформації в нерухомих зображеннях, *Захист інформації і безпека інформаційних систем*, с. 98–99.

М'яке та жорстке порогування в обробці сигналів

А. С. Горпинченко, В. Д. Кишенько

Національний університет харчових технологій

Порогування є ключовим методом у обробці сигналів, зображень та шумозаглушенні, зокрема в wavelet-трансформаціях. Застосовується для видалення шумових компонент шляхом встановлення порогу для коефіцієнтів. Жорстке порогування (hard thresholding) різко обрізає малі значення, тоді як м'яке (soft thresholding) забезпечує плавний перехід, зменшуючи артефакти.

У синергетиці автоматизації виробничих процесів ці методи використовуються для оптимізації сигналів від сенсорів, наприклад, у моніторингу обладнання. Сприяють стійкості, зменшуючи помилки в реальному часі.

$$\hat{d}_{\text{hard}} = \begin{cases} d, & \text{якщо } |d| \geq \gamma \\ 0, & \text{якщо } |d| < \gamma \end{cases} \quad (1)$$

де d — коефіцієнт wavelet-трансформації сигналу; γ — пороговий рівень.

Це зберігає великі коефіцієнти без змін, але вводить розриви, що може генерувати осциляції.

$$\hat{d}_{\text{soft}} = \text{sign}(d) * \max(|d| - \gamma, 0) = \begin{cases} d - \gamma, & \text{якщо } |d| \geq \gamma \\ d + \gamma, & \text{якщо } |d| \leq \gamma \\ 0, & \text{якщо } |d| \leq \gamma \end{cases} \quad (2)$$

Зменшує абсолютне значення коефіцієнтів на γ , забезпечуючи неперервність і кращу реконструкцію сигналу.

У автоматизованих системах, таких як комп'ютерне зірлення для контролю якості або вібраційний аналіз машин, жорстке порогування застосовується для швидкого видалення шуму в бінарних рішеннях (наприклад, детекція дефектів). М'яке — для точного моделювання, наприклад, у адаптивних фільтрах Kalman з wavelet-декомпозицією.

У синергетиці воно моделює еволюцію параметрів порядку. Переваги м'якого: менші артефакти, краща стійкість; жорсткого: простота обчислень. Недоліки: жорстке — чутливе до шуму, м'яке — може згладжувати корисні деталі.

М'яке та жорстке порогування є фундаментальними інструментами для шумозаглушення в автоматизації. Подальші дослідження — у гібридних методах з машинним навчанням для адаптивного вибору γ .

Література

1. Donoho D. L. (1995) De-noising by soft-thresholding. *IEEE Transactions on Information Theory*, 41(3), 613–627.
2. Chang S. G., Yu B., Vetterli M. (2000) Adaptive wavelet thresholding for image denoising and compression. *IEEE Transactions on Image Processing*, 9(9), 1532–1546.

Розпізнавання графічних образів з використанням нейромереж**О. В. Зайцев, О. П. Ковальчук***Національний транспортний університет, Київ, Україна*

У сучасних умовах розвитку комп'ютерних технологій, штучного інтелекту та обробки великих даних задачі розпізнавання графічних образів посідають центральне місце серед напрямів прикладної інформатики. Розпізнавання зображень є ключовим компонентом систем комп'ютерного зору, що забезпечують сприйняття та інтерпретацію візуальної інформації машинами.

Ці технології активно застосовуються у таких сферах, як системи безпеки та відеоспостереження, біометрична ідентифікація, медицина, транспорт, робототехніка, промисловість та цифрова освіта [1–3].

Одним із найефективніших методів реалізації систем розпізнавання є використання штучних нейронних мереж (ШНМ), які моделюють роботу біологічних нейронів і мають здатність навчатися на великих обсягах даних, виявляючи приховані закономірності та узагальнюючи інформацію. На відміну від класичних алгоритмів класифікації, нейромережеві підходи не потребують ручного визначення ознак, що значно підвищує гнучкість і точність моделей.

Для оптимізації процесу навчання нейромереж застосовуються різні алгоритми оптимізації, серед яких найпоширенішими є градієнтний спуск (Gradient Descent) та його модифікації — Adam, RMSprop, AdaGrad тощо.

Ці методи дозволяють мінімізувати функцію втрат і забезпечують поступове наближення до оптимальних параметрів моделі. Крім того, важливим аспектом є вибір функцій активації (ReLU, sigmoid, tanh) та регуляризаційних методів (dropout, batch normalization), які запобігають перенавчанню нейромереж.

Розпізнавання графічних образів із використанням нейромереж є одним із найбільш перспективних напрямів розвитку штучного інтелекту. Поєднання глибоких нейронних мереж, ефективних алгоритмів навчання та сучасних обчислювальних технологій дозволяє створювати системи, що перевершують традиційні методи за точністю та швидкістю.

Подальше вдосконалення архітектур нейромереж і методів навчання сприятиме розширенню можливостей комп'ютерного зору та впровадженню інтелектуальних технологій у різні галузі людської діяльності.

Література

1. Глинський Я. М., Кузьменко О. М. (2021) *Штучні нейронні мережі та їх застосування в інтелектуальних системах*. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 312 с.
2. Семенов О. І., Тихомиров С. О. (2020) *Системи комп'ютерного зору: теорія та практика*. К. : КНУ ім. Т. Шевченка, 288 с.
3. Мельник В. П., Шевчук А. Г. (2019) *Обробка зображень і розпізнавання образів*. Х. : ХНУРЕ, 356 с.

Алгоритм нечіткого управління напругою трансформатора в системі електрозабезпечення з активними споживачами

П. О. Зінкевич, С. М. Балюта, Л. О. Копилова

Національний університет харчових технологій

Ю. В. Куєвда

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Розвиток розподіленої генерації, зокрема встановлення у споживачів фотоелектричних систем (ФЕС), призводить до появи активних споживачів і обумовлює нестабільності напруги в низьковольтних мережах. Напруга у вузлах мережі залежить від потужності живлення, часу доби, пори року, а також від споживання та генерації енергії споживачами. Традиційні методи стабілізації напруги не враховують зміну режимів роботи споживачів, перехід від режиму споживання до режиму генерації ЕЕ, тому виникає потреба у використанні інтелектуальних алгоритмів керування, зокрема нечіткої логіки.

Розроблено алгоритм нечіткого управління положенням перемикача без збудження (ПБЗ) трансформатора за рахунок використання електронного комутатора, що забезпечує стабілізацію напруги та мінімальну кількість перемикачів при зміні генерації та навантаження в умовах реального часу. Для управління використовується значення відхилення напруги у диктуючому вузлі та швидкість зміни активної потужності (градієнт потужності).

На рис. 1. показана функціональна схема системи регулювання напруги, яка використовує ПБЗ трансформатора і напівпровідниковий комутатор перемикачів виводів (РПН). Функціональна схема містить датчики напруги (ДН) та струму (ДС), а також мікроконтролер з нечітким регулятором. На основі сигналів з ДН та ДС контролер за нечітким алгоритмом формує керуючу команду на комутацію відповідного силового ключа. Діапазон регулювання напруги трансформатора $\pm 5\%$ із кроком $2,5\%$.

Вхідні змінні нечіткого контролера: знакове середнє відхилення напруги (U_{diff}) та градієнт активної потужності ($\Delta P/\Delta t$). Вихідна змінна – t_{ap} position – положення ПБЗ трансформатора (-5% , $-2,5\%$, 0% , $+2,5\%$, $+5\%$).

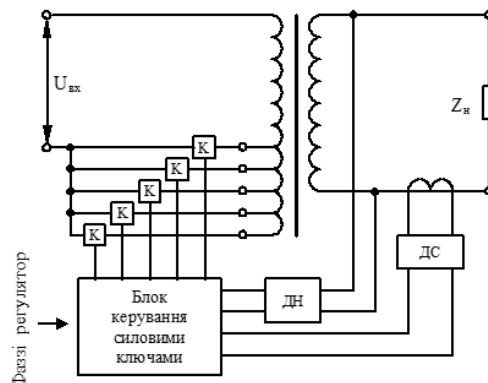


Рис. 1. Функціональна схема системи регулювання напруги

Контролер реалізовано у MATLAB/Simulink з використанням модуля Fuzzy Logic. База знань складається з 15 правил, що встановлюють взаємозв'язок між вхідними змінними та вихідною змінною (положенням перемикача ПБЗ). Алгоритм передбачає, що при великих відхиленнях напруги встановлюється коротка затримка, при значеннях близьких до номінальної — довга і враховується напрям зміни навантаження (генерація або споживання).

У середовищі MATLAB/Simulink, було проведено моделювання для шести ділянок дня з різними ситуаціями навантаження та генерації у вигляді десяти тестових сценаріїв, визначені функції значень вимірюваних величин. Для оцінювання ефективності нечіткого управління проводилося моделювання режимів напруги в електричній мережі з ФЕС без нечіткого регулятора напруги трансформатора та з нечітким регулятором і визначалося стандартне відхилення середнього значення потенціалів вузлів відповідно σ_{OR} (без регулятора) та σ_{MR} (з нечітким регулятором) (табл. 1.) для різних варіантів навантажень. Результати тестування нечіткого контролера наведені в табл. 1.

Таблиця 1. Результати тестування нечіткого контролера

Варіанти навантажень	σ_{OR} [V]	σ_{MR} [V]	Кількість перемикачів ПБЗ
1	3,35	1,17	3
2	3,67	1,48	3
3	5,85	1,07	1
4	2,88	1,21	3
5	2,10	0,88	3
6	3,25	1,32	5
7	6,88	1,28	3
8	3,77	1,19	7
9	3,85	1,43	5
10	2,81	1,27	3

Аналіз результатів показав покращення якості напруги в мережі нечітким контролером для різних ситуацій навантаження та живлення (значення σ в мережі з регулятором в 2-4 р. менше, ніж у нерегульованій мережі). При цьому ширина діапазону зміни напруги зменшується, та вимога щодо мінімізації перемикачів для уникнення мерехтіння не виконується. Висновки наступні.

1. В електричній мережі з активними споживачами, що виробляють та споживають ЕЕ, доцільно використовувати нечіткий контролер регулювання напруги трансформатора у реальному часі для компенсації впливу динаміки та споживання на генерації ЕЕ на величину напруги у мережі з ФЕС.

2. Використання двох вхідних змінних (U_{diff} і $\Delta P/\Delta t$) дозволяє гнучко реагувати на зміну режимів мережі без складного математичного опису процесів.

3. Моделювання електричної мережі з нечітким регулятором у середовищі MATLAB/Simulink підтвердило ефективність запропонованого підходу — стандартне відхилення напруги у вузловій точці зменшується більш ніж удвічі.

Інтелектуальні методи керування систем накопичення електричної енергії**П. О. Зінкевич, В. Т. Романюк, В. В. Шпак***Національний університет харчових технологій*

Проблема скорочення викидів CO_2 , забезпечення надійності електропостачання та нормативних показників якості електричної енергії, зменшення споживання електричної енергії, є актуальною для споживачів, оскільки дозволяє підвищити ефективність використання генеруючих потужностей, зменшити витрати на оплату електричної енергії. Для забезпечення скорочення викидів CO_2 та споживання електричної енергії з мережі в системі електропостачання, повинні використовувати фотоелектричні станції (ФЕС) та системи накопичення електричної енергії (СНЄЕ) [1]. У сучасних умовах особливого значення набуває розроблення методів керування СНЄЕ. Керування електрозабезпеченням споживачів з використанням ФЕС та СНЄЕ є актуальним завданням, оскільки дає змогу забезпечувати енергоефективні режими електрозабезпечення, зменшити навантаження на електричну мережу і вартість електричної енергії, що споживається, забезпечити ефективне використання ФЕС та СНЄЕ [2].

Залежно від призначення технології СНЄЕ поділяються на короткочасні (секунди–хвилини), середньострокові (хвилини–години) та довгострокові (години–дні). Технології короткочасного накопичення енергії характеризуються високою питомою густиною потужності (МВт/м^3) і забезпечують покращення показників якості електроенергії під час перехідних процесів. Середньострокові системи призначені для підтримання балансу потужності (енергоменеджменту), регулювання частоти та управління перевантаженнями мережі. Довгострокові системи забезпечують інтеграцію ФЕС шляхом акумулювання надлишкової енергії та її подальшого використання в години пікового попиту. Аналізуючи технології СНЄЕ за призначенням і сферами застосування умовно їх можна поділити на дві групи: керування показниками якості електроенергії та управління потоками енергії. Застосування для керування показниками якості електроенергії передбачає регулювання напруги та регулювання частоти. Управління потоками енергії передбачає енергетичний арбітраж, вирівнювання навантаження, зниження пікових навантажень, чорний старт та резерв потужності [3].

У даному дослідженні розглянуто сучасні методи керування СНЄЕ, які інтегруються у електроенергетичні системи ФЕС. Для ефективного функціонування СНЄЕ застосовують різні методи керування, серед яких: Класичні методи керування (PID-регулятори), найбільш поширені завдяки простоті реалізації. Використовуються для підтримання напруги, струму або частоти на заданому рівні; Адаптивне керування. Застосовується на основі алгоритму керування СНЄЕ, що ґрунтується на оцінці її енергетичного стану з використанням прогнозних значень потужності генерації та навантаження.

Метою керування є ефективне використання енергії з ФЕС та споживання енергії з зовнішньої мережі [4]; Нечітке (Fuzzy Logic) керування. Базується на лінгвістичних правилах і дає змогу ефективно керувати СНЕЕ без необхідності точного математичного опису системи. Підходить для складних багатофакторних процесів — наприклад, одночасного регулювання потужності, напруги та стану заряду акумуляторів (State of Charge, SoC); Керування на основі прогнозування (інтелектуальні методи прогнозування). Застосовується для оптимізації зарядно-розрядних процесів у реальному часі з урахуванням прогнозу виробництва ФЕС та навантаження, попиту на електроенергію та ринкових цін. Інтелектуальні методи прогнозування дозволяють мінімізувати витрати на експлуатацію та продовжити термін служби накопичувачів [5]; Оптимізаційні методи (методи Лагранжа, динамічне програмування, штучні нейронні мережі). Використовуються для розподілу енергії між кількома СНЕЕ або для планування роботи системи в мікромережах. Такі методи забезпечують мінімізацію втрат, максимізацію прибутку від енергетичного арбітражу та підвищення ефективності інтеграції ФЕС.

СНЕЕ є невід’ємною складовою сучасних енергосистем із ФЕС. Ефективність їх роботи значною мірою залежить від обраного методу керування. Використання адаптивних, прогнозних і інтелектуальних підходів дозволяє підвищити стабільність енергопостачання, знизити втрати та забезпечити енергоефективний режим функціонування електроенергетичної системи.

Література

1. Baliuta S., Zinkevych P. (2022) Automated power supply control system for a food industry enterprise using a photovoltaic plant and energy storage, *Ukrainian Journal of Food Science*, 10(2), 184–199.

2. Зінкевич П. О., Балюта С. М. (2023) Системний аналіз та підходи до розробки автоматизованої системи електрозабезпечення цивільних об’єктів з фотоелектричними станціями та накопичувачами електроенергії, *Наукові праці Національного університету харчових технологій*, 29(4), 117–125.

3. Bhuiyan F. A., Yazdani A. (2012) Energy storage technologies for grid-connected and off-grid power system applications, *2012 IEEE Electrical Power and Energy Conference*, 303–310. URL : <https://doi.org/10.1109/epec.2012.6474970>.

4. Зінкевич П. О., Балюта С. М., Куєвда Ю. В. (2023). Алгоритм керування накопичувачем електроенергії в системі електрозабезпечення з активними споживачами, *Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами: матер. X Міжнар. наук.-техн. Internet-конф.*, 23–24.

5. Зінкевич П. О., Балюта С. М., Куєвда Ю. В. (2023). Моделювання системи керування накопичувачем електроенергії в системі електрозабезпечення з активними споживачами, *Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами: матер. X Міжнар. наук.-техн. Internet-конф.*, 25–26.

**Забезпечення точності та стабільності кластеризації
багатовимірних даних методом самоорганізаційних
карт Кохонена на основі автоматичної редукції даних**

О. В. Іващенко, С. С. Федін, В. А. Волосожар

Національний транспортний університет, Київ, Україна

У сучасних умовах розвитку інформаційних технологій обсяги даних, що підлягають аналізу, стрімко зростають, ускладнюючи процес їх обробки та інтерпретації. Традиційні методи кластеризації часто виявляються недостатньо ефективними для роботи з багатовимірними вибірками, де ознаки мають різну вагомість і ступінь впливу. Це зумовлює необхідність використання методів інтелектуального аналізу даних, призначених для автоматичного знаходження прихованих закономірностей та визначення структури у великих масивах даних без попереднього маркування. Одним із найбільш ефективних інструментів для таких задач є самоорганізаційні карти — нейронні мережі Кохонена (Self-Organizing Maps, SOM), які поєднують можливості візуалізації та аналітичного моделювання багатовимірних даних.

SOM широко застосовуються у задачах кластеризації, аналізу багатовимірних даних і візуалізації їх прихованих структур. Нейромережі Кохонена дозволяють відображати складні дані у вигляді двовимірної карти, на якій об'єкти з подібними характеристиками розташовуються поруч. Проте ефективність побудови таких карт значною мірою залежить від складу вхідних параметрів. Надлишкові, малоінформативні або слабо варіативні ознаки можуть спотворювати результати, знижуючи точність кластеризації та збільшуючи час навчання. Тому актуальним є впровадження механізму редукції даних, який би дозволяв автоматично визначати й вилучати параметри, що не мають суттєвого впливу на формування кластерів.

Для реалізації цього методу удосконалено створений авторами програмний додаток, який реалізує алгоритм SOM для аналізу клієнтських даних телекомунікаційної компанії. Додаток доповнено модулем автоматичної редукції даних, що ґрунтується на алгоритмі статистичного аналізу варіативності ознак за допомогою методу міжквартильного розмаху (*IQR*). Такий спосіб дозволяє визначати малозмінні характеристики та виключати їх до початку навчання карти. Результатом роботи алгоритму є позначення ознак із низьким рівнем інформативності, що відображається на екрані користувача під час формування SOM.

Для перевірки ефективності удосконалення програмного додатка проведено кластеризацію з використанням однієї і тієї самій вибірки даних двома способами — до та після редукції даних. У процесі навчання карти використовувалися однакові параметри, зокрема фіксоване значення $\text{seed} = 565$, яке визначає початкову ініціалізацію вагових коефіцієнтів нейронів і забезпечує повну відтворюваність результатів. Порівняння отриманих карт SOM продемонструвало високий рівень подібності топологічної структури та

меж кластерів. Алгоритм k-means, застосований до обох карт, підтвердив майже ідентичне просторове розташування кластерів на полі 24×18 (Рис. 1, а — до редукції даних, Рис. 1, б — після редукції даних). Це свідчить, що видалення неінформативних параметрів не вплинуло на якість кластеризації та не спотворило структуру даних.



Рис. 1. Результати автоматичного визначення кластерів методом k-means

Результати дослідження показали, що редукція параметрів не змінює топологію карти, проте підвищує стабільність і швидкість навчання. Візуальне порівняння кластерів до та після редукції засвідчило майже повне співпадіння їхніх меж і центрів.

Для кількісної оцінки схожості результатів кластеризації застосовували показник середньої абсолютної відносної похибки (*MAPE*), обчислений за середніми значеннями ознак у межах вибраних ділянок карти (Таб. І).

Таб. І. Порівняння середніх значень ознак до та після редукції даних і результати розрахунку середньої абсолютної відносної похибки (*MAPE*)

Ознака	Original	Data reduction	<i>MAPE</i>
Age	44.37	44.3	0.001577643
AverageMonthCosts	3706.39	3719.97	0.003663943
DayCallsPerMonth	336.89	334.58	0.006856838
EveningCallsPerMonth	107.01	108.01	0.009344921
NightCallsPerMonth	22	22.6	0.027272727
OtherCitiesCalls	26.09	25.98	0.004216175
NumberOfSMS	9.96	10.3	0.034136546
			1.24%

Отримане значення похибки становило лише 1,24%, що відповідає 98,76% подібності результатів. Це свідчить про стабільність моделі SOM і збереження її здатності до виявлення закономірностей у багатовимірних даних при зменшенні кількості вхідних параметрів.

Таким чином, інтеграція механізму редукції даних у програмне середовище побудови самоорганізаційних карт підвищує точність, стабільність і наочність кластеризації, забезпечуючи при цьому більшу ефективність використання обчислювальних ресурсів.

Про одне застосування нечіткої логіки для реалізації методики колаборативної фільтрації

Є. В. Івохін, Г. В. Шелякін

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Колаборативна (спільна) фільтрація — підхід або метод створення рекомендацій шляхом аналізу конкретно заданого контенту, що ґрунтується на оцінці реакцій користувачів на цей контент. Суть у тому, щоб на основі обробки попередніх реакцій користувача передбачити, як він оцінить контент, з яким іще не взаємодіяв. Чим точніша оцінка, тим якісніша рекомендація цього передбачення. Колаборативна фільтрація є достатньо популярним методом для формування рекомендацій за відповідним контентом, що використовується на практиці багатьма провідними технологічними компаніями [1].

Розглянемо процедуру прогнозування оцінки користувача для певного об'єкта на основі доступної історії його взаємодій з іншими об'єктами та історичних оцінок інших користувачів. Для цього використаємо колаборативну фільтрацію, модифіковану за допомогою методів нечіткої логіки.

Припустимо, що кожен об'єкт, який підлягає оцінюванню, має певні характеристики, які можна розділити на три групи.

1. Оцінки — числові значення, які виставляються користувачами у фіксованому діапазоні (наприклад, 1–5 або 0–1). Інтерпретація цих оцінок є суб'єктивною, тобто одна й та сама оцінка може мати різне значення для різних користувачів.

2. Категоріальна інформація — відомості про належність об'єкта до певної категорії або тематики (наприклад, жанр фільму або книги, тип товару), що впливає на сприйняття об'єкту користувачами.

3. Індивідуальні особливості користувачів — персональні відмінності в оцінюванні та у перевагах, які можуть варіюватися залежно від категорії контенту.

Тоді задача полягає в тому, щоб розробити підхід, який би дозволив:

отримувати більш точні апроксимації оцінок користувачів у порівнянні з класичною колаборативною фільтрацією.

враховувати персональні функції належності для різних користувачів і категорій, що дозволяє адаптувати систему до суб'єктивних уподобань.

використовувати алгоритми та методи нечіткої логіки для визначення подібності між користувачами, що дає змогу зменшити невизначеність в даних та отримати більш гнучке представлення вподобань користувачів.

Нечітка логіка — це математичний апарат, який дозволяє аналізувати та моделювати ситуації з невизначеністю, неточністю або неоднозначністю на основі нечітких правил та висновків. Методика базується на запропонованій Лотфі Заде у 1965 році [2] теорії нечітких множин та нечітких відношень, що

дозволяє оперувати проміжними значеннями між "істинністю" та "хибністю", що визначають чіткі міри належності (відповідності) наявних даних сутності фактичних понять або подій.

Зважаючи на позитивний вплив методики застосування нечіткої логіки у процесах формування рекомендацій, в рамках проведених авторами досліджень запропоновано вдосконалений підхід до user-based колаборативної фільтрації, який ґрунтується на використанні нечіткої логіки для врахування індивідуальних уподобань користувачів. Запропонований метод відрізняється від класичного алгоритму тим, що кожен користувач має персоналізовану функцію належності, що адаптується до його історичних оцінок кожній з наявних категорій об'єктів.

Припустимо, що є множина користувачів $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$, множина об'єктів $I = \{i_1, i_2, \dots, i_n\}$, кожен з яких може бути оцінений величиною $r \in N$ (за деякою числовою шкалою) та множина критеріїв $K = \{k_1, k_2, \dots, k_s\}$. Кожен критерій описує властивості об'єктів множини I , наприклад, «гра акторів», «сюжет», тощо. Відома матриця оцінок R , розмірністю $m \times n$, де кожен елемент r_{ui} є оцінкою користувача u для об'єкта i . Також відома тривимірна матриця RK , розмірністю $m \times n \times k$, де кожен елемент r_{ui}^k описує яку оцінку поставив користувач u до відповідного критерію k при оцінюванні об'єкта i .

Для реалізації процедури формування персоналізованих трикутних функцій належності визначимо множину лінгвістичних термів $A = \{A_1, A_2, \dots, A_t\}$ для опису суб'єктивного рівня оцінювання елементів r_{ui}^k , проведеного користувачами, де кожен терм відповідає певному діапазону якісних оцінок. Тоді для визначення рівня належності оцінки користувача u для об'єктів $i \in I$ за кожним з критеріїв $k \in K$ на основі термів $w \in A$ застосуємо персоналізовані функції належності, які задаються у трикутному вигляді [1].

Запропоновано модифікацію методу колаборативної фільтрації, що базується на використанні нечіткої логіки та методу Мамдані [3], реалізація якої може значно покращити адаптацію процедури формування рекомендацій із урахуванням рівнів компетенції та вподобань користувачів, підвищити точність результатів прогнозування, стійкість до шуму й інтерпретованість рекомендацій. Конструктивність методики дозволяє суттєво покращити результати функціонування рекомендаційних систем в умовах, що потребують гнучких персоналізованих рекомендацій, зокрема, у сферах онлайн-стрімінгу, електронної комерції та цифрових бібліотек.

Література

1. Івохін Є., Шелякін Г., Махно М. (2024) Удосконалення методу колаборативної фільтрації шляхом інтегрування семантичного та часового факторів і методу кластерного аналізу, *Artificial Intelligence*, 1, с. 57-63.
2. Zadeh L. A. (1965) Fuzzy sets, *Information and Control*, pp. 338–353.
3. Mamdani E. (1974) Application of Fuzzy Algorithms for Control of Simple Dynamic Plant, *Proceedings of the IEEE*, 121(12), pp. 1585–1588.

Особливості використання CRM в медичних коворкінгах**М. С. Каражов***Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

Досліджено особливості впровадження та використання систем управління взаємовідносинами з клієнтами (CRM) у медичних коворкінгах. Актуальність теми зумовлена активною цифровізацією сфери охорони здоров'я та необхідністю ефективної організації роботи медичних фахівців у спільному просторі. Медичні коворкінги є інноваційною моделлю організації послуг, що поєднує незалежних лікарів, лабораторії та адміністративний персонал. Координація між учасниками такого середовища потребує сучасних інформаційних рішень, які дозволяють автоматизувати процеси взаємодії з пацієнтами, ведення записів, контролю відвідувань і фінансових операцій.

У цих умовах CRM-системи стають ключовим елементом інформаційної інфраструктури медичного коворкінгу. Основна перевага CRM — у створенні єдиного цифрового простору, що об'єднує всі бізнес-процеси — від первинного контакту з пацієнтом до післяобслуговування. Це забезпечує прозорість даних, скорочення часу на комунікації, а також підвищення якості сервісу. Інтеграція CRM із системами електронних медичних записів (ЕМЗ) дозволяє формувати комплексну базу знань про пацієнтів, сприяє точнішій діагностиці та персоналізованому підходу до лікування.

Впровадження CRM у медичних коворкінгах вимагає гнучкої конфігурації прав доступу, оскільки система використовується різними групами користувачів — лікарями, адміністрацією, технічним персоналом. Додатковою проблемою є забезпечення інформаційної безпеки та дотримання вимог щодо захисту персональних даних. Для розв'язання цих питань доцільно використовувати багаторівневу авторизацію, шифрування даних і контроль аудиту дій користувачів.

Таким чином, застосування CRM у медичних коворкінгах сприяє підвищенню ефективності управління, якості обслуговування і конкурентоздатності медзакладів. Подальший розвиток цих систем передбачає використання ШІ для прогнозування потреб пацієнтів, оптимізації ресурсів і персоналізованих медичних послуг.

Література

1. Baashar Y. et al. (2020) Customer relationship management systems (CRMS) in the healthcare environment: A systematic literature review, *Computer Standards & Interfaces*.
2. Bation J. et al. (2025) Customer relationship management systems in clinical laboratories: A study, *ScienceDirect*.
3. Dordunoo L. (2025) CRM and Data Analytics in Healthcare: Strategy and Change in Practice, *RAIS Journal for Social Sciences*, vol. 9, no. 1.

Сучасні тенденції розвитку гібридних кластерних архітектур

А. Р. Кондратенко, О. П. Ковальчук

Національний транспортний університет, Київ, Україна

Паралельні обчислення — це один із ключових напрямів сучасного програмування, що забезпечує ефективне розв'язання задач, пов'язаних з опрацюванням і аналізом великих масивів даних. Використання послідовних алгоритмів у таких випадках часто є малопридатним через значні витрати часу та ресурсів пам'яті. Паралельні методи дозволяють поділити складну задачу на окремі підзадачі меншої розмірності, які виконуються одночасно, що забезпечує скорочення часу обчислень і підвищення продуктивності [1].

Серед усіх напрямів паралельного програмування особливе місце займають кластерні обчислення. Це перспективний і водночас доступний підхід до реалізації високопродуктивних систем, який отримав широке застосування в науці, техніці, машинному навчанні та обробці великих даних. З кожним роком сфера використання кластерних систем розширюється, що стимулює розвиток технологій паралельних обчислень і підвищує інтерес до них з боку провідних виробників апаратного та програмного забезпечення.

Гібридні архітектури кластерних систем, які поєднують різні типи обчислювальних пристроїв (наприклад, центральні процесори та графічні прискорювачі), відкривають нові можливості для підвищення ефективності обробки великих обсягів даних. Такий підхід дозволяє оптимально розподіляти навантаження між компонентами системи, вибираючи відповідний розмір блоків даних, що обробляються паралельно.

Подібні архітектури широко застосовуються для розв'язання задач, пов'язаних із обробкою зображень високої роздільної здатності, виявленням та аналізом інформативних елементів, а також розпізнаванням складних об'єктів за їхніми характерними ознаками. Використання гібридних кластерних систем дає змогу суттєво скоротити час виконання обчислень і підвищити загальну ефективність процесів обробки даних.

Подальші дослідження у цій галузі спрямовані на підвищення рівня автоматизації розподілу обчислень, оптимізацію енергоспоживання, а також інтеграцію гібридних кластерів із хмарними сервісами. Це дозволить створювати ще потужніші, адаптивніші й доступніші високопродуктивні системи.

Гібридні кластерні архітектури є сучасним етапом розвитку паралельних обчислень, що поєднує переваги CPU і GPU для розв'язання задач, пов'язаних з великими обсягами даних. Вони забезпечують високу продуктивність, масштабованість і ефективність, а також відкривають нові можливості для розвитку наукових і прикладних обчислювальних систем.

Література

1. Мельниченко С. В., Кравченко О. М. (2021) *Паралельні обчислення та кластерні системи*. К. : КНУ ім. Тараса Шевченка.

Впровадження технологій штучного інтелекту для підвищення ефективності роботи відділу продажів у транспортних компаніях

С. С. Корж

Сумський державний педагогічний університет імені А.С.Макаренка

В. В. Гавриленко

Національний транспортний університет

Метою запропонованого дослідження є розробка концептуальної моделі та прототипу програмного комплексу на основі штучного інтелекту для оптимізації діяльності менеджерів з продажу, зокрема у сфері транспортних послуг [1].

Дослідження ґрунтується на інтеграції методів машинного навчання (включно з ARIMA, LSTM та алгоритмами класифікації), технологій обробки природної мови (NLP) та бізнес-аналітики (BI) у єдину CRM-орієнтовану платформу [2].

Наукова новизна полягає у розробці комбінованого підходу, що поєднує прогнозування попиту, автоматизовану пріоритизацію лідів, генеративну обробку текстів для персоналізованих комунікацій та адаптивні аналітичні панелі у режимі реального часу [3].

У роботі передбачено використання реальних даних від українських та міжнародних ІТ-компаній для експериментальної верифікації моделі.

Очікуваними результатами є підвищення точності прогнозів продажу, зниження часу на виконання рутинних операцій, зростання конверсії угод та покращення якості клієнтського сервісу [4].

Практична значущість дослідження визначається можливістю впровадження розробленого рішення у корпоративні системи управління продажами, що сприятиме зростанню ефективності бізнес-процесів та конкурентоспроможності підприємств [5].

Література

1. Yee L., Deveau R., Reis S. (2024) *An unconstrained future: How generative AI could reshape B2B sales*. McKinsey & Company, 16 Sep 2024.
2. Sinha P., Shastri A., Lorimer S. (2024) *How Your Sales Team Can Catch Up on Digital and AI Tools*. Harvard Business Review, Sep 18, 2024. URL : <https://hbr.org/2024/09/>
3. Білоус А. (2025) Без ІІІ буде складно конкурувати. 240 українських компаній розповіли, як вони використовують ІІІ, *Forbes Україна*, 27.05.2025.
4. Simon-Kucher (2023) *Generative AI: Training ChatGPT as a sales assistant*, 29 Aug 2023.
5. Sitniks (2024) *Цікаві факти про CRM системи на основі штучного інтелекту у 2024 році*, Sitniks Blog.

**Автоматизоване виявлення та класифікація морських суден на
супутникових знімках засобами глибокого навчання**

О. А. Корнєва

Національний транспортний університет, Київ, Україна

С. В. Грибков

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

Проблематика дистанційного моніторингу морської активності набуває критичного значення в контексті забезпечення безпеки судноплавства, контролю за незаконним рибальством, виявлення порушень у межах територіальних вод та екологічного нагляду прибережних зон. Традиційні методи ідентифікації суден базуються на системах автоматичної ідентифікації (AIS), проте їх ефективність обмежена, оскільки вони залежать від добровільного транслювання позицій суднами і стають неефективними при навмисному відключенні транспондерів, що є типовою практикою при нелегальній діяльності. У цьому контексті супутниковий моніторинг забезпечує об'єктивний та неперервний контроль водних просторів, незалежно від намірів операторів суден залишатися невиявленими.

Сучасні супутникові платформи дистанційного зондування пропонують глобальне покриття з різноманітними характеристиками просторової, темпоральної та спектральної роздільності. Оптичні сенсори високої роздільності, такі як WorldView, GeoEye, Pleiades та супутники серії Sentinel-2, забезпечують мультиспектральні зображення з просторовою роздільністю від субметрової до десятків метрів, що дозволяє виявляти судна різних розмірних категорій — від малих рибальських човнів до великотоннажних контейнеровозів та танкерів. Радіолокаційні системи синтезованої апертури (SAR), реалізовані на платформах Sentinel-1, TerraSAR-X, RADARSAT та COSMO-SkyMed, забезпечують всепогодний моніторинг, незалежний від хмарності та освітлення, що є критично важливим для тропічних і полярних регіонів із несприятливими метеоумовами.

Автоматизоване виявлення суден на супутникових знімках є складною задачею комп'ютерного зору через значну варіабельність цільових об'єктів за розмірами, формою, орієнтацією та спектральними характеристиками. Судна різних типів демонструють різноманітну геометрію — від витягнутих силуетів контейнеровозів до компактних конфігурацій буксирів та риболовецьких траулерів. Морське середовище формує складний і мінливий фон через варіації текстури водної поверхні, зумовлені вітровим хвилюванням, течіями, сонячними бликами і присутністю тіней хмар. Прибережні зони ускладнюють детекцію внаслідок наявності портової інфраструктури, причалів, хвильорізів і інших штучних об'єктів з подібними спектральними характеристиками.

Револьюційні досягнення у глибокому навчанні трансформували методи детекції об'єктів на зображеннях. Згорткові нейронні мережі автоматично виявляють ієрархічні репрезентації візуальних патернів, що раніше обмежувало

класичні методи комп'ютерного зору. Архітектури детекторів еволюціонували від двостадійних R-CNN до одностадійних мереж, забезпечуючи баланс між точністю та обчислювальною ефективністю для обробки великих обсягів супутникових даних.

Faster R-CNN із регіональною мережею пропозицій та Feature Pyramid Networks забезпечує точну локалізацію суден різних розмірів. Одностадійні детектори YOLO та RetinaNet підвищують швидкість обробки, вирішуючи проблеми класового дисбалансу через focal loss та оптимізовані функції втрат. Трансформерні архітектури DETR і Deformable DETR моделюють віддалені залежності на зображенні, враховуючи контекст морського середовища та спрощуючи конфігурацію для нестандартних об'єктів.

Специфіка супутникових знімків вимагає адаптації архітектур: орієнтаційно-чутливі детектори підвищують точність локалізації витягнутих об'єктів, а мультиспектральні канали використовуються для врахування спектральних сигнатур суден. Радіолокаційні SAR-зображення потребують окремих методів через когерентну природу сигналу, ефекти азимутального зсуву, спекл-шум та багатократне відбиття, з можливістю використання поляриметричних даних для підвищення дискримінації об'єктів.

Класифікація суден (військові кораблі, танкери, риболовецькі судна, контейнеровози) здійснюється на базі ResNet, EfficientNet або Vision Transformer із застосуванням трансферного навчання та fine-tuning на специфічних супутникових даних. Мультизадачне навчання дозволяє одночасно виконувати детекцію, класифікацію та оцінку характеристик суден, підвищуючи ефективність та узгодженість результатів.

Для обмежених анотованих даних використовують слабкоконтрольоване навчання, активне навчання, самонавчання та псевдомаркування. Синтетичні дані, створені через 3D-моделі або GAN, і аугментація (геометричні трансформації, колірні варіації, еластичні деформації, вставка об'єктів) підвищують генералізацію моделей. Постобробка включає не-mat-supresію, адаптивні пороги впевненості, просторову фільтрацію та темпоральний трекінг для підвищення точності та мінімізації хибних тривог. Валідація здійснюється через метрики mAP, IoU та географічну крос-валідацію для оцінки просторової генералізації. Інтеграція детекцій із даними AIS дозволяє виявляти «темні» судна та аналізувати патерни незаконної діяльності. Траєкторний аналіз на послідовності знімків відновлює маршрути та виявляє підозрілу поведінку.

Операційне розгортання потребує автоматизованої інфраструктури на хмарних платформах із розподіленою обробкою (Apache Spark), контейнеризацією (Docker) та оркестрацією (Kubernetes). Візуалізація через веб-картографічні інтерфейси та інтеграція з ГІС забезпечують просторовий аналіз, підрахунок щільності суден та автоматизовані сповіщення для оперативного реагування.

Для української акваторії Чорного моря система застосовується для моніторингу портової активності, контролю територіальних вод та ЕЕЗ, виявлення незаконного рибальства та екологічно чутливих зон, з підвищенням ситуаційної обізнаності та підтримкою транскордонної морської безпеки.

Прогнозування забруднення атмосферного повітря в Україні засобами глибокого машинного навчання

О. А. Корнєва

Національний транспортний університет, Київ, Україна

С. В. Грибков

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

Традиційні підходи до прогнозування якості атмосферного повітря базуються на застосуванні детерміністичних моделей атмосферної хімії та перенесення домішок, що потребують докладних кадастрів викидів, високороздільних метеорологічних полів та значних обчислювальних ресурсів. Статистичні підходи, зокрема регресійні та авторегресійні моделі зі змінними середніми, обмежені у здатності відображати нелінійні залежності та довготривалі пам'ятні ефекти атмосферних процесів. Підготовка даних для моделювання потребує комплексної попередньої обробки. Викиди можуть виникати через технічні збої сенсорів, локальні джерела поблизу станцій або екстремальні метеорологічні явища; їх ідентифікація здійснюється за допомогою статистичних критеріїв. Імпуація пропущених значень реалізується через інтерполяційні, модельні підходи або алгоритми на кшталт MICE, що враховують кореляційну структуру даних. Конструювання ознак є ключовим етапом, який підвищує здатність моделей виявляти релевантні закономірності. Темпоральні лаги концентрацій відображають інерційність атмосферних процесів, а ковзні статистики (середнє, медіана, стандартне відхилення) дозволяють фіксувати короткострокові тренди та варіації. Циклічне кодування часових змінних через синусоїдальні перетворення забезпечує адекватне представлення добової, тижневої та сезонної періодичності.

Архітектура системи прогнозування має забезпечувати передбачення на різних часових горизонтах: короткострокові прогнози (1–3 години) важливі для оперативного реагування на епізоди підвищеного забруднення, середньострокові (до трьох діб) — для планування регуляторних та природоохоронних заходів, а довгострокові (до тижня) — для стратегічного планування та оцінки сезонної динаміки. Багатозадачне навчання дозволяє одночасно прогнозувати концентрації різних політантів на основі спільних репрезентацій, що відображають загальні метеорологічні драйвери. Використання розділених вихідних блоків забезпечує одночасне моделювання загальних закономірностей та специфічних для окремих забруднювачів хімічних і емісійних процесів.

Гібридні фізично-інформовані нейромережі інтегрують знання про атмосферні процеси безпосередньо в архітектуру чи функцію втрат моделі. Включення рівнянь збереження маси, параметризацій швидкості осадження чи хімічних реакцій у вигляді фізичних обмежень підвищує узгодженість прогнозів із законами фізики та їх здатність до екстраполяції за межі навчальної вибірки.

Обмеженість моніторингових даних у деяких регіонах компенсується трансферним та мета-навчанням. Попереднє навчання на багатших датасетах із подальшим донавчанням на локальних вибірках підвищує точність моделей, а мета-навчання забезпечує швидку адаптацію до нових територій при обмеженому обсязі даних. Доменна адаптація на основі адверсаріальних методів зменшує розбіжності між джерелами даних, пов'язані з відмінностями у вимірювальному обладнанні чи методології збору інформації.

Генеративні змагальні мережі (GAN) та варіаційні автокодери дозволяють синтезувати додаткові навчальні приклади, розширюючи різноманітність вибірки та охоплюючи рідкісні, але критично важливі сценарії забруднення. Це сприяє аугментації даних і формуванню латентних репрезентацій стану атмосфери для підвищення точності прогнозів. Валідація моделей здійснюється через комплекс метрик: середньої абсолютної і середньоквадратичної похибки, коефіцієнта детермінації, індексу згоди та коефіцієнта Неша-Саткліффа, а також метрик бінарної класифікації для оцінки прогнозування перевищень нормативів. Просторова, темпоральна та ієрархічна крос-валідація дозволяють оцінити здатність моделей до генералізації та стійкість до змін статистики даних. Аналіз невизначеності прогнозів включає оцінку епістемічної невизначеності через ансамблювання або байєсівські підходи та алеаторичної невизначеності за допомогою квантільної регресії. Інтерпретованість моделей забезпечується методами SHAP, графами часткової залежності, пермутаційним аналізом ознак та візуалізацією активацій нейронних мереж, що дозволяє ідентифікувати найбільш релевантні просторово-часові патерни.

Операційна система прогнозування передбачає автоматизований конвеєр обробки даних, застосування навченої моделі та постобробку результатів із контейнеризацією (Docker) та оркестрацією (Kubernetes) для масштабованості та відмовостійкості. Моніторинг продуктивності моделей і детекція дрейфу розподілу ознак дозволяють автоматизувати перенавчання та підтримувати актуальність прогнозів. Візуалізація результатів у веб-інтерфейсі забезпечує інтуїтивне представлення даних для різних категорій користувачів, включно з інтерактивними картами та часовими графіками з інтервалами невизначеності. Інтеграція з СППР природоохоронних органів дозволяє автоматизувати тригери для активації планів надзвичайних заходів при прогнозуванні перевищень нормативів і оцінювати ефективність сценарних інтервенцій. Сценарний аналіз з моделюванням впливу різних інтервенцій, таких як тимчасове обмеження викидів або зміна транспортних режимів, може підтримувати вибір ефективних стратегій пом'якшення забруднення. Оцінка соціально-економічних наслідків епізодів забруднення через зв'язок з медичними статистиками обґрунтовує інвестиції в природоохоронні заходи.

Перспективні напрями — прогнозування складу дрібнодисперсних частинок, моделювання впливу кліматичних змін і міської морфології на локальну дисперсію забруднювачів, прогнозування біоаерозолів і алергенів, а також застосування федеративного навчання для роботи з розподіленими даними без централізованого збору чутливої інформації.

Інтелектуалізований пошук надмірності в комплексній системі моніторингу та навігації на основі глибинного навчання

Ю. В. Кравченко, М. Г. Шарапов

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Розглядається проблема забезпечення функціональної стійкості в комплексній системі моніторингу та навігації за допомогою використання надмірності.

Проаналізовані традиційні підходи, практики та методи управління надмірністю, які реалізовані в сучасних системах комплексного моніторингу та навігації [1–3], а також методи оптимізації цих процесів за допомогою штучного інтелекту, зокрема, глибинного навчання.

Розглядаються математичні моделі для формалізації ознак надмірності та її використання для підвищення стійкості комплексної системи моніторингу та навігації. Оптимальне використання надмірності для забезпечення функціональної стійкості автоматизованої системи управління повітряним рухом базується на запропонованому методі поетапного зменшення потужності бази перестановочного багатогранника, а також принципі формування максимальної бази при зануренні множини допустимих рішень в частково упорядковану множину, для якої цільова функція і градієнт монотонні.

Реалізацію стратегії інтелектуального керування надмірністю у комплексної системи планується базувати на поєднаних моделях і методах на основі оригінальних підходів виведення: так званої FS-системи, категорійних моделей виведення, нечітких N-арних семантичних мережах та модернізованих градієнтних методах дискретної оптимізації

Бурхливий розвиток штучного інтелекту надає нові можливості для створення інтелектуалізованих систем керування. Отже, перспективним виглядає застосування штучного інтелекту, зокрема - глибинного навчання, до виявлення надмірності.

Принциповою парадигмою функціональної стійкості є перерозподіл ресурсів системи для парирування наслідків впливу зовнішніх та внутрішніх негативних факторів. Застосування технологій штучного інтелекту дозволить розв'язати проблему в цілому та забезпечити ефективне функціонування системи в позаштатних ситуаціях.

Література

1. Kravchenko Y., Vialkova V. (2016) *The problem of providing functional stability properties of information security systems.*
2. Sobchuk A., Kravchenko Y., Tyshchenko M., Gawliczek P., Afanasyeva O. (2019) *Analytical aspects of providing a feature of the functional stability according to the choice of technology for construction of wireless sensor networks.*
3. Барабаш О., Мусієнко А., Макарьчук А. (2023) *Порівняльний аналіз методів визначення показників функціональної стійкості інформаційних систем на прикладі повного перебору та методу Литвака-Ушакова.*

IoT-система для існуючої SCADA/PLC-системи біогазового комплексу: концепція реалізації

М. В. Кривченко, О. В. Кравченко

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Сучасні біогазові комплекси потребують постійного моніторингу складу газу, технологічних параметрів біореакторів та стану обладнання. Класичні SCADA/PLC-системи виконують управління і збір даних, але часто обмежені у кількості точок вимірювання, гнучкості передачі даних і можливостях аналітики. Інтеграція шару IoT дозволяє розширити спостереження (sensor-fusion), зібрати довгострокову телеметрію, впровадити ML-модулі для прогнозування та підвищити стійкість системи — що критично для підвищення продуктивності й безпеки комплексу.

Біогаз утворюється внаслідок анаеробного бродіння органічної сировини (господарські відходи, силос, гній тощо). Класична схема процесу включає етапи: гідроліз → ацидогенез → ацетогенез → метаногенез; кожен з етапів має свою чутливість до температури, pH, часу утримання (HRT) та органічного навантаження (OLR). Управління цими параметрами безпосередньо впливає на продуктивність (обсяг і склад біогазу) та стабільність процесу.

Типова біогазова установка містить: підготовку/завантаження сировини, біореактори (однокамерні/багатокамерні), систему перемішування, систему збору і очищення газу (конденсація, дегідратація, H₂S-скрубери), паливну станцію/ДГУ або підготовку до подачі в газову мережу. Ключові контрольні величини: температура біореактора (зона мезофільна/термофільна), pH/ORP, вологість/вміст сухих речовин, рівень й об'єм газу, склад газу (CH₄, CO₂, H₂S), обороти мішалки/насосів та подача субстрату. Для безпечної роботи критично відслідковувати H₂S і O₂ у газі (поява кисню — ознака витoku/повітряного доступу).

На практиці найчастіше зустрічаються такі проблеми: (1) деградація та зміщення показів газових сенсорів (особливо NDIR) через високу вологість і забруднення пробовідбірних ліній; (2) «розрідженість» сенсорів у великому біореакторі, що ускладнює просторовий контроль процесів; (3) брак централізованого історичного масиву даних для побудови надійних ML-моделей; (4) відсутність вбудованих механізмів превентивного обслуговування і адаптивного керування; (5) ризики надійності телеметрії та кібербезпеки при додаванні IoT-пристроїв.

Мета дослідження — розробити і підтвердити працездатність прототипу IoT-рівня, що доповнює SCADA/PLC-систему біогазового комплексу, з акцентом на: (а) підвищенні якості вимірювань (sensor-fusion + калібрування), (б) прогнозуванні обсягу та складу газу на горизонті 24-72 годин, (в) впровадженні модулю виявлення аномалій та концепту PdM, (г) забезпеченні стійкості каналу передачі і базового рівня кібербезпеки.

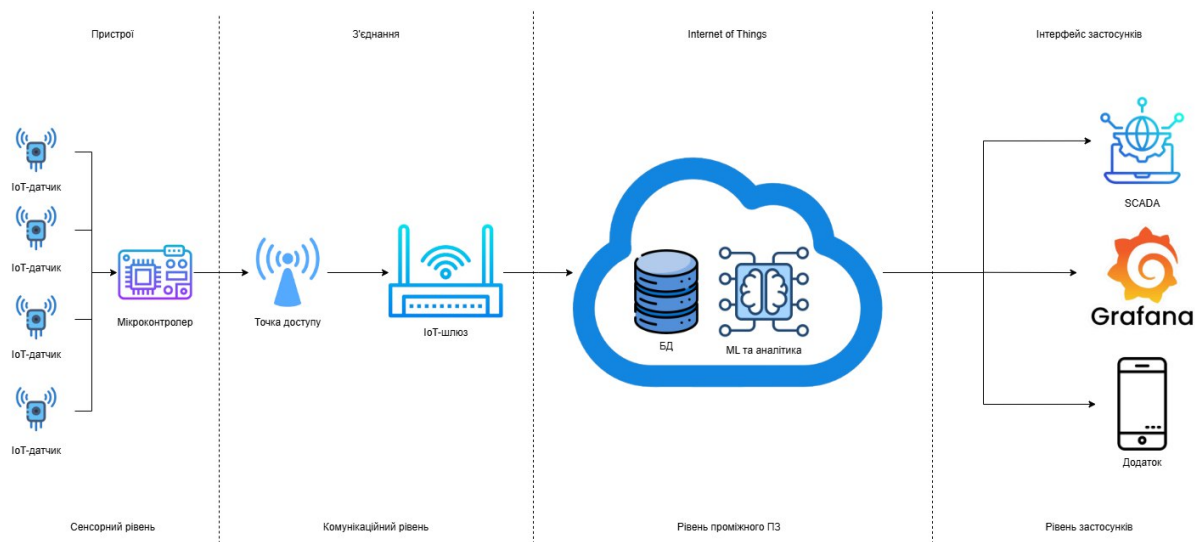


Рис. 1. Схематичне зображення архітектури IoT-системи для біогазового комплексу

Основу IoT-рівня для біогазового комплексу складають різні типи датчиків ($\text{CH}_4/\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$, pH, температура, рівні, витрати, вібрація, струм), розташовані по майданчику й на газовій магістралі. Датчики підключені до локальних вузлів (ESP32 / промислові вузли), що передають телеметрію через Wi-Fi або через MQTT до шлюзу, який одночасно працює як міст до PLC/SCADA (Modbus/OPC-UA). На edge-рівні виконується синхронізація часових міток, фільтрація та буферизація, а у бекенді — зберігання в time-series БД (InfluxDB/ PostgreSQL), візуалізація (Grafana/ThingsBoard) і аналітика. Дані обробляються алгоритмами sensor-fusion, часовими моделями (прогноз 24-72 год) і алгоритмами виявлення аномалій / PdM, результати яких доступні оператору через дашборди та оповіщення. Інтеграція з існуючою SCADA дозволяє доповнювати керування рекомендаціями з аналітики, не порушуючи критичного контролю PLC. Переваги підходу — реальний час збору даних, підвищена точність вимірювань, прогнозування вироблення й зниження простоїв.

Отже, інтеграція IoT зі SCADA підвищує точність контролю, дозволяє прогнозувати роботу біогазового комплексу та швидко реагувати на відхилення, забезпечуючи стабільність і ефективність виробництва.

Література

1. Cruz I. et al. (2021) An overview of process monitoring for anaerobic digestion, *Biosystems Engineering*, vol. 207, pp. 106–119. URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1537511021000957>.
2. Prasetya H. E. et al. (2023) Smart Biogas Plant Monitoring System Using Internet of Things (IoT) Technology, *Proceedings of the 5th International Conference on Applied Science and Technology on Engineering Science (iCAST-ES 2022)*, pp. 915–920. URL : <https://www.scitepress.org/Papers/2022/119556/119556.pdf>.
3. Huang X. (2024) The Promotion of Anaerobic Digestion Technology, *Water*, vol. 16(24), p. 3718. URL : <https://www.mdpi.com/2073-4441/16/24/3718>.

Технологія керування розумними пристроями рідною мовою**Б. Ю. Куцуліма, О. В. Кравченко***Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

Зі стрімким розвитком технологій штучного інтелекту та Інтернету речей зростає попит на пристрої, здатні забезпечувати природну, інтуїтивну взаємодію між людиною та цифровим середовищем. Одним із найактуальніших напрямів сучасних досліджень є створення розумних колонок, які поєднують у собі функції мультимедійного асистента, системи розпізнавання та синтезу мовлення, а також центру управління елементами розумного дому. Такі пристрої виступають не лише засобом відтворення аудіо контенту чи голосового пошуку, а й інтегрованою платформою для автоматизації побутових процесів, моніторингу середовища та взаємодії з іншими IoT-компонентами. Використання технологій машинного навчання, розпізнавання природної мови та контекстного аналізу дозволяє цим системам адаптуватися до користувача, зберігаючи історію запитів і формуючи персоналізовану модель поведінки.

Метою дослідження є розробка інтелектуальної колонки нового покоління з підтримкою голосового керування українською мовою, здатної забезпечити високу точність розпізнавання запитів, захист приватної інформації користувача[3] та ефективну інтеграцію з екосистемою IoT. Запропонована архітектура пристрою[1] зображена на рисунку 1 побудована за модульним принципом, що підвищує гнучкість і масштабованість системи.

Алгоритм роботи системи починається з етапу очікування активаційного слова, що реалізується модулем Wake Word Detection[2]. Після його розпізнавання пристрій переходить у режим активного запису й передає звуковий потік до модуля розпізнавання мовлення (STT). Цей компонент у режимі реального часу перетворює звукові сигнали на текстову форму, використовуючи моделі глибокого навчання, оптимізовані для української мови та умов фонових шумів. Отриманий текстовий потік надходить до модуля обробки природної мови (LLM), який здійснює семантичний і контекстний аналіз запиту, виявляє намір користувача та формує структуру дії, необхідну для його виконання.

LLM-модуль є центральним інтелектуальним ядром системи [2], адже саме він визначає, який тип завдання потрібно виконати: інформаційний запит, керування пристроєм чи генерацію текстової відповіді. Якщо команда пов'язана з елементами розумного дому, активується IoT-модуль. У разі інформаційного запиту, що потребує звернення до зовнішніх джерел, LLM передає запит до модуля Internet Access, який отримує дані з мережі, структурує їх і повертає у зручному форматі. Якщо команда загальна, наприклад, у формі діалогу або побутової розмови, LLM генерує текстову відповідь самостійно, без залучення додаткових компонентів, і передає її для озвучування.

Завершальний етап роботи реалізується модулем синтезу мовлення (TTS), який перетворює згенерований текст у природне звучання голосу та відтворює

його через вбудовану аудіосистему. Цей модуль використовує сучасні алгоритми нейронного синтезу, що забезпечують високу якість голосу, інтонаційну гнучкість і природність звучання. Завдяки цьому користувач отримує враження спілкування з реальним асистентом, а не технічним пристроєм.

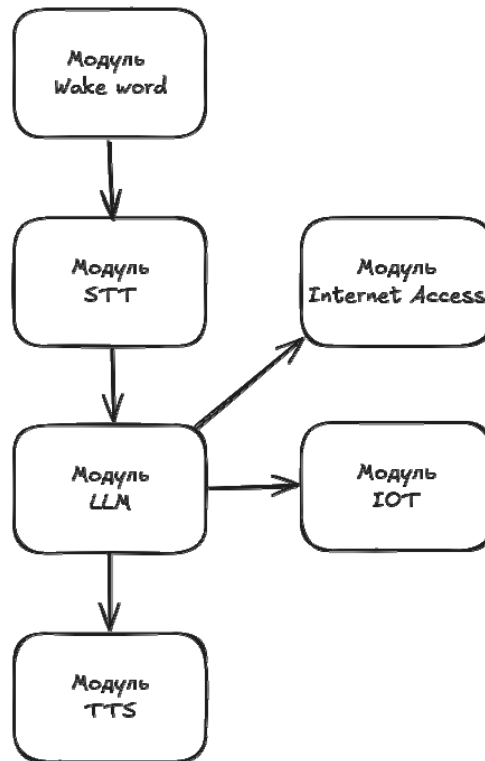


Рис. 1. Структурна схема модулів інтелектуальної колонки.

Запропонована архітектура забезпечує приватність і швидку реакцію пристрою, з можливістю використання хмарних ресурсів для виконання складних мовних обчислень. Такий підхід дозволяє реалізувати гнучку, масштабовану та енергоефективну систему, здатну працювати з багатьма мовами та адаптуватися до різних платформ Smart Home.

Подальший розвиток проєкту передбачає оптимізацію моделей розпізнавання мовлення для обмежених апаратних ресурсів, вдосконалення енергоспоживання пристрою та розширення функціональності для роботи в офлайн-режимі, що відкриває перспективи використання системи в умовах обмеженого доступу до мережі.

Література

1. Hayashi T., Tanaka Y., Kobayashi M. (2020) *OKIoT: Trade-off analysis of smart speaker architecture on Open Knowledge IoT project. Internet of Things.*
2. Kaiborta S., Samal S. (2022) IoT based Voice Assistant for Home Automation, *International Journal of Scientific Research in Engineering and Management.*
3. Vardakis E., Papadopoulos P., Angelakis V. (2024) Review of Smart-Home Security Using the Internet of Things, *Electronics.*

Порівняльний аналіз архітектур CNN для регресії об'єктного підрахунку

О. М. Літошко, О. П. Андріюк

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

У комп'ютерному зорі згорткові нейронні мережі, які працюють у рамках прямої регресії, часто використовуються в завданнях автоматизованого підрахунку екземплярів об'єктів [1]. В нинішньому дослідженні проаналізовано як певні архітектурні параметри, а саме глибина, як кількість етапів згорткового пудлінгу, та ширина, кількість вивчених фільтрів, контрольованих параметром ознак, впливають на продуктивність моделі [2].

Мета полягає в кількісній оцінці впливу цих параметрів на швидкість збіжності та точність моделі.

Дослідження спирається на згенерований набір даних ObjectCounting_DS (зображення розміром 256×256), що містить геометричні фігури з трьох різних класів (прямокутник, коло та лінія) на фоні з шумом. Основною вимогою для кожної навченої моделі було виконання багатоцільової регресії. Загальний навчальний пул складався з 6300 унікальних зразків [3, 4].

Базова модель, ObjectCounter, використовує модульний екстрактор ознак, реалізований за допомогою послідовних блоків DoubleConv-Pooling. Кожен DoubleConv блок містить два шари Conv2D(3*3), за якими йдуть шари BatchNorm та ReLU. Шар MaxPool(2*2) одразу слідує за кожним блоком DoubleConv, зменшуючи просторові розміри карти ознак вдвічі. Глибина моделі прямо еквівалентна кількості елементів, зазначених у списку ознак.

Чотири різні архітектурні конфігурації були проаналізовані на основі їх складності.

Таб. I

Архітектурні конфігурації

	Канали	Глибина	Коефіцієнт просторового зменшення	Кінцевий просторовий розмір	Розмір входу для FC
A	[4, 8]	2	4x	$64 \cdot 64$	$8 \cdot 64 \cdot 64 = 32768$
B	[8, 16, 32]	3	8x	$32 \cdot 32$	$32 \cdot 32 \cdot 32 = 32768$
C	[16, 16]	2	4x	$64 \cdot 64$	$16 \cdot 64 \cdot 64 = 65536$
D	[8, 12]	2	4x	$64 \cdot 64$	$12 \cdot 64 \cdot 64 = 49152$

Глибока конфігурація має значно більший простір параметрів і створює найбільш щільне за каналами внутрішнє представлення ознак перед переходом до двох останніх повністю зв'язаних (FC) регресійних шарів.

Усі моделі навчалися протягом 50 епох з використанням функції втрат MSE та оптимізатора Adam. Продуктивність кількісно визначалася за допомогою кінцевої втрати MSE, як метрики оптимізації, кінцевої точності за допомогою точності вектора прогнозування та коефіцієнта збіжності, у даній термінології епохи, необхідної для досягнення втрат менше 0,05.

Таб. II

Аналіз продуктивності структури CNN

	Кінцева втрата MSE	Кінцева точність (%)	Коефіцієнт збіжності для втрат < 0,05
A	0,0311	97,6	25
B	0,0092	99,7	15
C	0,0181	98,8	20
D	0,0132	99,5	18

Триканальна архітектура варіанту B залишається найкращою, досягаючи найнижчої похибки 0,0092 та найвищої точності 99,7%. Це підтверджує, що глибина є основним фактором продуктивності, дозволяючи мережі будувати більш надійні кореляції ознак.

Конфігурація, що використовувалася для основного експерименту [8, 12], забезпечила високу точність 99,5% та швидку збіжність 18 епох. Її продуктивність перевершує як A, так і C альтернативи, позиціонуючи її як ідеальний баланс між ємністю моделі, розмір FC 49152, та обчислювальною ефективністю.

Хоча широка модель C має найбільшу кількість параметрів, 65 536 вхідних ознак для FC, її показники були гірші, ніж у глибшої моделі B та збалансованішої моделі D. Це вказує на те, що просте збільшення ширини фільтрів призводить до зменшення віддачі без відповідного збільшення структурної глибини.

Література

1. Simonyan K., Zisserman A. (2014) *Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition*. URL : <https://doi.org/10.48550/arXiv.1409.1556>
2. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. (2016) *Deep Learning*. MIT Press, pp. 267–321.
3. Pytorch (2025) *PyTorch Tutorials 2.9.0+cu128 documentation*.
4. Pytorch (2025) *PyTorch Lightning 2.6.0 documentation*.

Аналіз ефективності алгоритмів прогнозування технічного стану обладнання на основі даних сенсорів

О. В. Лукашов, П. Є. Шабатін

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Максимальна ефективність функціонування промислових та енергетичних систем безпосередньо залежить від здатності забезпечувати їх безперервну роботу з високим коефіцієнтом корисної дії, мінімізуючи аварійні зупинки та скорочуючи час на проведення профілактичних, поточних, середніх та капітальних ремонтів.

Значна частина простоїв у таких системах зумовлена розбіжністю між прогнозованим та фактичним терміном служби обладнання.

У промислових та енергетичних комплексах одним із головних факторів втрат є простої обладнання через несвоєчасне виявлення дефектів.

Інтеграція сенсорів контролю (вібраційних, температурних, тискових тощо) створює основу для впровадження систем прогнозного технічного обслуговування (Predictive Maintenance) [1], які дають змогу запобігати відмовам і підвищувати ефективність планування ремонтів.

Основна мета дослідження полягає в аналізі алгоритмів прогнозування технічного стану обладнання з урахуванням точності, швидкодії та стійкості до шуму у великих масивах сенсорних даних.

Прогнозування технічного стану обладнання здійснюється із застосуванням алгоритмів машинного навчання та сенсорних даних на основі моделей регресії, нейронних мереж і методів класифікації [2, 3].

Основні завдання оцінювання ефективності різних алгоритмів машинного навчання для прогнозування технічного стану обладнання на основі потокових сенсорних даних:

- сформувати вибірку даних із сенсорів (температура, вібрація, струм, тиск тощо);
- провести попередню обробку даних і виділення ознак;
- порівняти алгоритми (Decision Tree, Random Forest, LSTM, XGBoost);
- оцінити їхню точність за метриками MAE, RMSE, Precision, Recall;
- визначити оптимальну модель для впровадження в систему моніторингу.

Проведено аналітичний огляд сучасних алгоритмів машинного навчання, що застосовуються для прогнозування технічного стану обладнання.

Розглянуто моделі Decision Tree, Random Forest, XGBoost та LSTM, які найчастіше використовуються у задачах оцінювання залишкового ресурсу й виявлення відхилень у роботі технологічних систем [3–5].

Методологічну основу дослідження становить порівняння алгоритмів за показниками точності прогнозування (MAE, RMSE), стійкості до шуму, швидкодії та вимог до обчислювальних ресурсів.

Для узагальнення результатів застосовано порівняльний аналіз наукових публікацій і практичних реалізацій у галузі інтелектуального технічного обслуговування [1–5].

На основі проведеного аналізу встановлено, що ансамблеві алгоритми (Random Forest, XGBoost) забезпечують високу точність при помірних обчислювальних витратах [5], тоді як рекурентні нейронні мережі типу LSTM ефективніше враховують часову динаміку деградаційних процесів обладнання [2, 3, 4].

Алгоритм Decision Tree характеризується простотою реалізації, проте поступається за точністю прогнозування.

Таким чином, для систем технічного моніторингу доцільно застосовувати комбінований підхід, у якому ансамблеві методи використовуються для попередньої оцінки, а нейронні мережі — для уточнення результатів на часових рядах.

Проведений аналіз підтвердив ефективність використання алгоритмів машинного навчання у завданнях прогнозування технічного стану обладнання.

Оптимальним напрямом подальших досліджень є розроблення адаптивної системи прогнозного обслуговування, інтегрованої у SCADA-рівень керування промисловими об'єктами [1, 3].

Література

1. Bousdekis A., Magoutas B., Apostolou D., Mentzas G. (2020) Predictive Maintenance in the 4th Industrial Revolution: Benefits, Business Opportunities, and Challenges. *Procedia Manufacturing*, 51, 1239–1246.
2. Khan S., Yairi T. (2018) A Review on the Application of Deep Learning in Industrial Fault Diagnosis, *Neurocomputing*, 364, 413–422.
3. Zhang C., Lim P., Qin A. K., Tan K. C. (2019) Multiobjective Deep Belief Networks Ensemble for Remaining Useful Life Estimation in Prognostics. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, 30(10), 2790–2800.
4. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press.
5. Breiman L. (2001). Random Forests, *Machine Learning*, 45(1), 5–32.
6. Santos D., Montalvão J., Araujo C. A. C., Lebre U. D. E. S., Ferreira T. V., Freire E. O. (2024) Performance Assessment of Object Detection Models Trained with Synthetic Data: A Case Study on Electrical Equipment Detection, *Sensors*, 24, 4219.
7. Xin S., Jiewei L., Jiaen X., Peng C. (2025) Recent Advances on Vibration Sensors and Calibration Methods for the Operation and Maintenance of Mechanical Equipment, *Measurement Science Review*, vol. 25, no. 3, pp. 122–133.
8. Zheng J., Yang S., Wang X., Xia X., Xiao Y., Li T. (2019) A Decision Tree Based Road Recognition Approach Using Roadside Fixed 3D LiDAR Sensors, *IEEE Access*, vol. 7, pp. 53878–53890.

Сучасні підходи до розробки системи автоматичного розпізнавання українського мовлення та їх проблематика

В. Є. Луц, О. І. Безверхий

Національний транспортний університет, Київ, Україна

Автоматичне розпізнавання мови (ASR) є однією з найбільш активно розвиваючихся галузей досліджень у сфері штучного інтелекту, машинного навчання та обробки природної мови. Мета таких технологій полягає у розпізнаванні вимовлених слів у вигляді тексту з максимальною точністю та швидкістю. Однак в українській мові, яка має досить складну фонетичну структуру з варіаціями наголосу та численними діалектами з фонетичними варіаціями у вимовлених словах, розробка таких технологій є складним науково-технічним завданням.

Сучасні передові методи реалізації моделей розпізнавання мови включають застосування моделей глибокого навчання та трансформаторних моделей, таких як Whisper (розроблена OpenAI), Wav2Vec2 (розроблена Meta), Conformer, XLS-R, які демонструють вищу точність та стійкість до шуму. Ці моделі навчаються на великомасштабних багатомовних корпусах, що дозволяє їм навчитися розпізнавати відповідні закономірності в аудіохарактеристиках та послідовності символів.

Розробка українських систем ASR (див. Рис. 1) також передбачає важливий етап — збір і створення корпусів аудіоданих, які повинні містити різні типи мовлення — від читання до вільного діалогу, з різними акцентами, темпами мовлення та моделями. Можна відзначити позитивну тенденцію до відкриття мовних ресурсів України, зокрема завдяки таким проектам, як Common Voice (Mozilla) та Ukrainian Speech Corpus; однак ці зразки даних все ще потребують більшої збалансованості для достатнього навчання українських моделей. Однією з проблем, що існує в рамках поточних досліджень, є відсутність стандартизованих аудіоанотацій з транскрипціями.

Іншою серйозною проблемою є залежність моделей від домену, через що модель, навчена на наборі типів мовлення (наприклад, оголошення новин), демонструє значне погіршення точності при розпізнаванні спонтанного та емоційного мовлення. Рішення цієї проблеми полягає в активно досліджуваних техніках, які мають на меті адаптувати моделі для вирішення завдань у конкретно визначених випадках використання (навчальні цілі, медичні застосування, побутові застосування тощо). У найближчому майбутньому тенденція розвитку може бути спрямована на інтеграцію акустичних моделей з великими мовними моделями (LLM), здатними коригувати результати з урахуванням контексту, щоб запобігти ускладненню помилок через неоднозначність граматики та значення.

Поряд з технічними факторами, іншим важливим елементом є оцінка ефективності систем розпізнавання. Найпопулярнішим показником тут є Word Error Rate (WER), що виражає частку неправильно розпізнаних, пропущених

або зайвих слів під час процесу розпізнавання. У випадку з моделями української мови середній рівень помилок WER все ще залишається вищим порівняно з аналогічними моделями англійської мови; це пояснюється відсутністю даних про моделі української мови, а також граматичними складнощами української мови. У цьому контексті доцільним видається встановлення локалізованих заходів, що враховують граматичні складнощі української мови.



Рис. 1. Блок-схема роботи ASR систем

Отже, розробка повністю автоматичних систем розпізнавання української мови досягла стадії активного розвитку, але гальмується певними науковими та практичними завданнями.

Для просування вперед необхідно об'єднати зусилля наукової спільноти, компаній у сфері інформаційних технологій та державних проєктів, зокрема в таких напрямках, як розробка великих безкоштовних корпусів української мови, дослідження в галузі мультимодальних та доменних моделей, а також включення україномовних рішень до міжнародного середовища штучного інтелекту. Тільки завдяки такій співпраці можна гарантувати, що українські технології розпізнавання мови будуть на рівні світових.

Література

1. TensorFlow (2025) [online]. URL: <https://www.tensorflow.org/?hl=en>.
2. Pytorch (2025) [online]. URL: <https://pytorch.org>.

Сценарії використання сервісу машинного перекладу в цифрових каналах**І. Малець***Інститут поліграфії та медійних технологій Львівської політехніки*

Для багатьох поліграфічних і освітніх проєктів друкована продукція та веб-публікації доповнюються активністю в соціальних медіа й цифрових каналах дистрибуції. Маркетингові кампанії, інформаційні повідомлення для студентів, анонси заходів, результати досліджень — усе це дедалі частіше публікується паралельно: у вигляді листівок і буклетів, новин на сайті, постів у соціальних мережах, електронних розсилок.

Для проєктованого сервісу машинного перекладу [1] принципово важливо, що більшість текстів для таких каналів не є самостійними об'єктами, а походять від базового контенту: анотацій публікацій, описів заходів, маркетингових пропозицій, які вже зберігаються в CMS, репозиторіях чи VDP-шаблонах. Базовий текст виступає джерелом правок, а короткі повідомлення для соціальних медіа розглядаються як похідні варіанти.

Сервіс машинного перекладу в такій схемі отримує на вхід не абстрактний текст поста, а посилання на відповідний контентний ключ чи запис, з якого цей текст походить. Це дозволяє забезпечити узгодженість термінології, назв заходів, дат і формулювань між друкованими матеріалами, веб-сторінками та цифровими повідомленнями. Завдання сервісу полягає в тому, щоб забезпечити узгоджені мультимовні варіанти цього контенту в різних каналах і не перетворити цифрові повідомлення на “паралельну реальність” із випадково перекладеними фрагментами.

При розгортанні сервісу машинного перекладу в соціальних медіа та платформах контент-маркетингу сформовано кілька типових сценаріїв, які відображені в таблиці 1. У всіх цих сценаріях вихідною точкою є контент, уже описаний у CMS, репозиторії або VDP-системі, а цифрові повідомлення розглядаються як похідні варіанти, що повинні залишатися узгодженими з базовими текстами.

Усі наведені сценарії розглядаються не як окремі випадки разового перекладу, а як частини єдиного процесу підготовки персоналізованого багатомовного контенту. Для сервісу машинного перекладу це означає, що він повинен уміти працювати з короткими текстами, які часто оновлюються, але водночас залишаються прив'язаними до тих самих контентних ключів, що використовуються у VDP-процесах, наукових платформах та веб-публікаціях.

Соціальні медіа та розсилки дають змогу досить точно сегментувати аудиторію за географією, мовою інтерфейсу, попередніми взаємодіями. З погляду цієї роботи це означає, що всі цифрові канали природно підтримують поняття мовного профілю користувача. Якщо в CRM або в системі планування кампаній є інформація про те, якою мовою зручно сприймати інформацію конкретній групі користувачів, ця інформація може бути використана для автоматичного вибору мовних варіантів повідомлень.

Таблиця 1.

Моделювання сценаріїв цільового інтегрування
сервісу машинного перекладу в соціальні медіа

Канал / тип контенту	Джерело базового тексту	Роль сервісу машинного перекладу
Пост у соціальній мережі про захід	Опис події в CMS або репозиторії	переклад короткого анонсу
Електронне запрошення на конференцію	VDP-шаблон	узгоджені мовні варіанти запрошення і листа
Інформаційний лист для студентів	Опис навчального курсу або проєкту	цільові термінологічні переклади повідомлень
Анонс виходу нового номера журналу	Метадані випуску на журн. платформі	переклад назви опису випуску для публікації на сайті
Короткі нагадування та пуш-повідомлення	Базовий текст з CMS або системи розкладу подій	генерування компактних мовних варіанти нагадувань, зберігаючи ключові терміни й назви.

Сервіс машинного перекладу в такому сценарії працює не лише як інструмент «перекласти текст», а як частина механізму персоналізації. Під час формування кампанії для кожної аудиторії задається набір цільових мов, а система каналів звертається до сервісу машинного перекладу із запитом, у якому є посилання на базовий текст і перелік мовних атрибутів сегмента. Сервіс повертає потрібні мовні варіанти, а система доставки вже обирає для кожного отримувача той, що відповідає його профілю.

Такий підхід дозволяє поєднати класичну VDP-персоналізацію, де змінюються, наприклад, прізвище та набір пропозицій у листівці, із мовною персоналізацією в цифрових каналах. Для сервісу машинного перекладу це додатково підкреслює необхідність працювати з мовними парами та контентними ключами як з окремими сутностями, а не просто з текстом без контексту застосування.

Саме така узгодженість дозволяє уникнути ситуації, коли друкована листівка, запис у репозиторії та пост у соціальній мережі формально стосуються однієї й тієї самої події, але використовують різні терміни та формулювання.

У подальшому це буде відображено в побудові програмного рушія сервісу машинного перекладу та у визначенні його API для VDP-систем, репозиторіїв і веб-платформ.

Література

1. Malets I. (2025) Review of machine translation quality assessment methods for personalized content preparation, *Youth Science: Innovations and Global Challenges*, vol. 2.

Інтелектуальний аналіз даних для систем А/В тестування**Р. В. Мельничук, М. П. Костіков***Національний університет харчових технологій*

Нині зростає роль вебресурсів для конкурентоздатності компаній у цифровій економіці. Для підприємств, що розробляють і супроводжують вебсайти клієнтів, ефективність інтерфейсу та користувацьких сценаріїв безпосередньо впливає на конверсію та фінансові результати замовників. Традиційні підходи на базі загальних показників вебаналітики або експертних оцінок не забезпечують достатньої обґрунтованості рішень щодо змін на сайті.

А/В тестування дозволяє порівняти альтернативні варіанти інтерфейсу та функціоналу за статистично значущими метриками. Особливостям його застосування присвячено ряд сучасних досліджень [1–2]. Та наявні комерційні платформи А/В тестування часто дорогі, складні для інтеграції та надлишкові для невеликих студій і фахівців, які працюють із клієнтськими проєктами.

У нинішній роботі було розглянуто підхід до підвищення ефективності вебресурсів на основі А/В тестування та інтелектуального аналізу даних. Показано, що існуючі платформи онлайн-експериментів орієнтовані переважно на великий бізнес, є дорогими та недостатньо гнучкими для малих підприємств. Обґрунтовано доцільність створення власної інформаційно-аналітичної системи (ІАС), яка забезпечує збір, потокову обробку та аналітику подій користувачів у режимі, наближеному до реального часу.

Запропоновано архітектуру ІАС на основі JavaScript SDK, API-шлюзу, брокера повідомлень та колонкової СУБД. Описано застосування статистичних методів та інтелектуального аналізу для оцінювання конверсії й визначення статистично значущих відмінностей між варіантами інтерфейсу. Показано, що впровадження такої системи дає змогу підвищити конверсію вебсайтів і підтримати прийняття рішень на основі даних у невеликих веборієнтованих компаніях.

Сучасні вебресурси конкурують за увагу користувачів, і навіть незначні зміни інтерфейсу можуть помітно впливати на конверсію. А/В тестування є базовим інструментом перевірки таких змін, проте популярні платформи для експериментів мають високі ліцензійні витрати та орієнтовані на enterprise-сегмент. Це обмежує можливості малих і середніх підприємств, які потребують доступних і гнучких рішень для прийняття рішень на основі даних, а не інтуїції.

Запропонована інформаційно-аналітична система покликана усунути ці обмеження. Вона побудована за подієво-орієнтованою архітектурою та включає:

- клієнтський модуль (JS SDK), що інтегрується у код сайту, розподіляє трафік між варіантами А/В, модифікує інтерфейс та фіксує події (показ і цільову дію);
- API-шлюз, який приймає запити від клієнтського коду та передає події до брокера повідомлень;

платформу потокової обробки (наприклад, Kafka) для надійного збору та буферизації подій у режимі високих навантажень;
аналітичне сховище на базі колоночної СУБД (наприклад, ClickHouse) для швидкого виконання OLAP-запитів;
аналітичний модуль, що обчислює ключові показники та перевіряє статистичні гіпотези;
вебдашборд, який наочно відображає результати експериментів для користувача.

У системі реалізовано низку інтелектуальних методів аналізу даних. На базовому рівні виконується агрегація подій та розрахунок коефіцієнтів конверсії для кожного варіанта. Далі застосовуються статистичні тести для визначення, чи є різниця між варіантами статистично значущою при заданому рівні довіри. Це дозволяє формувати чіткі висновки щодо доцільності впровадження того чи іншого варіанта інтерфейсу.

Перспективним напрямом розвитку є інтеграція методів машинного навчання для сегментації користувачів та прогнозування ефекту від змін.

Практична цінність створеної системи полягає в тому, що вона робить культуру експериментування доступною для невеликих компаній. Власники вебресурсів отримують інструмент для систематичного підвищення конверсії та оптимізації користувацького досвіду.

Розроблення інформаційно-аналітичної системи А/В тестування на основі інтелектуальних методів аналізу даних є ефективним підходом до підвищення результативності вебресурсів.

Запропонована архітектура забезпечує масштабовану потокову обробку подій, швидку аналітику та автоматизоване отримання висновків щодо переваг варіантів інтерфейсу. Це дозволяє малим і середнім підприємствам приймати обґрунтовані рішення, підвищувати конверсію та якість своїх вебпродуктів без значних ліцензійних витрат.

Література

1. Basu S., Schillinger D., Patel S. Y., Rigdon J. (2024) Simulating A/B testing versus SMART designs for LLM-driven patient engagement to close preventive care gaps, *NPJ Digital Medicine*, vol. 7, no. 1, pp. 1–8.
2. Sheng J., Liu H., Wang B. (2023) Research on the Optimization of A/B Testing System Based on Dynamic Strategy Distribution, *Processes*, 11(3), 912.
3. The Apache Software Foundation, б.д. Apache Kafka documentation. [online] URL : <https://kafka.apache.org/documentation>.
4. ClickHouse Inc. (2025) *ClickHouse documentation* [online]. URL : <https://clickhouse.com/docs>.
5. Google (2025) *Introducing the next generation of Analytics* [online]. URL : <https://support.google.com/analytics/answer/10089681>.
6. Neussesser T. (2024) *A/B Testing 101*. Nielsen Norman Group [online]. URL : <https://www.nngroup.com/articles/ab-testing>.
7. Lucht R. (2024) Optimizely Pricing: How Much Does it Cost? [online], *Eppo Blog*, URL : <https://www.getepo.com/blog/optimizely-pricing>.

**Аналіз методів визначення ознак псування продукції на основі
мультиспектральних даних, зібраних автономними бпла у складських
приміщеннях**

Д. Ю. Мороз

Національний університет харчових технологій

Контроль стану продукції на складах є ключовим елементом забезпечення безпеки харчових товарів та зменшення економічних втрат підприємств. Умови зберігання, температура, вологість та інші параметри безпосередньо впливають на швидкість псування, і традиційні вибіркові перевірки здебільшого не забезпечують повного охоплення складських площ. Сучасні підходи передбачають використання безконтактних технологій, зокрема мультиспектральної зйомки, що дає змогу фіксувати приховані зміни у структурі продукції. Дослідження у цій сфері підтверджують можливість використання спектральних методів для ідентифікації ранніх ознак псування ще до появи видимих дефектів.

Мультиспектральна зйомка забезпечує отримання даних у кількох спектральних діапазонах, чутливих до змін вологості, деградації пігментів, окиснення та інших біохімічних процесів. У роботах українських науковців показано, що спектральні індекси, сформовані на основі відношення інтенсивностей світла в окремих діапазонах, дозволяють ефективно оцінювати ступінь свіжості продукції та виявляти локальні аномалії, характерні для псування. Це створює передумови для інтеграції таких методів у складські комплекси для оперативного контролю стану товарів.

Особливу увагу в аналізі методів виявлення псування слід приділити процесу сегментації та виділення зон інтересу. Оскільки частина продукції може бути упакована у коробки чи плівку, мультиспектральні дані іноді потребують додаткової нормалізації, зокрема корекції освітлення, вирівнювання контрасту та компенсації відблисків. Алгоритми семантичної сегментації дозволяють локалізувати товарні одиниці на стелажах та визначити ділянки, які можуть вимагати детальнішого аналізу. У дослідженнях продемонстровано ефективність комбінованих методів обробки зображень, що поєднують спектральні ознаки з даними термографії [1].

У низці робіт українських авторів описано застосування моделей машинного навчання для оцінки спектральних ознак продукції. Зокрема, методи SVM та дерева рішень показали добрі результати при класифікації стану м'ясних та молочних виробів у експериментальних дослідженнях, виконаних у лабораторних умовах. Їх перевагою є відносно невисокі обчислювальні витрати, що дозволяє реалізувати моделі безпосередньо на бортових комп'ютерах БПЛА або на серверних системах складу.

Окремою перспективною групою є методи глибокого навчання, які здатні враховувати складні нелінійні залежності та поєднувати просторові та спектральні параметри даних. Українські дослідницькі центри демонструють

значні успіхи у використанні згорткових нейронних мереж для класифікації змін стану об'єктів [2]. Водночас застосування таких алгоритмів у складських приміщеннях потребує створення наборів даних, що враховують особливості логістичних середовищ: штучне освітлення, змінні температурні умови, тіньові зони та відблиски від упаковок.

На Рис. 1 наведено спрощену архітектуру системи аналізу мультиспектральних даних, у якій БПЛА виконує обліт складських стелажів, збирає спектральну інформацію та передає її для подальшої обробки. Аналіз існуючих методів показує, що мультиспектральна зйомка у поєднанні з алгоритмами машинного та глибокого навчання є перспективним напрямом для впровадження у складські системи контролю якості в поєднанні з автономними БПЛА. Подальші дослідження слід спрямувати на адаптацію методів до реальних умов експлуатації та оптимізацію процедур збору та обробки даних.

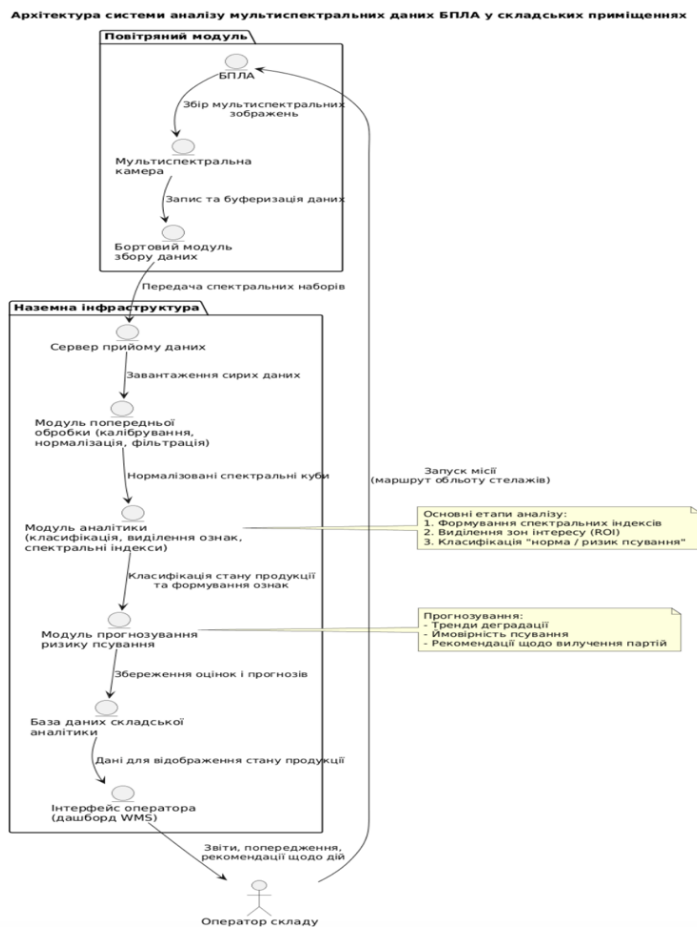


Рис. 1. Архітектура системи аналізу мультиспектральних даних

Література

1. Бондаренко І. (2024) Оптичні методи неінвазивного моніторингу харчової продукції, *Вісник ТНТУ*.
2. Петренко С. (2023) Нейромережеві моделі для аналізу стану, *Вісник ХНУРЕ*. URL: <https://repository.kpi.kharkov.ua/items/cc2b2944-088e-45a6-9fdb-30bb18f01064>.

Постановка задачі розробки методу використання автономних БПЛА для інвентаризації та контролю стану продукції на складах**Д. Ю. Мороз***Національний університет харчових технологій*

Сучасні тенденції розвитку складської логістики демонструють швидке впровадження автономних технологій, серед яких особливе місце посідають безпілотні літальні апарати (БПЛА). Їх використання дозволяє суттєво оптимізувати процеси інвентаризації, забезпечувати оперативний моніторинг продукції та підвищувати точність обліку. Основною проблемою традиційних методів контролю є їхня низька швидкість, висока трудомісткість та значна ймовірність помилок, що критично в умовах великих логістичних центрів.

Інтеграція автономних БПЛА у складську інфраструктуру потребує створення комплексного методу, що включає алгоритми збору даних, комп'ютерного зору, навігації, локалізації та прогнозування стану продукції. У світовій практиці такі системи демонструють скорочення часу інвентаризації на 50–80% та зменшення кількості помилок до рівня менш ніж 1% [1].

Важливою складовою є автоматизоване розпізнавання маркерів, штрихкодів, QR-кодів та RFID-міток. Завдяки сучасним моделям глибокого навчання, зокрема YOLOv11, можливо досягати високої точності детекції навіть в умовах змінного освітлення та на складних фонах [2]. Крім того, використання мультиспектральних та теплових сенсорів забезпечує можливість виявлення ранніх ознак псування продукції. Згідно з актуальними дослідженнями, мультиспектральний аналіз дозволяє прогнозувати процеси псування з точністю понад 90%.

Однією з ключових задач у використанні БПЛА всередині приміщень є локалізація. Використання алгоритмів SLAM дозволяє дрону будувати карту простору та точно визначати власну позицію без використання GPS, що критично у складських приміщеннях. Сучасні реалізації SLAM демонструють високу робастність навіть за умов наявності вузьких проходів, стелажного обладнання та динамічних перешкод [4].

Ще одним важливим аспектом є побудова моделі прогнозування стану продукції, яка ґрунтується на поєднанні візуальних, температурних та газових показників. Використання нейронних мереж для аналізу часових рядів дозволяє виявляти аномалії та передбачати деградацію продукції на ранніх етапах. Подібні системи активно впроваджуються у харчовій та фармацевтичній галузях, де порушення умов зберігання може призвести до суттєвих збитків [5].

На Рис. 1 наведено розширену схему функціонування комплексної системи автономної інвентаризації на основі БПЛА, що включає модулі збору даних, аналізу, навігації та прогнозування.

Таким чином, постановка задачі розвитку методу використання автономних БПЛА у складській логістиці передбачає комплексний підхід, що включає застосування сучасних сенсорних технологій, алгоритмів

комп'ютерного зору, систем локалізації та моделей прогнозування. Розробка такого методу дозволить підвищити ефективність складської інфраструктури, забезпечити високий рівень безпеки та запобігання псуванню продукції.

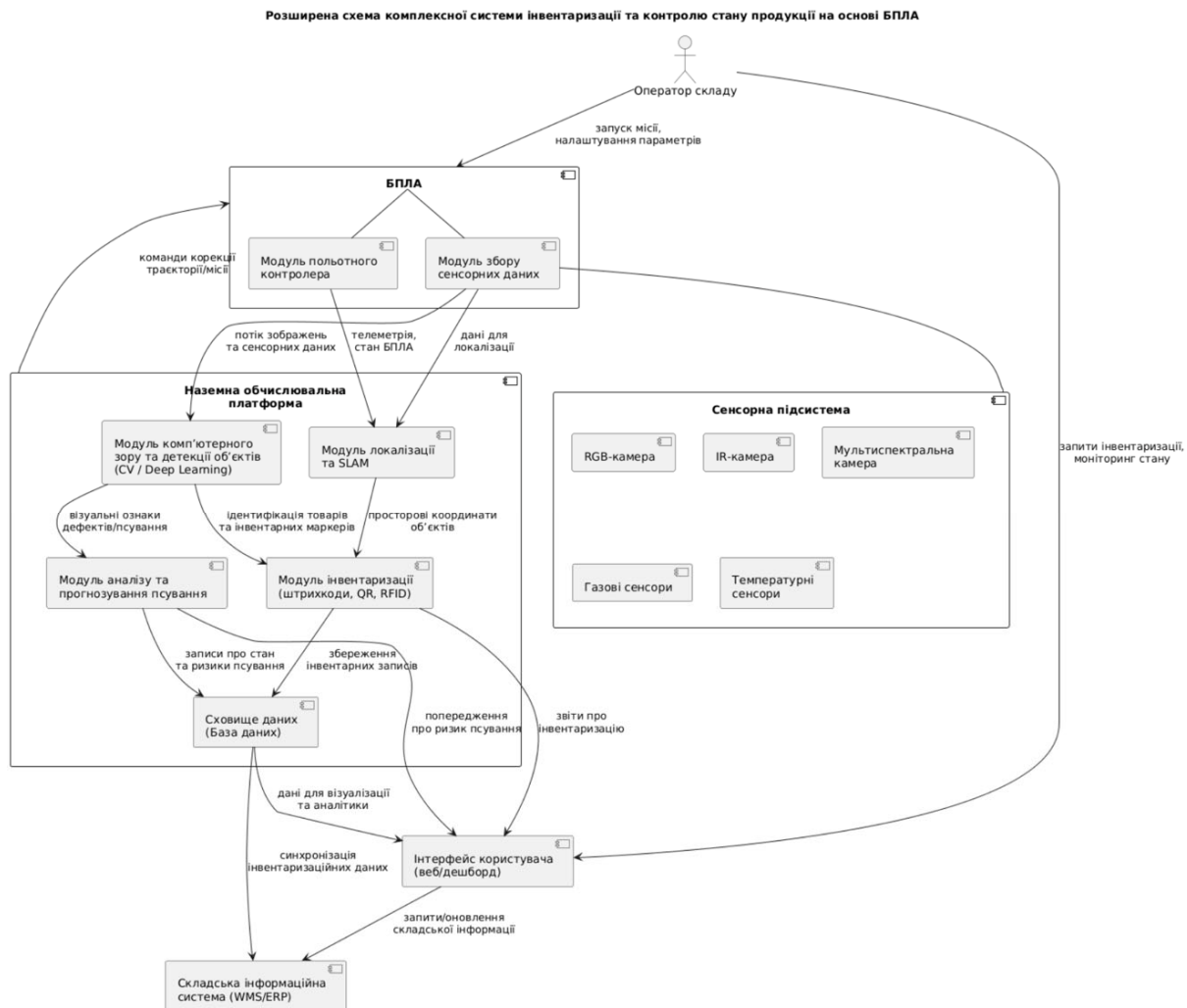


Рис. 1. Розширена схема комплексної системи інвентаризації та контролю стану продукції на основі БПЛА.

Література

1. DHL (2023) *Robotics in Logistics* [online]. URL : <https://www.dhl.com/content/dam/dhl/global/core/documents/pdf/glo-core-robotics-in-logistics-trend-report.pdf>.
2. Ultralytics (2025) *YOLOv11 Documentation* [online]. URL : <https://docs.ultralytics.com/models/yolov11>.
3. Rezwan S., Choi W. (2022) Artificial Intelligence Approaches for UAV Navigation: Recent Advances and Future Challenges. *IEEE Access*, [online] 10, c.26320–26345. URL : <https://ieeexplore.ieee.org/stampPDF/getPDF.jsp>.
4. Rao A. S. R., Govindaraju V., Rao C. R. (2023) *Deep Learning. Handbook of Statistics*, vol. 48. 1st ed. [online]. Academic Press : Elsevier. URL : <https://shop.elsevier.com/books/deep-learning/srinivasa-rao/978-0-443-18430-7>.

**Постановка задачі розробки алгоритмів інтелектуального позиціонування
БПЛА для точного збору мультиспектральних даних у складських
приміщеннях**

Д. Ю. Мороз, О. П. Андріюк

Національний університет харчових технологій

Якісний контроль продукції на складах неможливий без точного та стабільного збору даних, особливо коли йдеться про застосування мультиспектральних сенсорів для виявлення перших ознак псування. Такі сенсори є чутливими до змін зовнішніх умов, тому результат знімання значною мірою залежить від кута огляду, інтенсивності освітлення, відстані до об'єкта та стабільності руху платформи. Це висуває підвищені вимоги до точності позиціонування БПЛА в процесі пересування між стелажми та збору спектральної інформації. Саме тому постає потреба у створенні адаптивних алгоритмів керування, здатних автоматично коригувати траєкторію польоту, підтримувати необхідну висоту та кут нахилу сенсорів, оптимізуючи параметри знімання для забезпечення максимальної інформативності даних.

У таких умовах безпілотник має працювати в режимі динамічної адаптації: змінювати висоту, коригувати швидкість руху, стабілізувати орієнтацію та утримувати безпечну дистанцію до стелажів і об'єктів. Додаткову складність створює відсутність GPS усередині складських приміщень, через що навігація повинна спиратися на методи візуальної одометрії, SLAM та аналізу локальних ознак. Ці підходи забезпечують можливість точної побудови карти простору в реальному часі, надійного уникнення перешкод і стабільного руху БПЛА в умовах складної структури складу [1].

Точність оцінювання мультиспектральних даних значною мірою залежить від якості попередньої обробки зібраних зображень. Передусім йдеться про нормалізацію освітлення, зменшення впливу відблисків, придушення шумів, а також ретельне сегментування зон, у яких необхідно виконувати детальний аналіз. Результати експериментальних досліджень свідчать, що коректно реалізовані етапи попередньої обробки суттєво знижують похибки при обчисленні спектральних індексів і підвищують точність виявлення початкових змін у структурі продукції, які ще не помітні візуально [2].

Після виконання процедур очищення та нормалізації система переходить до етапу оцінювання стану товарів. Моделі машинного навчання аналізують спектральні характеристики, визначають, чи відповідає продукція нормі, та формують висновок щодо можливого ризику її псування. На основі цих даних генеруються повідомлення та рекомендації для працівників складу, що дозволяє оперативно реагувати на потенційні загрози. Поєднання спектральних даних, просторових моделей навігації та прогнозних алгоритмів створює умови для раннього виявлення небажаних змін ще до того, як вони проявляться у

вигляді дефектів, що значно покращує ефективність управління логістичними процесами та зменшує ризики втрат.

На Рис. 1 подано узагальнену структуру такої системи. Її застосування забезпечує узгоджену роботу модулів навігації, стабілізації БПЛА та аналізу спектральних даних, що у комплексі дозволяє підвищити точність і швидкість контролю якості продукції, оптимізувати складські операції та мінімізувати втрати, пов'язані з передчасним псуванням.

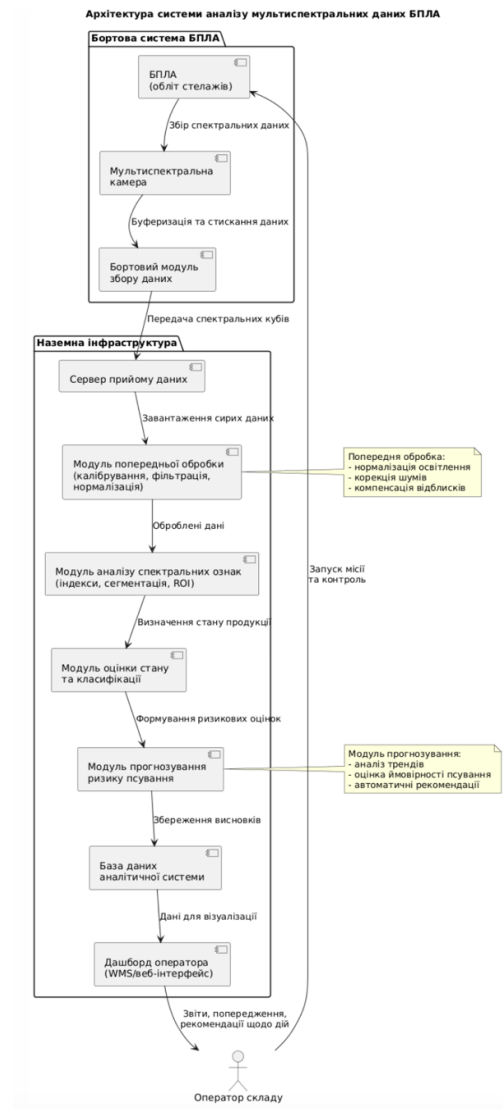


Рис. 1. Архітектура системи аналізу мультиспектральних даних

Література

1. Alajami A. A., Moreno G., Pous R. (2022) Design of a UAV for Autonomous RFID-Based Dynamic Inventories Using Stigmergy for Mapless Indoor Environments, *Drones*, vol. 6, no. 8, article 208.

2. Yamada M., Thiesen L. V., Iost Filho F. H., Yamamoto P. T. (2024) Hyperspectral Imaging and Machine Learning: A Promising Tool for the Early Detection of *Tetranychus urticae* Koch Infestation in Cotton, *Agriculture*, vol. 14, no. 9, article 1573. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture14091573>.

Семантична інтеграція метаданих при вебсупроводі наукових комунікацій**Р. Мороз***Інститут поліграфії та медійних технологій Львівської політехніки*

Зростання обсягів наукової інформації зумовлює створення спеціалізованих інформаційних платформ для видавничого супроводу наукових досліджень. Сучасні наукові комунікації вимагають нових інструментів для ефективного зберігання, обміну та пошуку наукових публікацій, оскільки традиційні методи публікації та обміну результатами досліджень не завжди здатні забезпечити необхідний рівень доступності та інтеграції даних. Важливим аспектом цього процесу є побудова платформ [1], які б не лише забезпечували доступ до публікацій, але й інтегрували наукову інформацію з різних джерел у єдину систему, сприяючи тим самим розвитку відкритої науки.

Основою для структуризації наукової інформації виступають метадані, будучи одним з ключових елементів таких платформ. Моделі подання метаданих стають невід'ємною частиною публікаційних веб-сервісів, оскільки вони дозволяють ефективно організувати, систематизувати та класифікувати великі обсяги даних. Завдяки метаданим можна забезпечити легкість у пошуку, доступності та взаємодії між різними типами наукових ресурсів, що, в свою чергу, підвищує ефективність наукових досліджень і сприяє розвитку між-дисциплінарних ініціатив.

Особливо важливим є питання семантичної інтеграції метаданих, дозволяючи забезпечити зв'язки між різними елементами наукової інформації, враховуючи не тільки формальні характеристики, такі як автор, дата публікації, але й змістовні аспекти, такі як контекст, галузева специфіка, методологічні особливості досліджень. Семантична інтеграція метаданих є необхідною умовою для створення інтелектуальних інформаційних систем, які можуть автоматично обробляти, зберігати та передавати наукові дані, підтримуючи високий рівень точності та ефективності. Це сприяє не тільки покращенню пошукових можливостей, але й підвищенню точності наукових висновків, адже дозволяє розкривати приховані зв'язки між дослідженнями та створювати нові можливості для інтерпретації наукових результатів.

Для семантичної інтеграції даних використовуються графові моделі RDF структурованого опису ресурсів, які дозволяють описувати зв'язки між об'єктами, такими як автор, організація, стаття, журнал, у вигляді триплетів «суб'єкт - властивість - об'єкт» (рис. 1). Це забезпечує можливість побудови мережі наукових комунікацій і автоматичного аналізу цитування. Центральним ядром адаптованої моделі RDF, що відображає зв'язки між основними елементом публікаційної платформи, є вузол **Публікація**, який має низку пов'язаних елементів. За допомогою властивості *{автор}* встановлюється зв'язок з вузлом кожного автора **Автор_**, який у свою чергу містить властивість *{ORCID}*, що ідентифікує автора у глобальному реєстрі дослідників, *{eMail}* з виходом на електронну пошту, *{афіліація}* для **Академії**.

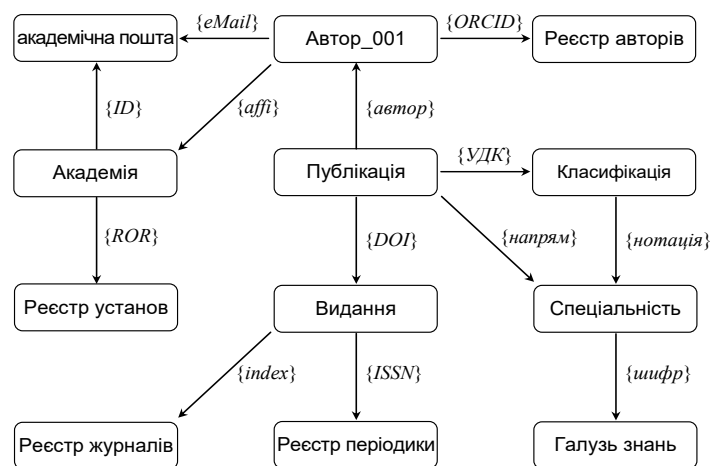


Рис. 1. Графова модель структурованого опису ресурсів публікації

Наступний предикат $\{DOI\}$ пов'язує публікацію з об'єктом **Видання**, у якому стаття була опублікована. Для журналу визначено властивість $\{ISSN\}$ як міжнародний стандартний номер серіального видання $\{індекс\}$, що вказує на статус видання у реєстрі журналів. Додаткові вузли RDF-графа представляють галузеву приналежність роботи. Наприклад, предикат $\{напрям\}$ зв'язує тематику публікації через наукову секцію з вузлом **Спеціальність**. Тематичний напрям також визначає універсальний десятиковий код $\{УДК\}$, який через вузол **Спеціальність** під'єднаний до більш загального поняття **Галузь знань**. Завдяки адаптованій структурі RDF дозволяє зберігати не лише фактологічні дані, а й семантичні відношення між ними. Кожен вузол може мати унікальний ідентифікатор URI, що робить можливим об'єднання даних з різних джерел і виконання запитів мовою SPARQL. Наведена модель придатна для формування пов'язаних наукових баз знань, де окремі публікації, автори та установи виступають вузлами єдиної інформаційної мережі. Це спрощує інтеграцію метаданих між репозитаріями, автоматизує побудову профілів дослідників, виявлення тематичних зв'язків між публікаціями та аналіз наукових колаборацій. У контексті видавничого супроводу наукових досліджень RDF-графи дають змогу створювати відкриті структуровані каталоги публікацій, які легко масштабуються, повторно використовуються і забезпечують машинну сумісність у межах публікаційних платформ.

Таким чином, представлена адаптована модель RDF для семантичної інтеграції метаданих при веб-супроводі наукових комунікацій дозволяє ефективно об'єднувати різноманітні джерела метаданих, забезпечуючи їхню взаємодію через інформаційні платформи, що в свою чергу покращує доступність та видимість наукових публікацій, сприяє розвитку міждисциплінарних досліджень і створює умови для більш ефективного та точного обміну знаннями.

Література

1. Мороз Р. (2025) Комунікаційні інструменти аналізу даних в публікаційних платформах на базі штучного інтелекту, *Комп'ютерні ігри і мультимедіа*, с. 344–346.

Інформаційна підсистема працівника HR-відділу лікувального закладу**А. І. Москалюк***Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»***М. В. Гладка***Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

Цифрова трансформація кадрових процесів у медичних закладах натрапляє на дві взаємопов'язані перепони: нормативну складність (первинні форми, атестації, стажування, безперервний професійний розвиток) і високу вартість адаптації універсальних HR-рішень під клінічні реалії. У результаті значна частина операцій залишається ручною, повільною та схильною до помилок.

У поданій роботі презентовано інформаційну підсистему для HR-відділу лікувального закладу, спроектовану спеціально під медичний контекст: від моменту прийняття працівника до супроводу стажування, навчання та атестації. Підхід спирається на принципи управління людськими ресурсами в охороні здоров'я [1] і напрацювання щодо HR-інформаційних систем у клінічній сфері [3].

Проблема полягає в тому, що HR-підрозділи лікарень оперують процесами й артефактами, яких зазвичай немає або вони недостатньо опрацьовані в універсальних HR-платформах (стажування з наставництвом, планові й позачергові атестації, професійний розвиток за медичними формами тощо). За даними глобальних оглядів, типові провали впровадження у сфері охорони здоров'я пов'язані з невідповідністю моделі даних, браком аналітики про якість кадрів, складністю інтеграції й опору користувачів [2].

Мета підсистеми — зменшити операційне навантаження на HR-відділ і керівників підрозділів, забезпечивши контроль життєвого циклу кадрових документів і подій (прийняття, стажування, відпустки, навчання, атестації) в єдиній моделі даних, сумісній з рекомендованим набором відомостей про кадровий склад [4].

Вибір мінімально достатньої, але розширюваної схеми є критичним: ядро складають сутності Працівник, Документ, Стажування, Оцінювання стажування, Атестації (план/історія), Підписи, Користувачі/Ролі. Така структура дозволяє відобразити як статичні атрибути (ідентифікаційні та кваліфікаційні відомості), так і події — зміни статусів, етапи погодження, результати оцінювання, факт накладання підпису [3].

Запропонована архітектура реалізована у вигляді настільного застосунку з локальною СУБД. Це рішення мотивоване вимогами до конфіденційності, автономності роботи та низького порогу входу для регіональних медзакладів. Підсистема підтримує розмежування доступу на основі ролей: HR-спеціаліст керує довідниками, прийняттям на роботу й документообігом; завідувач відділення бачить своїх співробітників і стажерів, підписує релевантні

документи та приймає рішення за результатами стажування; працівник має особистий кабінет для перегляду профілю й підпису власних документів. Принцип RBAC зменшує ризики несанкціонованих змін і полегшує навчання персоналу [1].

Ключовим є наскрізний сценарій «Прийняття - Стажування - Рішення». HR створює наказ про прийняття (П-1) і одночасно формує направлення на стажування з призначенням наставника та тривалості. Система автоматично відкриває запис стажування, генерує два документи (П-1 і направлення), розсилає їх на підпис працівнику, завідувачу, директору та бухгалтеру.

У процесі стажування завідувач формує місячні оцінки за узгодженими критеріями (професійність, дисципліна, комунікаційна взаємодія, динаміка зростання). Інтегральний показник і текстова рекомендація обчислюються на льоту - це створює прозору основу для прийняття рішення: прийняти, продовжити стажування або відмовити. Така логіка відповідає рекомендаціям щодо моніторингу кадрового ресурсу в медицині [4].

Практичний ефект очікується у трьох площинах. По-перше, скорочення часу HR на рутинні операції завдяки готовим шаблонам документів, автоматичним статусам і плануванню атестацій. По-друге, підвищення якості обліку й аудиту: у кожної події є автор, дата, поточний статус і, за потреби, версія вмісту. По-третє, управління якістю стажування через системні оцінки з єдиними шкалами та нормативи прийняття рішень. Ці напрями прямо корелюють із слабкостями, виділеними у світових оглядах ІС у медицині [2].

Підсумовуючи, представлена підсистема демонструє, що така архітектура може закрити критичні процеси HR-управління у лікарні, якщо модель даних і сценарії спроектовані під клінічні ролі, а не лише під загальний ринок праці.

У найближчій перспективі планується оцінювання ефекту в пілотних підрозділах за метриками часу обробки документів, повноти даних і дотримання атестаційних графіків, із подальшим масштабуванням функцій і інтеграцій.

Література

1. Fallon L. F., McConnell C. R. (2007) *Human Resource Management in Health Care: Principles and Practice*. Sudbury, MA : Jones & Bartlett Learning. URL : https://samples.jblearning.com/0763735310/35310_fmxx_final.pdf.

2. Riley P. L., Zuber A., Vindigni S. M. et al. (2012) Information systems on human resources for health: a global review, *Human Resources for Health*, 10, p. 7. URL : <https://human-resources-health.biomedcentral.com/articles/10.1186/1478-4491-10-7>.

3. Tursunbayeva A., Bunduchi R., Franco M., Pagliari C. (2017) Human resource information systems in health care: a systematic evidence review, *Journal of the American Medical Informatics Association*, 24(3), pp. 633–654. URL : <https://academic.oup.com/jamia/article/24/3/633/2907914>.

4. World Health Organization (2015) *Human resources for health information system: minimum data set for health workforce registry*. Geneva : WHO. URL : <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549226>.

**Алгоритм класифікації інтенцій у політичних промовах
на основі моделей семантичних представлень**

Р. А. Ніженець, О. В. Гавриленко

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

У сучасному суспільстві політична комунікація відіграє ключову роль у формуванні громадської думки та підтриманні суспільної єдності. Політичні промови не лише передають факти, а й містять певні смислові наміри — інтенції, які визначають, що саме прагне досягти мовець: інформувати, закликати, подякувати, вплинути емоційно чи проголосити нову позицію. Автоматичне визначення інтенції висловлювання стає важливою складовою сучасного контент та інтент-аналізу, особливо з огляду на постійне зростання обсягів текстових даних.

Теоретичним підґрунтям підходу до аналізу є концепція мовленнєвих актів Джона Серля [1], у якій кожне речення розглядається як дія з певним комунікативним наміром. Асертиви виражають інформування, директиви — спонукання до дії, експресиви — емоції чи оцінки, комісиви — зобов'язання, а декларативи — офіційні проголошення. Політичний дискурс природно поєднує ці категорії, надаючи їм специфічних форм, властивих публічним виступам.

На основі цієї теорії сформовано адаптований набір інтенцій, релевантний для аналізу політичних промов. Він охоплює інформування про події та рішення, директивні звернення, мобілізаційні заклики, комісиви у формі обіцянок, подяки, емоційні висловлювання, вшанування пам'яті та декларативи. Така типологія відображає реальні функції, які виконує політик у процесі звернення до громадян, — від повідомлення фактів до формування емоційної реакції чи офіційної позиції.

Для автоматичної класифікації інтенцій застосовано підхід, що поєднує семантичне моделювання та статистичні методи. Текст промови розбивається на речення, кожне з яких перетворюється на семантичний вектор за допомогою моделі SentenceTransformer. Після цього речення порівнюється з еталонними прикладами інтенцій у векторному просторі.

Особливістю алгоритму є використання двох критеріїв близькості [2]. Косинусна схожість дозволяє оцінити загальну семантичну спорідненість речення з конкретною інтенцією. Водночас відстань Махаланобіса враховує внутрішню структуру класу — його дисперсію та «щільність», завдяки чому можна точніше відрізняти справжні приклади інтенції від тих, що потрапляють до неї випадково. Поєднання цих критеріїв дає можливість формувати підсумковий скоринг, у якому домінує найімовірніша інтенція, але також враховуються другорядні — що особливо важливо для політичних промов з їх багатоплановим змістом.

Для демонстрації роботи алгоритму скористаємося умовним фрагментом політичної промови, складеним у стилі реальних публічних звернень:

«Ми продовжуємо зміцнювати оборонні можливості держави. Я дякую нашим військовим за мужність та відданість. Уряд зобов'язується забезпечити стабільне фінансування нових програм підтримки. Прошу місцеву владу підготувати оновлені плани евакуації. Пам'ятаємо всіх, хто віддав життя за свободу України.»

У такому фрагменті перше речення має інформативно-оборонний характер, друге — експресив подяки, третє — коміссив, четверте — директиву, а фінальне — висловлення скорботи.

Алгоритм визначає інтенцію кожного речення та подає не лише найбільш імовірний варіант, а й повний рейтинг інтенцій, що дозволяє побачити, як саме модель інтерпретує тон і зміст звернення. У візуалізованому вигляді промова підсвічується кольорами відповідних інтенцій, а при виборі конкретного речення користувач може переглянути топ-5 варіантів із зазначенням їх оцінок. Приклад візуалізації топу інтенцій зображено на рис. 1.

Топ інтенції				×
COM	Коміссиви (Promises / Commitments)	High	0.60	
INF	Інформування (Assertives)	Low	0.13	
CMD	Команди / директиви (Directives)	Low	0.07	
DECL	Декларативи (Declarations)	Low	0.04	
MOB	Мобілізація / заклики (Mobilizing directives)	Low	0.04	

Рис. 1. Топ інтенцій на прикладі речення з інтенцією коміссиву

Таким чином, автоматична класифікація інтенцій на основі комбінованого семантичного підходу дозволяє систематично досліджувати політичні тексти, порівнювати стилі різних промовців, виявляти приховані смислові зміщення та зрозуміти, в яких формах влада вибудовує комунікацію зі своїми громадянами.

Подальший розвиток цього методу може включати розширення типології інтенцій, адаптацію моделі до різних мовних стилів та інтеграцію з системами аналізу тем і настроїв, що відкриває можливості для комплексного дослідження сучасного політичного дискурсу.

Література

1. Searle J. R. (1969) *Speech Acts: An Essay in the Philosophy of Language*. Cambridge: Cambridge University Press.
2. Jadhav P. (2023) How Machines Measure Similarity — From Cosine to Mahalanobis [online], *Medium*. URL : <https://pandurang-jadhav.medium.com/how-machines-measure-similarity-from-cosine-to-mahalanobis-bdfeebf37a99>.

Застосування логістичного відображення в криптографії

З. Г. Новосад

Львівський торговельно-економічний університет, Львів, Україна

У сучасну епоху стрімкого обміну інформацією, коли цифрова комунікація стала невід'ємною складовою нашого повсякденного життя, питання захисту даних набуває особливого значення. Криптографія виступає ключовим інструментом забезпечення безпеки, конфіденційності та цілісності інформації, яка постійно передається через цифрові мережі. Її технології широко застосовуються — від захисту електронної пошти та онлайн-платежів до блокчейн-систем і Інтернету речей (IoT), забезпечуючи недопущення несанкціонованого доступу до даних і підтримку високого рівня довіри у цифровому просторі.

Сучасні криптографічні системи ґрунтуються на використанні математичних структур, які забезпечують складність зворотного відтворення вихідних даних. Одним із перспективних напрямів є застосування динамічних систем із хаотичною поведінкою. Хаос характеризується високою чутливістю до початкових умов і непередбачуваністю розвитку системи, що робить його придатним для створення криптографічних хеш-функцій, генераторів псевдовипадкових послідовностей тощо.

Логістичне відображення (або логістичне різницеве рівняння) породжує одну з найвідоміших хаотичних дискретних динамічних систем. Історично ця система виникла як модель розвитку біологічної популяції [4]. Існує ряд застосувань хаосу, що породжується логістичним рівнянням, у криптографії [1, 3]. Метою дослідження є можливість застосування мультичислового логістичного відображення як основи для побудови хеш-функцій.

Нехай

$$t_{n+1} = L_{\lambda}(t_n) = \lambda t_n(1 - t_n), \quad 0 < t_0 < 1, \quad 0 \leq \lambda \leq 4$$

це динамічна система пов'язана з логістичним рівнянням. Основні властивості L_{λ} можна знайти в [2].

Розглянемо відображення L_r вигляду

$$L_r(\mathbf{u}_n) = \mathbf{u}_{n+1} = \mathbf{r}\mathbf{u}_n(1 - \mathbf{u}_n),$$

де $\mathbf{u}_n = [u_n] = [(y_n | x_n)] = [(\dots, y_{n2}, y_{n1} | x_{n1}, x_{n2}, \dots)]$, $n \in \mathbb{N}$ і $\mathbf{r} = [(l | s)] = [(\dots, l_2, l_1 | s_1, s_2, \dots)]$ є елементами мультимножини.

Нехай задано послідовність натуральних чисел $a = (a_1, a_2, \dots, a_s)$. Для переходу від дискретного векторного представлення даних до аналітичної структури використовуємо перетворення з послідовності a у мультичисло $\mathbf{u} = \mathbf{u}(a)$, що задається алгоритмом:

```
Input  $a$ ;  
set  $\mathbf{u} = (0|0)$ ;  
while  $1 \leq j \leq s$ :
```

$$u := u + [(0 | \underbrace{j, \dots, j}_{a_j \text{ times}})]$$

begin if $a_j \neq 0$, then
output u .

Якщо взяти для прикладу $a=(1,0,0,1,0,1,1)$ тоді $u=[(0|1,4,6,7)]$; при $a=(0,1,1,2,0,1,2,3)$, тоді $u=[(0|2,3,4,4,6,7,7,8,8,8)]$. При цьому відображення $a \mapsto u$ є оборотним. Відображення $a \mapsto u_n = L_r^n(u_0)$ є одностороннім і складним для обернення при великих n , що дозволяє використовувати його як основу для хеш-функції. Функція $u_0 \rightarrow u_n$ не має колізій, тому результати для різних вхідних даних різні. Розміри хешу залежать від розміру вхідних даних, тому для практичного використання потрібна нормалізація. Переваги підходу:

- простота реалізації;
- гнучкість параметрів;
- чутливість до змін у вхідних даних;
- відсутність колізій.

Впровадження засобів хешування даних здатне суттєво скоротити часові затрати у процесі практичної реалізації процедур пошуку та класифікації. При хешуванні дані бази еталонів попередньо розкладають на групи подібних за деякою ознакою елементів, що значно (у тисячі разів) прискорює процес оброблення за рахунок відповідного зростання вимог до об'ємів пам'яті. Перспективна ідея зниження розмірності реалізується за допомогою хешування, шляхом попередньої побудови для еталонної множини деякої індексованої структури даних, що загалом сприяє спрощенню оброблення та знижує обчислювальні затрати на класифікацію.

Запропоновано метод побудови хеш-функцій на основі мультичислового логістичного відображення. Показано, що процес перетворення даних у мультичислову форму та ітераційне застосування відображення забезпечує односторонність і відсутність колізій. Результати свідчать про перспективність мультичислових систем для криптографічних застосувань.

Загалом криптографія залишається фундаментом сучасної інформаційної безпеки, сприяючи збереженню приватності та довіри в інформаційному суспільстві. Її подальший розвиток визначатиме рівень захищеності та ефективності цифрової взаємодії у майбутньому.

Література

1. Askar S. S., Karawia A. A., Al-Khedhairi A., Al-Amman F. S. (2019) An Algorithm of Image Encryption Using Logistic and Two-Dimensional Chaotic Economic Maps, *Entropy*, no. 21, 44.
2. Chen S., Feng S., Fu W., Zhang Y. (2021) Logistic map: stability and entrance to chaos, *J. Phys.: Conf. Ser.*, no. 2014, 012009.
3. Kocarev L.; Jakimoski G. (2001) Logistic map as a block encryption algorithm, *Phys. Lett. A.*, no. 289(4–5), 199–206.
4. May R. M. Simple mathematical models with very complicated dynamics. *Nature*. 1976, No 261 (5560), 459–467.

Базові принципи функціонування та сучасні підходи до застосування алгоритмів обробки, кодування і відновлення інформації

В. О. Овчарук

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

Основна мета кодування та декодування даних полягає в тому, щоб зменшити обсяг інформації та передати її швидко та без втрат. Кодування дозволяє стиснути дані до необхідного рівня, а декодування — відновити їх при отриманні.

Приклади застосування цих процесів включають цифрове телебачення та інтернет-трансляції. Наприклад, технологія H.264 відома як ефективний спосіб кодування відео, що дозволяє отримувати високу якість при мінімальному обсязі даних. Це особливо важливо при передачі через Інтернет, де дані стискаються для ефективності передачі, а потім автоматично декодуються при отриманні.

Ціль кодування даних — перетворити інформацію з однієї форми в іншу, що зручніша для передачі чи зберігання. Існує безліч методів кодування, які використовуються залежно від мети та вимог конкретної задачі.

Алгоритми кодування — це набір інструкцій для обчислення кодованого представлення інформації. Вони можуть бути простими або складними, в залежності від мети задачі [1].

Один з популярних алгоритмів — алгоритм Хаффмана, який застосовується для стиснення даних та аудіо-відеоконтенту з мінімальними втратами якості [2]. Кодування даних — важливий процес, який допомагає зберегти та передати інформацію у відповідному форматі. Обираючи метод та алгоритм кодування, важливо враховувати специфіку завдання та його вимоги.

Основи декодування даних визначаються як важливий етап обробки інформації, що включає в себе процес перетворення закодованих даних у їх вихідний формат. Це необхідно для того, щоб зробити дані доступними для подальшої обробки.

Існують різні типи декодування даних, включаючи декодування текстової інформації, аудіо та відеофайлів, зображень, комп'ютерних програм та файлів. Кожен з цих типів має свої власні особливості та використовує відповідні алгоритми декодування. Наприклад, для декодування текстової інформації часто використовуються різні кодування, такі як UTF-8, ASCII та інші. Алгоритми декодування визначаються типом кодування і можуть включати пошук і виправлення помилок, пов'язаних з неправильним перекладом символів.

Для декодування зображень застосовуються спеціальні алгоритми, такі як JPEG, GIF, PNG та інші, які дозволяють відновити зображення у вихідний формат.

Декодування комп'ютерних програм має свої відмінності та може використовуватися, наприклад, для виправлення помилок у програмному коді.

Для цього використовуються різні інструменти, такі як дизасемблери та декомпілятори, які дозволяють перетворити об'єктний код у текстовий формат.

Існують наступні основні методи кодування даних:

1. Абсолютне кодування є методом кодування, де кожному символу чи значенню присвоюється унікальний код, що залежить від контексту інформації. Цей метод включає прості коди, такі як бінарний код, ASCII код тощо.

2. Умовне кодування — це метод кодування, де кожен символ або значення має складний код, який залежить від контексту інформації. Цей метод включає арифметичне кодування, код Хаффмана тощо.

3. Блокове кодування — це метод, у якому інформацію розбивають на блоки певного розміру, і кожен блок кодується незалежно від інших. Цей метод включає код Хеммінга, код Ріда-Соломона і т. д. Код Хеммінга використовує додатковий біт для корекції помилок у повідомленні [3].

У сучасну епоху стрімкого розвитку інформаційних технологій процеси кодування та декодування даних посідають одне з центральних місць у забезпеченні ефективного функціонування цифрового середовища. Ці технологічні інструменти виконують не лише технічну, але й стратегічну роль, адже саме вони дають змогу гарантувати цілісність, конфіденційність і достовірність інформації, що передається між різними системами та користувачами.

Завдяки кодуванню дані набувають форми, зручної для зберігання або передавання через мережі, тоді як процес декодування забезпечує їх правильне відновлення у початковому вигляді, що дає можливість зберегти зміст і структуру повідомлення.

Особливого значення ці процеси набувають у контексті захисту інформації від несанкціонованого доступу, кібератак та різноманітних загроз, пов'язаних із зламом систем чи перехопленням даних. У сучасному цифровому просторі безпека інформації є однією з найактуальніших проблем, і саме методи кодування забезпечують ефективний бар'єр між конфіденційними відомостями та потенційними зловмисниками. Вони дозволяють не лише приховати зміст даних, а й запобігти їх спотворенню або підробці під час передавання.

Таким чином, кодування та декодування даних є не просто технічними процесами, а фундаментальними складовими сучасної інформаційної інфраструктури, без яких неможливо уявити розвиток цифрового суспільства. Вони забезпечують не лише зручність і швидкість обміну інформацією, а й гарантують стабільність, довіру та захищеність у глобальному інформаційному просторі.

Література

1. Кожевников В. Л., Кожевников А. В. (2007) *Основи збирання, обробки і передачі інформації. Теоретичні основи*. Д. : НГУ, 108 с.

2. Huffman D. A. (1952) *A method for the construction of minimum redundancy codes*. URL: <https://pzs.dstu.dp.ua/ComputerGraphics/ic/index.html>.

3. Hamming R. W. (1986) *Coding and information theory*, 2nd ed. Englewood Cliffs NJ : Prentice Hall, 260 p.

Програма-застосунок жанру «Тамагочі»**В. О. Овчарук, К. А. Гальчинський***Національний університет харчових технологій*

У більшості ігор розробники створюють ігролад таким чином, щоб дії гравця мали позитивні чи негативні наслідки, але технічні обмеження минулого сторіччя не давали широкого функціоналу для реалізації диверсифікованого ігрового дизайну, що змушувало віддавати цю прерогативу додаткам жанру *Point & Click* (англ. *Наведи і натисни*). Проте, була кишенькова альтернатива, яка давала саме такий досвід, набула широкої популярності, особливо в Японії, та поєднала це з процесом догляду за тваринами — Тамагочі. Згодом, гра переросла в окремий жанр та була портована на багато можливих інших платформ, але, під час їх розробки, мають враховуватися специфіка жанру та обов'язкові елементи, що їй притаманні.

Основні правила мають бути такі: є гравець, який має вибрати свого домашнього улюбленця зі списку запропонованих. Після цього починається його повсякденне життя: годівля, гігієна, догляд, розваги, сон і т.д. Проте, у нього є три головні показники, які визначатимуть його стан: голод, емоції, здоров'я — ці показники поступово знижуються, але їх можна підвищити за допомогою вищезгаданих активностей. Взагалі, цей момент дає змогу більшій варіативності, додавши якісь інші показники, але ці три є найбільш розповсюдженими. Згадані дії необхідно робити якомога довше, інакше, якщо довгий час улюбленець буде голодним, сумним, хворим або слабким — він може померти або піти від вас.

Перші версії цієї гри мали вигляд яйця-брелку з LCD екраном та мінімум трьома кнопками, які відповідали за якісь дії. На самому екрані робилася симуляція повсякденного життя домашнього улюбленця з природними потребами. Зверху і знизу екрана позначалися картинки, які символізують доступні активності з улюбленцем. Гравцю ж тут треба лише за допомогою кнопок обирати яку саме дію він бажає виконати [1].



Рис. 1. Екземпляр гри Тамагочі

Нові версії оснащувалися зовнішніми портами, кольоровим екраном, гіроскопом та мережевими модулями, що давало можливість інтеграції мультиплеєру з іншими власниками Тамагочі по всьому світу, більшої

деталізації ігрового процесу та новими ігроладними можливостями (наприклад, наклін пристрою задавав напрямок руху персонажа на екрані). Почали з'являтися різноманітні варіації цієї гри: My Talking Tom, Pou, Moy 7, VPet, Tamagotchi CD-ROM тощо. Якщо говорити про альтернативи портативним та дешевим пристроям, існували у продажу ще Brick Game — консолі з LCD екраном, яка мала набір ігор: тетріс, танки, арканойд, змійка, шутер, перегони та ін. Такі «портативки» мали майже таку саму популярність в Україні на початку 21-го століття.

Керуючись наведеними даними, можна констатувати, що програмний продукт має дотримуватися вищенаведених правил Тамагочі. Перш за все, у грі має бути передбачене головне меню, звідки поминатиметься увесь ігролад: пункт початку гри та вихід (це основні пункти меню). Після натискання початку гри гравець обирає одного із запропонованих «улюбленців». Обране звірятко опиняється у приміщенні, де звірятко проводить свій час, поки гравець ніяких дій не виконує. Для більш органічної реалізації можна вдатися до інтерполяції переміщення — це дозволить уникнути смикаючих рухів на екрані навіть при низкій швидкості зміни кадрів [2]. Основне меню має містити найголовнішу інформацію про можливі дії, з урахуванням віку цільової аудиторії цієї гри — діти 6-12 років, переважно дівчат. Це дає розуміння, що необхідно максимально спростити інформативну подачу інтерфейсу — зобразити дії у вигляді графічних зображень (наприклад, дію «Розваги» символізує ракетка чи гральний кубик, а «Лікування» - шприц чи плюсики). Найголовніші показники життєдіяльності улюбленця мають бути зображені або графічно (шкала, картинка емоції), або вербально (числа чи слова). Поступово вони мають знижуватись і відображати інформацію про це. В оригіналі гри реальний час був напряму пов'язаний з тим, що на екрані, проте в цій роботі це не є обов'язковою складовою, тому тут час має умовне значення.

Гра має реалізацію на ПК через ігровий рушій Unity ітерації 2022 у форматі 2D. У майбутніх оновленнях це дасть можливість не тільки комбінування 2D та 3D елементів, а також портування на інші пристрої (наприклад Raspberry чи Switch).

Можна виділити головний аспект-ідею гри жанру «Тамагочі» — догляд за улюбленцем. Цей процес має виконуватися через попередньо передбачені та запропоновані дії, зображені на екрані інтерфейса спеціальними графічними маркерами. Кожна дія трохи підвищує показники життєдіяльності улюбленця, що дає можливість йому «жити». В іншому випадку звірятко помирає. Це є основою для розробки гри «Тамагочі» та має потенціал для розширення функціоналу за допомогою нових технічних та дизайнерських підходів та засобів.

Література

1. *Communication Yearbooks Vols 6-33 Set* (2021) NYC : Taylor & Francis, pp. 180–181.
2. Christian S. A. (2023) *Enhancing Virtual Reality Experiences with Unity 2022, Use Unity's Latest Features to Level Up Your Skills for VR Games, Apps, and Other Projects*. Birmingham : Packt Publishing, 134 p.

Використання моделей штучного інтелекту на локальних та периферійних пристроях

А. В. Огарков, В. В. Гавриленко

Національний транспортний університет

О. С. Бондар, Н. І. Ляшко, В. С. Ляшко

Інститут кібернетики ім. В. М. Глушкова НАН України

Розвиток штучного інтелекту (ШІ) завдячує паралельному розвитку хмарних сервісів, що надають доступ до практично необмежених обчислювальних ресурсів. Однак для систем, що приймають рішення в режимі реального часу, вузьким місцем стає швидкість передачі даних мережею інтернет. Для таких систем стає доцільним перенесення моделей штучного інтелекту ближче до джерел даних, що в свою чергу створює нові виклики та потребує інших підходів.

Перенесення обчислень на локальні та периферійні пристрої надає низку переваг. По-перше, це зниження затримки, оскільки дані обробляються локально [1]. Найбільш критично це для застосунків, що працюють з відеоданими та потребують швидкодії, наприклад у таких сферах, як автономний транспорт та безпілотні системи. По-друге, це зменшує навантаження на мережеву інфраструктуру, адже вже зараз використовується близько 20 мільярдів пристроїв інтернету речей, кількість яких може подвоїтися до 2034 року [2]. При використанні локальних моделей ШІ до хмарних сервісів замість сирих даних передаються агреговані, що додатково збільшує конфіденційність, оскільки при такому підході чутливі дані залишаються в межах локального периметру. По-третє, використання штучного інтелекту на локальних та периферійних пристроях забезпечує автономну роботу системи навіть в умовах нестабільного інтернет-з'єднання. Ця властивість особливо актуальна для об'єктів критичної інфраструктури, а також безпілотних літальних апаратів та наземних роботизованих комплексів.

Водночас розгортання моделей ШІ на периферії стикається зі значними викликами. Ключовим обмеженням є апаратна складова: периферійні пристрої мають значно меншу обчислювальну потужність, обмежений обсяг пам'яті та жорсткі ліміти енергоспоживання. Саме тому пряме перенесення моделей, розроблених для хмарних середовищ, є неефективним [3]. Це, своєю чергою, стимулює розвиток спеціалізованих методів оптимізації та компактних архітектур нейромереж, здатних ефективно працювати за обмежених ресурсів.

Література

1. Adelusi J. B., Jaime K. (2021) *Edge AI vs Cloud AI: Comparative Performance and Latency in Real-Time Applications*.
2. BIANES G. (2025) *How many devices are connected to the IoT?* [online]. URL : <https://soax.com/research/internet-of-things-growth>
3. Li R. et al. (2025) *Optimizing Edge AI: A Comprehensive Survey on Data, Model, and System Strategies* [online]. URL : [ArXiv:2501.03265](https://arxiv.org/abs/2501.03265).

Архітектура семінарів і принципи причин переходу від моноліту до мікросервісів

А. В. Павленко, В. В. Донець

Національний транспортний університет

Монолітна архітектура є однією з давніх і широко вживаних архітектур у програмній індустрії. Вона означає об'єднання всіх функціональних частин системи в одну логічну та фізичну одиницю — це застосунок, який розгортається, масштабується та підтримується як одна частина. У такій архітектурі все — UI, бізнес-логіка, відповідальність за базу даних, компоненти безпеки та інші допоміжні функції можуть бути знайдені в одній кодовій базі і в одному процесі виконання [1]. Монолітний підхід є простим у розгортанні та підтримці. На ранніх етапах розробки це означає швидке розгортання продукту при мінімальній інфраструктурі — лише один процес збірки та розгортання. Увесь код є в одному місці, що полегшує налагодження та тестування і зберігає узгодженість вашої бізнес-логіки. Цей підхід також забезпечує поліпшену продуктивність при роботі в одному процесі, бо взаємодія між функціями йде через локальні виклики функцій, а не через затримку мережі.

Моноліт лишається актуальним для простих або середніх за розміром систем, але сьогоdnішні вимоги, такі як масштабованість, розподіл та швидкі цикли випуску, підштовхують до переходу на мікросервісну архітектуру.

Один із найпопулярніших трендів розробки розподілених систем — архітектура мікросервісів. Її суттєва концепція полягає в поділі однієї великої монолітної програми на колекцію невеликих, автономних сервісів, що зосереджені на одній бізнес-можливості та можуть швидко змінюватися без впливу на всю систему. Це досягається завдяки основним принципам архітектури, що дозволяють системі бути масштабованою, стійкою і технічно незалежною. Моноліт масштабується на рівні системи, а мікросервіси масштабуються на рівні інфраструктури. Це дозволяє еластичне горизонтальне масштабування, що особливо важливо в хмарних середовищах (AWS, Azure, GCP), де ресурси можна отримати за запитом. Ця незалежна масштабованість також має сприятливий вплив на операційні витрати системи, оскільки обслуговуються лише ті компоненти, які дійсно потребують додаткових ресурсів. Це також краще з точки зору толерантності до відмов — у разі, якщо один сервіс занадто зайнятий кілька хвилин, інші залишаються здоровими.

Одне з найгарячіших питань сучасної інженерії програмного забезпечення — коли переходити від моноліту до мікросервісів. І хоча переваги можливості масштабуватися та робити це шляхом поділу програми на безліч незалежних сервісів і надання можливості окремим командам працювати відносно незалежно є значними, вам не потрібен такий рівень складності в кожній системі. Успіх переходу залежить не лише від технічних факторів переходу, але й від бізнес-випадку — складності та мінливості домену, доступних ресурсів і стратегічних цілей організації. Щоб прийняти

поінформоване рішення, потрібно пройти низку критеріїв, які можуть допомогти вирішити, чи мають мікросервіси сенс або, навпаки, будуть перевитратними [2]. Ці критерії наведені в таблиці I.

Таб. I

Порівняльний аналіз ризиків між двома підходами

Критерій	Монолітна архітектура	Мікросервісна архітектура
Складність розробки	Низька, один репозиторій, єдина база даних	Висока: багато репозиторіїв, незалежні бази, CI/CD для кожного сервісу
Швидкість старту проєкту	Висока, мінімальні вимоги до інфраструктури	Нижча через необхідність створення оркестрації та середовищ
Масштабованість	Обмежена, масштабування тільки всього застосунку	Гнучка, масштабування лише потрібних сервісів
Вартість підтримки	Низька на початковому етапі, але зростає з розміром системи	Вища з самого початку, але стабільна при масштабуванні
Надійність	Помилка в одному модулі може вплинути на всю систему	Локалізація збоїв, відмова одного сервісу не зупиняє систему
Швидкість розгортання оновлень	Залежить від циклу всього застосунку	Незалежні релізи, без перерв у роботі

Як видно, кожен підхід має свої ризики та компроміси. Моноліт забезпечує простоту й швидкий розвиток на початкових етапах, але поступово обмежує масштабування та гнучкість. Мікросервіси, навпаки, складніші у впровадженні, але ефективніші для систем, які розвиваються, змінюються і мають довгий життєвий цикл.

Література

1. Harris C. (2025) Microservices vs. monolithic architecture, *Atlassian.com*. URL : <https://www.atlassian.com/microservices/microservices-architecture/microservices-vs-monolith>.

2. AWS (2025) *What's the Difference Between Monolithic and Microservices Architecture?* [online]. URL : <https://aws.amazon.com/compare/the-difference-between-monolithic-and-microservices-architecture>.

Застосування штучного інтелекту для оптимізації пошуку товарів у інтернет-магазині одягу

А. М. Павленко

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Штучний Інтелект (ШІ) кардинально змінює підходи до ведення бізнесу. Як і в інших галузях, він набув виняткового значення для електронної комерції (E-commerce). Люди прагнуть отримувати товар, не виходячи з дому, і все частіше звертаються до інтернет-магазинів, щоб придбати бажане. Ця тенденція особливо помітна у сфері продажу одягу, де асортимент надзвичайно широкий, а характеристики товару (стиль, фасон, матеріал) часто суб'єктивні та нечіткі.

Нині є безліч прикладів таких інтернет-магазинів, які пропонують своїм клієнтам широкий асортимент товарів, наприклад Staff, Reserved, Modivo. Однак, незважаючи на їхню кількість, системи пошуку та фільтрації у більшості з них є застарілими і вимагають від клієнта витрат немалого часу для послідовного застосування численних фільтрів (колір, розмір, матеріал, ціна).

З урахуванням того, що час став дуже цінним, це призводить до незадоволення користувачів, тому необхідно вирішити цю проблему шляхом додавання ШІ, що допоможе перетворити процес вибору на швидкий і персоналізований досвід, зокрема, через інтеграцію чату з ШІ-асистентом. Аналітичні звіти, наприклад Statista, демонструють стабільне зростання світового ринку електронної комерції одягу, обсяги якого щорічно зростають у середньому на 15-20% [5]. Таке стрімке збільшення кількості товарів у каталогах безпосередньо посилює проблему пошуку підходящого товару для кінцевого споживача. Традиційні механізми стають бар'єром для конверсії.

Дослідження у сфері роздрібної торгівлі на сайті Perspective підтверджують прямий зв'язок між персоналізацією та комерційним успіхом.

1. Значна частина споживачів схильні купувати у брендів, які пропонують релевантні та персоналізовані пропозиції [3].

2. Впровадження ШІ-рекомендацій та семантичного пошуку може збільшити коефіцієнт конверсії (CR) на сайті в середньому на до 20% [3].

Інтеграція ШІ в інтернет-магазин одягу є прикладом побудови гібридної системи керування, де спеціалізований ШІ-модуль виступає центральним обробником складних неструктурованих даних, трансформуючи їх у чіткі команди для основної системи. Для ефективної роботи ШІ-асистента необхідна інтелектуальна трансформація традиційного каталогу товарів у насичену інформаційну базу. В основі процесу лежить неявна характеристика (Semantic Tagging). Цей підхід виходить за рамки простих тегів, як-от «синій» або «бавовна». ШІ використовує Computer Vision (CV) для автоматичної розмітки одягу за візуально складними та суб'єктивними ознаками. Наприклад, система може визначити бохо-стиль сукні, конкретний тип коміра, або наявність принта лебедя чи квіткового вінтажу. Це забезпечує можливість відповідати на запити, як «сукня для вечірки в стилі 20-х років» або «светр, як носив Курт Кобейн»,

які традиційні фільтри знайти не можуть. Крім цього, критично важливими є історичні дані користувачів (Behavioral Data Mining).

Збір даних не обмежується аналізом покупок. ШІ аналізує послідовність переглядів, тривалість зупинки на сторінці, використання колірної палітри у попередніх пошуках і навіть емоційну реакцію, наприклад, оцінки або фрази у чат-ботах [1]. Ці поведінкові дані необхідні для навчання рекомендаційної моделі, яка згодом забезпечить високоперсоналізоване ранжування результатів пошуку. Інтеграція ШІ реалізується через сучасну мікросервісну архітектуру. ШІ-модуль функціонує як незалежний сервіс, який отримує вхідні дані (складний запит користувача, його історію) і повертає основній системі лише оптимізований список ID товарів. Така незалежність дозволяє backend-частині магазину швидко обробляти та оновлювати каталог без прямого впливу на складні обчислювальні процеси, що забезпечує масштабованість.

Стек технологій для реалізації інтелектуальної системи включає ключові інструменти ШІ, зосереджені на двох основних напрямках: обробці мови та візуальному аналізі. Для обробки природної мови (NLP) та розпізнавання намірів (Intention Recognition) застосовуються сучасні трансформерні моделі, наприклад, розроблені на базі фреймворків PyTorch або TensorFlow.

Ці моделі дозволяють системі не просто шукати ключові слова, а глибоко розуміти комплексний намір користувача [4]. Наприклад, коли клієнт вводить запит: «хочу спортивний костюм гірничного кольору зі штанами карго», ШІ розпізнає, що «карго» — це специфічний фасон, а «гірничний» — точний колір, а не просто загальна категорія. У свою чергу, для аналізу зображень та каталогу (CV) можна вдаватися до використання згорткових нейронних мереж (CNNs), що є основою для автоматичного тегування всіх нових товарів.

Завдяки CNNs, залежність від ручного опису усувається, що є критично важливим для швидкості наповнення каталогу і забезпечення точності неявних характеристик [2]. CNN може автоматично класифікувати 1000 нових футболок за кількома параметрами (виріз, довжина, принт, щільність...) за лічені хвилини, забезпечуючи багату і точну інформаційну базу для подальшого пошуку.

Отже, інтеграція ШІ, а саме ШІ-асистента перетворює традиційний інтернет-магазин одягу на активну та персоналізовану систему, що є критично важливим для підвищення ефективності та конкурентоспроможності в умовах стрімкого зростання онлайн-ринку у двадцять першому сторіччі.

Література

1. Canny J. (2012) *CS294-1 Behavioral Data Mining: Lecture 1*. URL : <https://people.eecs.berkeley.edu/~jfc/DataMining/SP12/lcs/lec1.pdf>.
2. Oksim (2024) *Understanding Convolutional Neural Networks (CNNs)*. URL : <https://www.oksim.ua/understanding-convolutional-neural-networks-cnns>.
3. Perspective (2024) *Reinventing the future of retail* [online]. URL : <https://www.accenture.com/us-en/insights/retail/reinventing-future-retail>.
4. Russell S. J., Norvig P. (2010) *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Pearson. ISBN 978-0-13-604259-4.
5. Statista Research Department (2025) *E-commerce worldwide – statistics & facts* [online]. URL : <https://surl.lt/ibdnva>.

Реалізація вебзастосунку для персоналізованого пошуку фільмів із інтеграцією моделі штучного інтелекту

Д. М. Павленко

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Епоха цифрових технологій та стрімінгових сервісів надала користувачам доступ до величезних баз даних кіноконтенту, яскравим прикладом чого є API TMDb (The Movie Database), що використовується в багатьох системах.

Однак, ця велика кількість виборів породжує проблему інформаційного перевантаження.

Стандартні методи фільтрації (за жанром, роком, актором) часто є недостатньо гнучкими для задоволення складних або нечітких запитів користувачів, таких як «знайти легку комедію під осінній вечір» або «фільм із атмосферою, як у "Матриці"».

Ця тенденція з кожним роком все більше розвивається у бік інтелектуального аналізу.

У багатьох системах користувачі все ще обмежені жорсткими фільтрами, читанням системи історії їх переглядів.

Це корисно для базового пошуку, але в умовах високої конкуренції за увагу користувача це призводить до того, що багато релевантних фільмів залишаються непоміченими.

Саме тому було прийнято рішення розробити вебзастосунок, що розширює функціонал більшості аналогів в інтернеті.

Ідея полягає у переході від простої фільтрації до персоналізованого пошуку за вподобаннями та впровадження модуля штучного інтелекту (ШІ) для обробки запитів природною мовою.

Користувач може не лише фільтрувати каталог за вподобаннями (на основі попередніх переглядів), але й задати прямий запит нейромережі з інтерфейсу сайту.

Реалізація вебзастосунку планується на стеку MERN [3] (MongoDB, Express, React, Node.js).

Клієнтська частина (Frontend) буде написана з використанням бібліотеки React. Вона забезпечує динамічний та адаптивний користувацький інтерфейс, через який користувач взаємодіє з системою, керує своїми вподобаннями та формулює запити.

Серверна частина (Backend) реалізована на Node.js з використанням фреймворку Express. Вона слугує як API для взаємодії з клієнтом та базою даних.

Обидві частини програми взаємодіють з базою даних MongoDB, де зберігаються профілі користувачів, їхні списки обраного та дані про вподобання.

Для отримання інформації про фільми система використовує зовнішній API TMDb.

Ключовою інновацією вебзастосунку роботи є інтеграція модуля ІІІ. При введенні користувачем текстового запиту (наприклад, «хочу напружений детектив без фантастики»), цей запит відправляється на обробку нейромережевій моделі.

Наприклад, із використанням перевірених часом DeepSeek або OpenAI, які мають безпечну базу для штучного навчання [1], модель аналізує семантику запиту та повертає структурований набір параметрів (ключові слова, жанри, виключення).

Ці параметри потім використовуються для побудови складного фільтрованого запиту до API TMDb та внутрішньої бази даних вподобань.

В системі планується реалізувати систему безпеки, заснованої на токенах доступу JWT (Json Web Token) для автентифікації та авторизації користувачів. Це забезпечує захист персональних даних та вподобань.

Заплановані технології для використання:

- мови програмування та технології: JavaScript (React, Node.js), HTML, CSS [2];
- стек: MERN (MongoDB, Express.js, React, Node.js);
- СУБД: MongoDB (з використанням Mongoose);
- API: TMDb API, REST API (власна розробка), API для моделі ІІІ;
- середовища розробки: Visual Studio Code;
- система безпеки: JWT (Json Web Token).

У подальшому розвиток системи передбачає розширення функціоналу за рахунок впровадження методів групової фільтрації, що дозволить формувати рекомендації на основі аналізу профілів схожих користувачів.

Крім того, планується масштабування платформи через створення мобільної версії (з використанням React Native або PWA) та поглиблення інтеграції зі штучним інтелектом, зокрема додавання можливості обробки голосових запитів.

Література

1. Mollick E. (2022) *Co-Intelligence: Living and Working with AI*. Penguin Audio, 1, p. 11.
2. Frain B. (2020) *Responsive Web Design with HTML5 and CSS*. Packt Publishing, pp. 25–26.
3. *MongoDB Official Documentation* (2025) [online]. URL : <https://www.mongodb.com/resources/languages/mern-stack>.
4. Katarya R., Verma O. P. (2017) An effective collaborative movie recommender system with cuckoo search, *Egyptian Informatics Journal*, vol. 18, no. 2, pp. 105–112. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.eij.2016.10.002>.
5. Lai C.-Y., Hashim N., Krisnawati L. D. (2025) Hybrid-Based Movie Recommender System: Techniques, Case Studies, Evaluation Metrics, and Future Trends, *Journal of Informatics and Web Engineering*, vol. 4, no. 3, pp. 90–110. DOI : <https://doi.org/10.33093/jiwe.2025.4.3.5>.

Автоматична класифікація жанрів музики за аудіохарактеристиками з використанням моделей машинного навчання

Д. О. Павленко, О. В. Харкянен

Національний університет харчових технологій

Світ музики налічує велику кількість музичних творів, які відрізняються різними жанрами та стилями. Класифікація і віднесення музики до відповідного жанру є досить складним процесом, тому його автоматизація стає досить актуальною задачею.

Новий напрямок комп'ютерної науки, який займається вилученням інформації з музичних даних за допомогою обчислювальних методів таких як, цифрова обробка сигналів, машинне навчання та методи аналізу даних, називається пошук музичної інформації [1].

Свій внесок у напрямок пошуку музичної інформації внесли у 2002 році Джордж Цанетакіс [2] та Пері Кук [3], представивши статтю «Musical genre classification of audio signals» [4].

У статті досліджується автоматична класифікація аудіосигналів за ієрархією музичних жанрів. Вона стала основою для формалізації задачі класифікації музики, як однієї з проблем машинного навчання, де запропоновано використання таких аудіо-ознак, як тембральні, ритмічні та висотні.

Також було створено набір даних «GTZAN dataset», який використовується, як базовий для навчання аналітичних моделей.

Список моделей машинного навчання, для виконання задачі класифікації музики є досить великим, але найчастіше використовують: Support Vector Classifier, Logic Regression, Random Forest і Artificial Neural Networks.

Вибір ознак, а особливо тих, що містять числові значення, має великий вплив на точність передбачення моделями, тому доцільно застосовувати такі методи виокремлення даних, як Mel-Frequency Cepstral Features, Short-Time Fourier Transform, Spectral Centroid, Spectral Bandwidth тощо.

Завдяки використанню машинного навчання, задача визначення жанру музики стає простішою, що оптимізує процес підбору персональних рекомендацій на музичних платформах де подібний запит є актуальним і затребуваним багатьма користувачами.

Література

1. ScienceDirect (2025) *Music Information Retrieval* [online]. URL : <https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/music-information-retrieval>.
2. Tzanetakis G. (2013) *Home page*. URL : <https://webhome.csc.uvic.ca/~gtzan>.
3. IEEE Xplore (2025) *Perry Cook* [online]. URL : <https://ieeexplore.ieee.org/author/37299003100>.
4. IEEE Xplore (2025) *Musical genre classification of Audio Signals* [online]. URL : <https://ieeexplore.ieee.org/document/1021072>.

Критерії вибору програмного середовища для прогнозування одновимірних часових рядів

О. С. Папка, В. М. Сороківський

Львівський торговельно-економічний університет, Львів, Україна

Програмна реалізація прогнозування одновимірних часових рядів сьогодні залишається важливим інструментом підтримки управлінських рішень у фінансовому секторі, енергетиці, логістиці, промисловості та сфері публічного управління. Збільшення обсягів даних, потреба в регулярному оновленні прогнозів та інтеграція результатів у цифрові платформи бізнес-процесів висувають нові вимоги до технологій, що використовуються для побудови систем прогновної аналітики. Постає завдання не лише розробити якісну модель, а й обрати технологічний стек, здатний забезпечити стабільну, масштабовану та відтворювану роботу програмних рішень.

Базовим критерієм вибору технологій є підтримка спектру перевірених методів прогнозування одновимірних часових рядів. Технологія має надавати реалізації наївних підходів, експоненційного згладжування, ARIMA-подібних моделей, а також інструменти їх автоматичної ідентифікації, налаштування та оцінювання. Дослідження демонструють, що різні середовища відрізняються не лише синтаксисом, а й стабільністю реалізацій, доступністю стандартних метрик та зручністю застосування цих моделей у типових прикладних сценаріях [1]. Таким чином, критерій «модельного покриття» має включати не тільки формальну наявність функцій, а й їхню зрілість, документованість та узгодженість із усталеними підходами прогнозування.

Ще одним важливим критерієм є забезпечення повного життєвого циклу процесів автоматизації. Сучасна система прогнозування має забезпечувати безшовний перехід від завантаження та попередньої обробки даних до навчання моделей, формування прогнозів, їх валідації та розгортання як сервісу. До вимог варто віднести засоби роботи з пропусками, аномаліями, сезонністю, масштабуванням, автоматизованим поділом вибірки в часі, підтримкою багатокрокового прогнозування та інструментами моніторингу якості. Вибір технології повинен враховувати наявність бібліотек, орієнтованих на побудову таких конвеєрів, а також можливість конфігурування процесів без значних додаткових витрат на розробку [2].

До кола ключових вимог належать також показники масштабованості та обчислювальної ефективності програмних рішень. Технологія повинна забезпечувати можливість одночасної побудови та оновлення прогнозів для великої кількості одновимірних рядів, підтримувати паралельні обчислення, інтеграцію з кластерними та хмарними середовищами, а за потреби — використання апаратного прискорення. Це особливо важливо для сценаріїв, де прогнози мають оновлюватися з високою частотою або де обробляються великі історичні вибірки. Нездатність технології масштабуватися на пряму знижує придатність моделей до промислового застосування.

Окрему увагу під час вибору програмного середовища слід приділяти зрілості екосистеми та відкритості інструментів. Під час вибору технологій доцільно враховувати наявність активної спільноти, регулярні оновлення, якісну документацію, тестові приклади та відкриту ліцензію. Наявність декількох альтернативних бібліотек для тих самих задач, інструментів візуалізації, інтеграції з базами даних і веб-сервісами безпосередньо впливає на довговічність обраного стеку [2]. Відкритість коду та прозорість розробки зменшують ризики залежності від одного постачальника та спрощують аудит алгоритмів.

Не менш важливу роль у більшості випадків відіграє забезпечення відтворюваності та стандартизованості оцінювання результатів. Технологія має підтримувати фіксацію версій бібліотек, опис середовища виконання, використання контейнеризації, а також надання вбудованих механізмів для коректного ретроспективного тестування (backtesting), перехресної валідації для часових рядів (time series cross-validation) та застосування стандартизованих метрик. Сучасні підходи до порівняльного оцінювання методів прогнозування засвідчують, що уніфікований конвеєр оцінювання є необхідною умовою чесного порівняння моделей та оцінки їхньої практичної надійності [3].

Нарешті, до критеріїв вищого рівня можна віднести інтегрованість та гнучкість. Обрана технологія повинна без надмірних зусиль вбудовуватися в існуючу інформаційну інфраструктуру організації, підтримувати обмін даними через API, взаємодію з системами моніторингу, реєстрації подій та засобами аналітичної звітності. Водночас програмне середовище має забезпечувати можливість додавання нових моделей, зміни конфігурацій, адаптацію під доменні особливості без повної перебудови архітектури.

Поєднання зазначених критеріїв дає змогу сформувати цілісний підхід до вибору технологій для реалізації прогнозування одновимірних часових рядів, орієнтований не лише на математичну коректність моделей, а й на довгострокову надійність, відтворюваність та керованість впроваджених рішень.

Література

1. Папка О. С., Олійник Р. В. (2025) Порівняльний аналіз реалізації класичних статистичних моделей прогнозування одновимірних часових рядів у Python, R та Julia. *Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво*, 60, с. 224–232. URL : <https://cit.lntu.edu.ua/index.php/cit/article/view/772>.
2. Siebert J., Groß J., Schroth C. (2021) A Systematic Review of Packages for Time Series Analysis, *Engineering Proceedings*, 5(1), p. 22. URL : <https://www.mdpi.com/2673-4591/5/1/22>.
3. Qiu X., Hu J., Zhou L., Wu X., Du J., Zhang B., Guo C., Zhou A., Jensen C. S., Sheng Z., Yang B. (2024) TFB: Towards Comprehensive and Fair Benchmarking of Time Series Forecasting Methods, *Proceedings of the VLDB Endowment*, 17(9), pp. 2363–2377. URL : <https://www.vldb.org/pvldb/vol17/p2363-hu.pdf>.

**Методи та моделі в оптимізації логістики
розподільчих центрів за допомогою засобів штучного інтелекту**

Д. О. Пархоменко, М. С. Філончук, В. В. Гавриленко
Національний транспортний університет

Використовуються моделі та методи штучного інтелекту (ШІ) і машинного навчання (МН) для оптимізації логістики розподільчих центрів, що сприятиме мінімізації витрат [1]. Розглядатимуться традиційні методи та практики управління процесами, які реалізовані в сучасних системах управління складом (WMS), а також методи оптимізації цих процесів за допомогою ШІ та МН.

Досліджується використання рекурентних нейронних мереж (RNN) в процесі прогнозування попиту на товари. Нейроні мережі з довготривалою короткочасною пам'яттю (LSTM) розроблені для роботи з довгими часовими рядами та обробки послідовних даних, що підходить для обробки даних щодо замовлень [2], відвантажень за великий проміжок часу. LSTM може враховувати сезонні зміни для моделювання тимчасових залежностей. Критеріями оптимізації є мінімізація часу зберігання товару в розподільчому центрі та максимізація фактичного відбору від планового відбору товару.

Для процесу сегментації та розміщення товарів використовуватимуться методи МН, алгоритм кластеризації k-means для сегментації товарів [3], що допоможе визначити групи товарів за вимогами до зберігання, визначити краще місцезорешування товару. Наприклад, розташовувати популярні товари ближче до зони відвантаження, що зменшить час відбору товару. Також для послідовного аналізу даних рекурентною нейронною мережею застосовуватиметься алгоритм Apriori для пошуку правил взаємозв'язків між товарами, які часто замовляються одним клієнтом.

Складовою роботи також є дослідження можливості автоматизації наступних процесів в розподільчому центрі: планування розкладу та розподіл робочих зон між робітниками в залежності від завантаження, автоматизація розміщення зібраного товару в зоні відвантаження, що мінімізує час очікування при завантаженні та мінімізує площу зони відвантаження [4].

Література

1. Veres P. (2023) *Increasing the efficiency of warehouse analysis using artificial intelligence.*
2. Hodžić K., Hasić H., Cogo E., Jurić Ž. (2019) *Warehouse Demand Forecasting based on Long Short-Term Memory neural networks.*
3. Kalkha H., Khiat A., Bahnasse A., Ouajji H. (2024) *Enhancing Warehouse Efficiency With Time Series Clustering: A Hybrid Storage Location Assignment Strategy.*
4. Smith S. D. (2024) *The Impact of Artificial Intelligence on Warehouse Automation.*

Використання CP-SAT для оптимізації створення замовлень в інформаційній системі управління запасами роздрібної торгівлі

I. М. Плостак, О. В. Гавриленко

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

У сучасних умовах роздрібної торгівлі задача автоматизованого формування замовлень залишається однією з найскладніших через її нелінійність та значну кількість взаємозалежних обмежень. У попередній роботі [1] було запропоновано метод декомпозиції задачі із комплексною системою знижок на два етапи: мінімізацію середньоквадратичного відхилення запланованого часу продажу товарів одного бренду та подальшу оптимізацію місячного прибутку. Другий етап був реалізований за допомогою алгоритму із сімейства генетичних, що дало суттєве прискорення порівняно з ручною роботою фахівця. Проте використання таких алгоритмів має низку недоліків: неможливість гарантувати оптимальність, значний час обчислення та залежність від комерційних інструментів для коректної реалізації (зокрема MATLAB). Тому виникла потреба у пошуку альтернативного, більш ефективного підходу.

Запропоновано новий метод для другого етапу декомпозиції — оптимізацію місячного прибутку за допомогою CP-SAT-вирішувача [2] з бібліотеки OR-Tools. Цей підхід базується на технологіях Constraint Programming і дозволяє формувати задачу у вигляді цілочислової оптимізації з нелінійними обмеженнями. На відміну від алгоритму із сімейства генетичних, CP-SAT має здатність гарантувати оптимальність знайденого розв'язку, що суттєво підвищує надійність отриманих результатів. Крім того, CP-SAT є повністю безкоштовним і не потребує ліцензій, що робить його привабливим для промислових застосувань.

Додатковою перевагою CP-SAT є широкий набір інструментів для роботи зі складними комбінаторними задачами, які неможливо ефективно розв'язувати класичними методами або еволюційними підходами. Задача формування замовлення для роздрібної торгівлі належить до класу NP-складних, оскільки кількість можливих комбінацій рівнів знижок та бюджетних обмежень зростає експоненційно зі збільшенням кількості брендів та товарів. У цьому контексті CP-SAT використовує поєднання пошуку з обмеженнями, SAT-технологій та методів гібридної локальної оптимізації. Такий підхід дозволяє ефективно відсіювати великі фрагменти простору рішень завдяки наявності механізмів пропагати обмежень, аналізу конфліктів та динамічних евристик вибору змінних. Крім того, у процесі оптимізації CP-SAT застосовує LNS-стратегії (Large Neighborhood Search), які дозволяють перебудовувати частину рішення без втрати вже знайденої структури та уникати локальних мінімумів. Це робить можливим швидкий пошук оптимального або близького до оптимального

розв'язку навіть для великих наборів даних, де традиційні методи вимагають значно більше часу.

У межах проведеного експерименту було також виявлено, що CP-SAT стабільніше реагує на зміни параметрів задачі, таких як бюджет, кількість доступних рівнів знижок або асортимент товарів у бренді. Якщо еволюційним алгоритмам потрібен додатковий час на перебудову пошуку після змін у структурі даних, то CP-SAT легко вирішує задачу практично з нуля завдяки тому, що його механізм пошуку не залежить від якості початкової популяції або міри випадковості в еволюційних операторах. Це особливо важливо для інтеграції в реальну інформаційну систему управління запасами, де вхідні дані можуть змінюватися динамічно протягом робочого дня.

Ефективність нового підходу була перевірена на тестовому наборі даних із приблизно 30 брендів (brands), де для кожного товару була задана система знижок, а загальний бюджет замовлення обмежувався 150000 у.о. Обидва методи — алгоритм із сімейства генетичних та CP-SAT — працювали з ідентичними обмеженнями, що дозволило коректно порівняти їх результати. Стара версія алгоритму потребувало близько трьох хвилин (165 поколінь) та сформувала розв'язок із прибутком 17823 у.о. при бюджеті 149790 у.о. Новий метод CP-SAT виконав оптимізацію за 0.035 секунди, отримавши більш вигідне рішення: прибуток 17982 у.о. при бюджеті 149938 у.о. Крім суттєвого покращення якості розв'язку, CP-SAT продемонстрував у сотні разів менший час виконання та набагато скромніші вимоги до апаратного забезпечення. На відміну від алгоритму із сімейства генетичних, який потребував тривалих обчислень і значного використання ресурсів процесора, CP-SAT працює практично миттєво навіть на звичайному робочому комп'ютері. Це робить його особливо придатним для інтеграції в системи оперативної підтримки прийняття рішень, де швидкість реакції та можливість запуску на недорогих машинах є критично важливими.

Таким чином, заміна алгоритму на CP-SAT у другому етапі декомпозиції задачі забезпечує суттєве зростання ефективності системи для формування замовлень у роздрібній торгівлі. Новий метод не лише дає більший прибуток та у сотні разів скорочує час обчислення, але й знімає залежність від окремого потужного обладнання та комерційних ліцензій, пропонуючи при цьому можливість гарантувати оптимальність знайденого рішення. Це відкриває можливість масштабування системи на більші набори даних і підвищує практичну цінність розробленого підходу.

Література

1. Плостак І. М., Гавриленко О. В. (2024) Рекомендаційна система зі створення замовлень товарів для роздрібної торгівлі, *Інженерія програмного забезпечення і передові інформаційні технології (SoftTech-2024)*, Київ, 21–23 травня 2024 р. К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, с. 118–123.

2. Google Developers (2025) *CP-SAT solver*. [online]. URL : https://developers.google.com/optimization/cp/cp_solver.

Глибинне навчання для прогнозування фінансових показників харчового підприємства

М. О. Позняк, О. В. Харкянен

Національний університет харчових технологій

Перехід підприємства від традиційних систем обліку та звітності до використання інтелектуальних інформаційно-аналітичних систем потребує глибокого дослідження та опису бізнес-процесів. Їх удосконалення можна забезпечити шляхом впровадження аналітики даних, що підвищує точність прогнозів у порівнянні з класичними статистичними моделями та знижує вплив людського фактору на підготовку інформації для прийняття управлінських рішень.

Особливої актуальності набуває застосування методів глибинного навчання та штучного інтелекту для прогнозування фінансових показників підприємства, що є ключовим елементом оперативного та стратегічного планування в умовах високої динамічності ринку харчової продукції.

Штучний інтелект пройшов тривалий шлях - від невеликих експертних систем до глибинних нейронних мереж, здатних до самонавчання та адаптації. Важливим моментом цього розвитку стало поєднання теоретичних основ машинного навчання з обчислювальними можливостями сучасних графічних процесорів, що забезпечує ефективне тренування складних моделей.

Аналіз практичного застосування глибинних нейронних мереж у виробничому секторі дозволив визначити потенційні напрямки їх інтеграції у діяльність підприємств харчової галузі. Досвід провідних міжнародних компаній Siemens AG, BMW Group, Bosch засвідчує, що глибинні нейронні мережі ефективно підвищують точність прогнозування, автоматизують контроль якості, оптимізують виробничі процеси та забезпечують підтримку своєчасного прийняття управлінських рішень. Таким чином, впровадження даних технологій є доцільним та стратегічно важливим для підвищення конкурентоспроможності сучасних підприємств.

В процесі дослідження виявлено і описано задачі прогнозування фінансових показників діяльності харчового підприємства які можна вирішити методами глибинного навчання. Основна частина даних задач наведена у таблиці 1.

Впровадження інтелектуальних інформаційно-аналітичних систем у фінансову сферу діяльності харчового підприємства дозволить оптимізувати витрати, планувати виробничі та логістичні процеси з урахуванням прогнозних даних, а також підвищувати стабільність та конкурентоспроможність.

Отже, поєднання традиційний методів з глибинним навчанням формує ефективний підхід до фінансового прогнозування та є важливим напрямком цифрової трансформації сучасних підприємств.

Таб. 1.

Приклади задач прогнозування фінансових показників

Задача	Метод глибинного навчання	Опис застосування методу
Прогнозування прибутків	ДКЧП, рекурентна нейронна мережа, ЗНМ	Моделювання і прогнозування прибутку на основі часових рядів з урахуванням сезонності та нелінійних залежностей
Контроль та облік фінансових операцій	ГНМ, РНМ, автоенкодер	Класифікація типів транзакцій для виявлення нетипових або ризикованих операцій
Моніторинг фінансових ризиків і сценарний аналіз	Моделі «послідовність у послідовність», НМ типу «трансформер»	Генерація альтернативних сценаріїв розвитку подій, моделювання впливу зовнішніх та внутрішніх факторів на фінансові показники
Фінансова звітність	NLP-моделі, автоенкодер, НМ типу «трансформер»	Створення текстової частини звітів, уніфікація показників, виявлення помилки та забезпечення узгодженості фінансових даних
Аналітична звітність	Моделі з механізмом уваги, ДКЧП	Дослідження ключових метрик, оцінка коротко- та довгострокових тенденцій, підтримка формування аналітичних висновків
Аналіз економічних показників	ДКЧП, навчання з закріпленням	Моделювання впливу різних факторів на КРІ та підготовка оптимальних управлінських рішень

Література

1. Субботін С. О. (2020) *Нейронні мережі: теорія та практика*. Житомир, с. 88–98. URL : <https://eir.zp.edu.ua/server/api/core/bitstreams/2abb401b-9ee6-4afc-a92a-2de5c332d12f/content>.
2. Zhang A., Lipton Z. C., Li M., Smola A. J. (2024) *Dive into Deep Learning*. Cambridge : Cambridge University Press, pp. 1–38. URL : <https://d2l.ai/d2l-en.pdf>.
3. Nielsen M. (2015) *Neural Networks and Deep Learning*. Determination Press, chapters 1.1–3.2. URL : <http://neuralnetworksanddeeplearning.com>.

**Дослідження підходів та технологій
для розроблення кросплатформних застосунків**

Ю. О. Поліщук, С. В. Грибков

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

Сучасні сервіси потребують мобільних застосунків для iOS та Android на додачу до вебверсії, оскільки користувачі надають перевагу мобільним пристроям через їх зручність [1]. Створення окремих версій для кожної платформи значно збільшує бюджет через повторну реалізацію логіки. Кросплатформні фреймворки вирішують цю проблему.

Нативні клієнти — це програми, спеціально розроблені для конкретної операційної системи (наприклад, iOS чи Android), з використанням "рідних" для неї мов програмування та інструментів, що забезпечує високу продуктивність, плавну роботу та повний доступ до апаратних ресурсів пристрою. Такі програми, на відміну від кросплатформних, працюють виключно на своїй платформі, але пропонують найкращий користувацький досвід та інтеграцію.

Традиційний підхід передбачає окремі нативні застосунки для кожної платформи з власною кодовою базою. Це призводить до організаційних викликів: потреба в окремих командах, складність синхронізації функціоналу та гарантування ідентичності логіки. Кросплатформні фреймворки дозволяють використовувати єдину кодову базу та мову програмування, економлячи бюджет та час розробки.

Перший підхід базується на кросплатформних фреймворках із нативним рендерингом, які реалізують абстракцію над платформоспецифічними API. У цій архітектурі бізнес-логіка та декларативний опис UI визначаються єдиною кодовою базою, незалежною від цільової платформи. Однак на рівні рендерингу фреймворк здійснює трансляцію (маршалінг) викликів до нативних SDK та UI-компонентів (widgets), наданих операційною системою, забезпечуючи таким чином нативний вигляд застосунку на кожній з платформ. До основних представників даного підходу можна віднести React Native та .NET MAUI. До переваг можна віднести «нативний» вигляд та поведінку компонентів у порівнянні з іншими фреймворками, що позитивно впливає на користувацький досвід. До недоліків можна віднести те, що необхідність трансляції викликів негативно впливає на швидкодію. Також такі фреймворки абстрагують взаємодію з нативними API, але це може викликати проблеми, які важко відлагоджувати, наприклад, при їх оновленні [2].

Другий підхід повністю позбавляється нативних UI-компонентів. Натомість фреймворк самостійно малює весь інтерфейс застосунку, використовуючи низькорівневий рушій рендерингу, такий як Skia. До таких фреймворків можна віднести Flutter та Compose Multiplatform. Такі рішення дозволяють мати єдиний за виглядом інтерфейс на всіх платформах, що є бажаним у деяких випадках. У той же час, якщо ми хочемо зберегти

«нативний» вигляд застосунків, нам фактично доведеться реімплементувати нативні компоненти власноруч, при цьому приділяючи велику увагу тому, щоб вони мали очікуваний вигляд та поведінку. Такі фреймворки зазвичай швидкодійніші порівняно з першою категорією при рендерингу складних елементів та анімацій через відсутність трансляції викликів [3].

Третій підхід полягає у використанні сучасних вебтехнологій для створення застосунку. Кожна сучасна платформа підтримує вебстандарт. При цьому сучасний вебстек дозволяє створювати складні застосунки, які фактично нічим не поступаються нативним. До фреймворків, побудованих за цим принципом, можна віднести Progressive Web Apps, Apache Cordova, Capacitor (Ionic), Tauri. Це дозволяє веб-розробникам використовувати знайомі їм засоби для розробки мобільних застосунків та навіть мати спільну кодову базу зі сайтом. Проте вони зазвичай мають найменш нативний вигляд та поведінку й нижчу швидкодію порівняно з іншими підходами [4].

Ще один підхід, що набуває популярності, - це написання «функціонального ядра», що містить усю бізнес-логіку застосунку. Нативні клієнти для кожної з платформ підключають його як бібліотеку. Це дозволяє забезпечити використання єдиної бізнес-логіки для всіх платформ, зберігши усі переваги нативних застосунків. До того ж такий підхід чітко розділяє відповідальність представлення та відповідальність доменної логіки.

В роботі проведено огляд різних методів і технологій, що дозволяють розробляти додатки, доступні на декількох платформах, таких як Android, iOS і веб. Існують різні стратегії створення кросплатформних додатків, такі як окремі нативні додатки, кросплатформні набори інструментів або прогресивні веб-додатки. Всі підходи мають як переваги, так і недоліки, і вибір одного з них вимагає оцінки як технологічного, так і організаційного обсягу проєкту.

Підсумовуючи, можна сказати, що не існує єдиного правильного підходу. При виборі стратегії кросплатформного застосунку потрібно керуватися поставленими завданнями (підтримка яких платформ, використання низькорівневих API, використання наявних компонентів ОС чи створення власних комплексних елементів інтерфейсу) та наявними людськими і фінансовими ресурсами.

Література

1. *Time Spent Using Smartphones (2025 Statistics)* [online]. URL : <https://explodingtopics.com/blog/smartphone-usage-stats>.
2. Prajapati V. Y., Bhattacharjee S. (2025) React Native: A Comprehensive Analysis of Cross-Platform Mobile Application Development, *IJRTI*, vol. 10, № 3.
3. Sattar A. et al. (2023) Open Source Developments Accelerating Cross-platform Development with Flutter Framework, *Journal of open source developments*, vol. 10, pp. 1–11.
4. Kaczmarczyk A., Zajac P., Zabierowski W. (2022) Performance Comparison of Native and Hybrid Android Mobile Applications Based on Sensor Data-Driven Applications, *Energies*, vol. 15, p. 4574.

Моделювання складних математичних функцій активності інсуліну

Ю. О. Поліщук, С. В. Грибков

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

Діабет 1-го типу класифікується як автоімунне захворювання, основним патогенетичним механізмом якого є прогресуюча деструкція β -клітин острівців Лангерганса підшлункової залози, що призводить до абсолютного дефіциту інсуліну. Цей процес ініціюється внаслідок взаємодії генетичних чинників, зокрема певних алелей системи HLA, та факторів навколишнього середовища, що запускає аутоімунну реакцію проти власних ендокринних клітин. Фундаментальна роль інсуліну полягає в реалізації анаболічних функцій, спрямованих на регуляцію метаболізму. Абсолютна недостатність інсуліну, що виникає при діабеті 1-го типу, формує тотальні катаболічні порушення. Відсутність стимуляції утилізації глюкози разом із нестриманим глюконеогенезом обумовлює розвиток вираженої гіперглікемії [1].

Актуальною задачею є моделювання активності дії інсуліну. При цьому пацієнти повинні самостійно підбирати коректне дозування для ін'єкції, а неправильна доза може спричинити фатальні наслідки [2].

Для коректного моделювання поведінки рівня цукру в крові, необхідно спочатку змодельовати компоненти, що на нього впливають включно з інсуліном. Існує велика кількість різноманітних синтетичних інсулінів, кожен із власною кривою поведінки (тривалість дії, пік активності, тощо). Виробники надають відповідні дані, а саме показники відносної активності його дії в певний інтервал часу після ін'єкції. Для того щоб прогнозувати рівень активності інсуліну в певний момент часу, нам необхідно змодельовати його, як певну складну математичну функцію.

Для того, щоб отримати неперервну функцію з набору дискретних точок, зазвичай використовують методи інтерполяції. Існує велика кількість різних функцій інтерполяції, кожна зі своїми особливостями та перевагами. Їхня придатність залежить від обмежень, які накладає область, яку ми моделюємо.

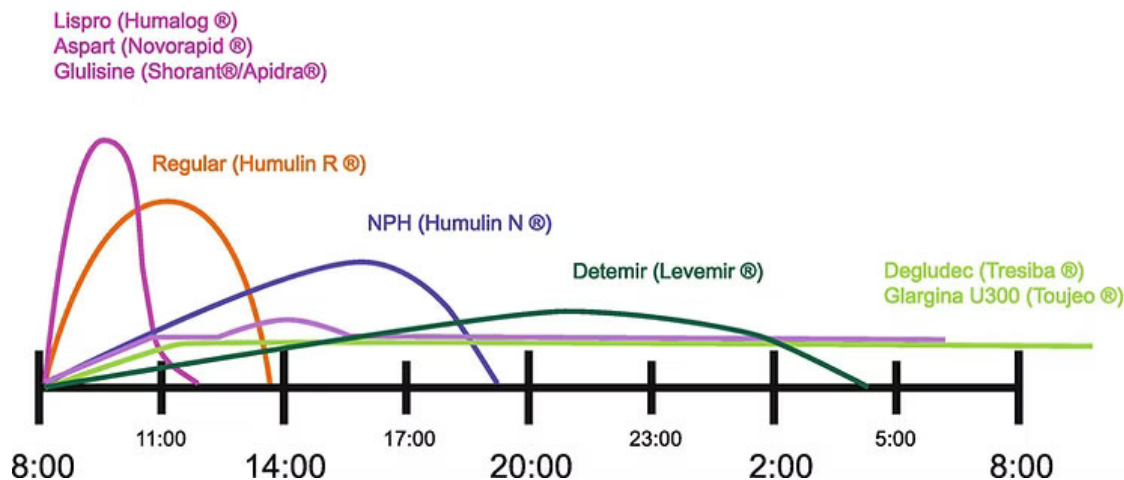


Рис. 1. Порівняння активностей різних типів інсуліну

Найпростіший метод інтерполяції — це лінійна інтерполяція. У ній усі початкові точки з'єднуються за допомогою лінійних функцій (прямих ліній). Це найпростіший метод інтерполяції, який до того ж дуже легко обчислюється. До очевидних недоліків можна зазначити ламаність лінії — похідна функції змінюється стрибкоподібно без плавних переходів. Це робить її не прийнятною для моделювання фізіологічних процесів та зокрема інсуліну, де активність зростає та “затухає” плавно.

Щоб забезпечити гладкість функції ми можемо використати різні поліноміальні методи інтерполяції, такі як Лагранжа. У порівнянні з лінійною інтерполяцією, вони дають більш плавні переходи функції зі зростання до спадання. Проте, вони також мають суттєві недоліки, зокрема Ефект Рунге, що призводить до сильної осциляції функції при великому степені полінома (кількості точок).

Для запобігання цьому використовують інтерполяцію сплайнами. Сплайн — це спеціальна функція, яка розбивається на окремі шматки, кожен з яких представлений власним многочленом. При цьому зберігається неперервність функції. Зокрема для моделювання активності інсуліну добре підходять кубічні сплайни, де кожен шматок представлений поліномом третього ступеня.

Окремо слід зазначити необхідність збереження монотонності функції між початковими точками. Це вкрай важливо при моделюванні інсуліну, адже спотворена функція може приймати значення більші за пікові чи взагалі від'ємні, що принципово не можливо. Для кубічних сплайнів існує алгоритм РСНІР (Piecewise Cubic Hermite Interpolating Polynomial), який враховує умову збереження монотонності між точками [3].

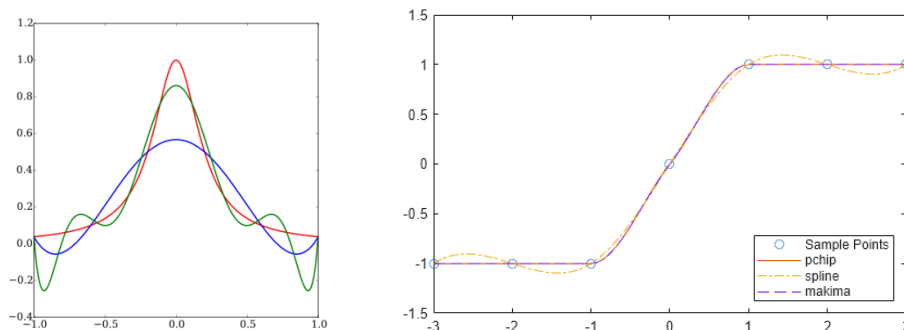


Рис. 2. Ефект Рунге та порівняння РСНІР з немонотонною інтерполяцією

Література

1. Rahman M. S. et al. (2021) Role of Insulin in Health and Disease: An Update, *International Journal of Molecular Sciences*, vol. 22, no. 12, p. 6403.
2. Tulsan S. K. et al. (2024) Errors in diabetic insulin therapy and the vitality of proper precautions in Bangladesh: Real-life insights from the developing world, *Journal of Family Medicine and Primary Care*, vol. 13, no. 1, pp. 292–297.
3. Guven O. et al. (2016) Computationally efficient real-time interpolation algorithm for on-uniform sampled biosignals, *Healthcare Technology Letters*, vol. 3, no. 2, pp. 105–110.

Гібридний підхід до прогнозування транспортного трафіку на основі відкритих даних у концепції Smart City

Г. Г. Пономаренко

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

У межах дослідження планується розробка гібридної моделі прогнозування транспортного трафіку з використанням відкритих міських даних та методів машинного навчання. Актуальність теми зумовлена зростанням обсягів транспортних даних у сучасних містах і необхідністю оперативного прогнозування навантаження на дорожню інфраструктуру в реальному часі.

Передбачається, що дослідження охоплюватиме аналітику даних з відкритих джерел (API, OpenWeatherMap) та створення моделі, здатної враховувати не лише історичні показники трафіку, а й зовнішні фактори — погодні умови, час доби, свята й події.

Планується розробка гібридної архітектури, яка поєднуватиме LSTM-мережі та XGBoost для обробки додаткових факторів. Це дозволить підвищити точність короткострокового прогнозування (15-60 хвилин вперед) порівняно з класичними моделями.

Очікується розробка методики збору, очищення та інтеграції відкритих транспортних даних. Буде створено гібридну модель для прогнозування інтенсивності руху. Додатково варто відмітити проведення порівняльного аналізу ефективності базових та гібридних підходів. Всі результати будуть візуалізовані у вигляді інтерактивної карти або дашборду.

Обрана тема поєднує аналітику IoT-даних, машинне навчання та концепцію Smart City, що робить її перспективною як у науковому, так і практичному аспекті. Розроблена методика може стати основою для подальших досліджень у сфері інтелектуальних транспортних систем і допоможе містам ефективніше управляти дорожньою інфраструктурою.

Запропонована методика може стати основою для подальших досліджень у сфері інтелектуальних транспортних систем, зокрема для побудови моделей, які враховують не лише дані трафіку, але й соціальні та інфраструктурні фактори. У перспективі можливе розширення моделі за рахунок адаптивних алгоритмів самооновлення, а також інтеграції з технологіями edge computing.

Література

1. Bechere M., Barkat A., Ghenabzia A., Yiltas-Kaplan D. (2025) Urban Traffic Prediction Using Hybrid XGBoost-LSTM Model, *International Journal of Computing and Digital Systems*, vol. 18(1), pp. 1–15. URL : DOI:10.12785/ijcds/1571136041.

2. Sun S., Chen J., Sun J. (2019) Traffic congestion prediction based on GPS trajectory data, *International Journal of Distributed Sensor Networks*, vol. 15(5), p. 155014771984744.

Онтологія предметної області технологічного комплексу 2-ї сатурації для системи підтримки та прийняття рішень прецедентного підходу

Є. С. Проскурка

Національний університет харчових технологій

Система підтримки та прийняття рішень прецедентного підходу (СППР ПП) повинна мати в своєму складі базу знань предметної області технологічного комплексу 2-ї сатурації.

База знань предметної області технологічного комплексу 2-ї сатурації в СППР ПП розроблена на основі онтології (рис. 1) в програмному середовищі Protégé.

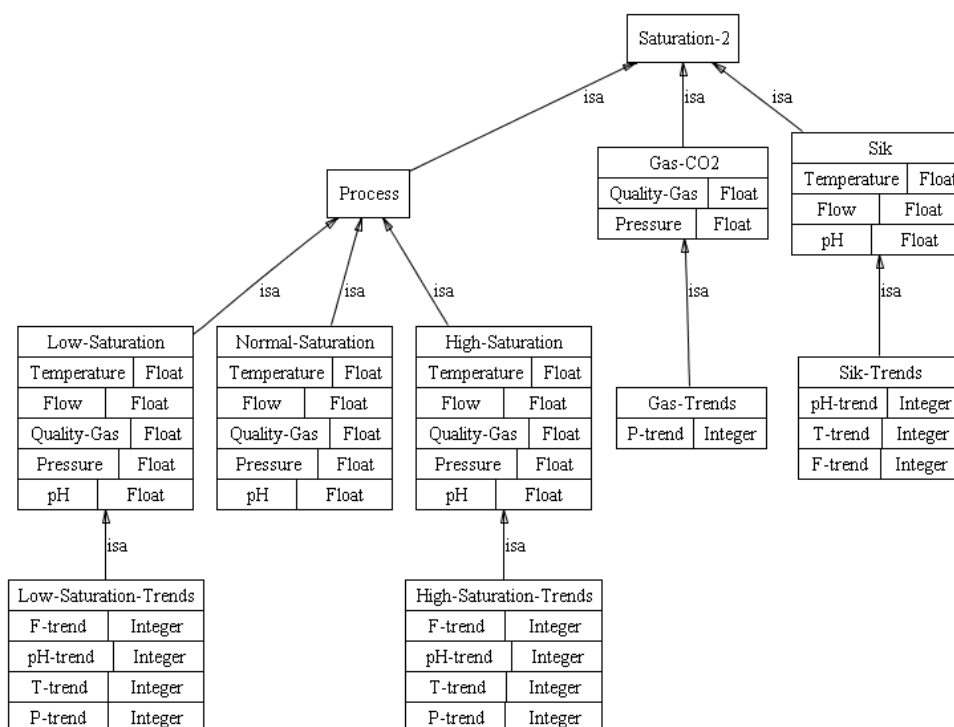


Рис. 1. Онтологія технологічного комплексу 2-ї сатурації.

Класи Gas-Trends, Sik-Trends, Low-Saturation-Trends та High-Saturation-Trends в онтології мають знання про тенденції технологічних параметрів у вигляді топологічних кодів [1].

Спираючись на знання з бази знань предметної області та прецеденти з бази прецедентів СППР ПП формує управляючі дії на подію, що склалася в технологічному комплексі 2-ї сатурації.

Література

1. Проскурка Є. С. (2025) Дворівневе кодування часових рядів з використанням топологічних кодів для пошуку прецедентів, *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, (3), с. 147–152. DOI: 10.32782/tnv-tech.2025.3.16.

Виявлення та аналіз сезонності продажів торговельних мереж**Д. К. Русин, М. П. Костіков***Національний університет харчових технологій*

У сучасних умовах високої конкуренції на ринку роздрібної торгівлі ефективно управління запасами, маркетинговими активностями та плануванням закупівель безпосередньо залежить від точності прогнозування попиту.

Одним із ключових чинників, що впливають на цей процес, є сезонність продажів. Її своєчасне виявлення та кількісна оцінка дають змогу компаніям ухвалювати обґрунтовані управлінські рішення, мінімізувати витрати й забезпечити стабільний прибуток.

У межах нинішнього дослідження було проведено комплексний аналіз динаміки продажів торговельної мережі на основі історичних даних за кілька років.

Основна мета цієї роботи полягає в порівнянні ефективності двох алгоритмічних підходів до розрахунку коефіцієнтів сезонності — методу середніх відносних величин та методу декомпозиції часових рядів (ковзних середніх) — для виявлення періодичних закономірностей попиту та розробки рекомендацій щодо підвищення ефективності планування на основі аналітичних висновків.

Для досягнення мети було застосовано сучасні методи аналітики часових рядів. Зокрема, реалізовано два алгоритмічні підходи до розрахунку коефіцієнтів сезонності:

- метод середніх відносних величин, який дозволив визначити середній рівень продажів для кожного місяця відносно середньорічного показника. Отримані коефіцієнти сезонності і показали періоди підвищеного попиту, характерні для літніх і передсвяткових місяців;

- метод декомпозиції часових рядів (ковзних середніх), що дало змогу відокремити трендову, сезонну та випадкову складові. У результаті було отримано згладжені графіки, які відображають основні закономірності динаміки продажів без впливу короткострокових коливань.

Розроблені алгоритми реалізовано засобами Python та Power BI (мова DAX) із використанням бібліотек Pandas, NumP та Statsmodels, що дозволило автоматизувати процес обчислень. На основі отриманих даних побудовано інтерактивну інформаційну панель у Power BI [1], яка відображає коефіцієнти сезонності, тренди продажів та прогнозні значення на наступні періоди і їх порівняння з фактичними продажами.

У процесі дослідження було виявлено, що сезонність має стабільний характер у межах аналізованого періоду. Обсяги продажів зростають у певні календарні місяці, що збігаються із періодами святкової активності або зміною кліматичних умов. Спостерігається чітка кореляція між категоріями товарів та

силою сезонних коливань: для груп товарів повсякденного попиту сезонність менш виражена, тоді як для категорій сезонного використання (одяг, товари для дому, відпочинку тощо) — значно інтенсивніша.

Порівняльний аналіз двох методів розрахунку коефіцієнтів сезонності — методу ковзних середніх та методу середніх відносних величин — показав, що обидва методи формують подібні тренди сезонних змін і підтверджують повторюваність сезонних циклів у межах року.

Разом із тим, метод ковзних середніх продемонстрував меншу похибку при порівнянні з фактичними даними продажів. Крім того, завдяки більш згладженому графіку коефіцієнтів сезонності, результати цього методу є зручнішими для практичного застосування — зокрема для планування закупівель, розподілу складських приміщень, а також для формування бюджетів.

Метод середніх відносних величин, своєю чергою, є відносно простішим у реалізації та може бути ефективним інструментом для швидкої оцінки сезонних коливань у тих випадках, коли немає потреби у високій точності прогнозу.

Отримані результати підтвердили, що застосування інформаційних технологій у сфері аналітики продажів забезпечує не лише точну оцінку сезонних тенденцій, але й формує основу для прогнозного моделювання. Досліджені методи розрахунку коефіцієнтів сезонності закривають численні бізнес-потреби. Зокрема метод ковзних середніх підходить для фінансових задач, а метод середніх відносних величин для категорійного менеджменту.

Практична цінність дослідження полягає в універсальності розробленого підходу — методика може бути адаптована для будь-якої роздрібної мережі незалежно від її масштабу, асортименту чи географії діяльності. Інформаційні технології, інтегровані в бізнес-аналітику, дозволяють автоматизувати процеси збору, обробки й аналізу даних, що сприяє переходу від інтуїтивного управління до рішень на основі даних.

У подальших дослідженнях передбачається розширення аналітичної моделі за рахунок застосування методів машинного навчання для підвищення точності прогнозування сезонних коливань та розробка автоматизованих рекомендаційних систем для управління товарними запасами.

Література

1. Microsoft (2025) *Microsoft Power BI: Інтерактивна візуалізація даних*. [online]. URL : <https://powerbi.microsoft.com>.
2. Popescu C., Gabor M. R., Stancu A. (2025) E-Commerce Revolution: How the Pandemic Reshaped the US Consumer Shopping Habits: A PACF and ARIMA Approach, *Systems*, vol. 13, no. 9, p. 802. DOI : <https://doi.org/10.3390/systems13090802>.
3. Gladka M., Kuchanskyi O., Kostikov M., Lisnevskyi R. (2023) Method of Allocation of Labor Resources for IT Project Based on Expert Assessments of Delphi, *2023 IEEE Smart Information Systems and Technologies (SIST)*, 4–6 May, 2023, Astana, Kazakhstan, pp. 545–551.

Аналіз форм подання траєкторій у системі імітаційного навчання роботів-маніпуляторів за демонстрацією

Ю. М. Сенчук, Ф. Д. Матіко

Національний університет «Львівська політехніка»

Підхід імітаційного навчання за демонстрацією (Learning from Demonstration, LfD) сформував окремий клас методів програмування промислових роботів-маніпуляторів. Даний метод дає змогу задавати складні траєкторії без ручного програмування [1]. Важливою складовою такої системи є форма подання даних траєкторії, оскільки від вибору структури представлення траєкторії залежить зручність реалізації та здатність системи повторно використовувати показані рухи при зміні конфігурації. Аналіз у роботі має оглядовий характер і зосереджується на властивостях різних структур подання, які впливають на адаптивність, стійкість та інтегрованість траєкторних моделей у системи керування сучасних маніпуляторів. Розглядаються чотири узагальнені структури подання траєкторних даних: **Дискретні точки в робочому (декартовому) просторі:** траєкторія подається як список декартових точок у часі ($x_i, y_i, z_i, \text{орієнтація}_i, t_i$). **Дискретні точки в просторі суглобних координат:** траєкторія описується як послідовність позицій (P1, P2, P3), де кожна позиція — це набір значень кутів суглобів ($q_{1i}, q_{2i}, \dots, q_{ni}$) з часовою міткою або фіксованою швидкістю переходу між ними. **Параметричні подання траєкторій (поліноми, сплайни):** замість зберігання великої кількості точок руху між двома робочими позиціями, для кожного суглоба задається поліном п'ятого порядку або кубічний сплайн, який визначає положення суглоба як функцію часу $q_j(t)$ на інтервалі $[t_0, t_f]$. Контролер відновлює проміжні значення з цього опису, що забезпечує гладкі профілі швидкості та прискорення [2]. **Рухові примітиви (movement primitives):** операція складання подається як послідовність типових сегментів («підхід», «захоплення», «переміщення», «укладання»). Кожен сегмент описується окремим руховим примітивом, який можна багаторазово використовувати для різних деталей, змінюючи лише початкові та кінцеві умови [3]. Для порівняння даних структур використовуються такі критерії: інваріантність до зсувів, поворотів і масштабування задачі; стійкість до шуму та похибок демонстрації; компактність і обчислювальні витрати; сумісність із кінематичними та динамічними обмеженнями маніпулятора і контролера; придатність для побудови бібліотек повторно використовуваних рухів. Це дає змогу оцінювати різні подання з погляду їхньої практичної придатності в системах LfD. Аналіз виконується на основі трьох типових сценаріїв узагальнення траєкторії: зміна початкової пози чи орієнтації деталі за збереженням логіки операції; масштабування руху при зміні розмірів деталі або робочої зони; поява простої перешкоди або потреба додати проміжні контрольні точки. Для кожного сценарію оцінюється, наскільки легко структура дозволяє узагальнити

траєкторію: чи достатньо простих перетворень координат і параметрів, чи вже потрібна суттєва переробка руху або додаткові демонстрації.

У першому сценарії, дискретна траєкторія в робочому просторі легко переноситься за допомогою геометричних перетворень. Після цього, однак, потрібно перевірити досяжність точок і відсутність сингулярностей у суглобному просторі. Дискретні траєкторії в суглобних координатах у такому разі часто доводиться перераховувати майже повністю. Параметричні подання та рухові примітиви адаптуються простіше: змінюються лише початкові й кінцеві умови або кілька параметрів задачі, а форма руху зберігається. Для другого сценарію, дискретне подання створює додаткові труднощі: потрібно масштабувати всі точки, контролювати обмеження по швидкостях і прискореннях та перевіряти межі робочого простору. Параметричні траєкторії в цій ситуації зручніші, оскільки масштабування зводиться до зміни небагатьох параметрів. Рухові примітиви також добре підтримують масштабування: одна й та сама форма руху використовується для різних варіантів задачі, а змінюються лише початкова та кінцева умови примітива [3]. При третьому сценарії, дискретну траєкторію зазвичай редагують вручну. Це легко псує початкові профілі швидкості та прискорення й створює локальні нерівномірності руху. Параметричні подання дозволяють змінювати траєкторію лише на окремій ділянці, майже не чіпаючи решту. Рухові примітиви дають ще більш структурований варіант: для врахування перешкоди достатньо додати або замінити один примітив, а інші сегменти руху залишаються без змін. Узагальнюючи, можна відзначити, що дискретні подання в декартовому просторі є інтуїтивними для оператора та зручними для візуалізації й простих геометричних перетворень, тоді як дискретні подання в суглобному просторі технічно прості для інтеграції з промисловими контролерами й підходять для швидкого впровадження імітаційного навчання. Параметричні траєкторії забезпечують кращий контроль кінематичних параметрів руху та полегшують масштабування і локальну корекцію, а представлення у вигляді рухових примітивів додає вищий рівень структурування та підтримує модульне переналаштування операцій і побудову бібліотек типових рухів. Для інтеграції в існуючі промислові комплекси, перспективним є поєднання дискретних структур, що відповідають форматам контролера, з параметричними моделями та руховими примітивами на рівні надбудов, що створює основу для подальших досліджень і експериментальної перевірки.

Література

1. Billard A., Calinon S., Dillmann R., Schaal S. (2008) Robot programming by demonstration, *Springer Handbook of Robotics*, Springer, pp. 1371–1394.
2. Van Loock W., Pipeleers G., Swevers J. (2015) B-spline parameterized optimal motion trajectories for dynamic systems, *Mathematical Problems in Engineering*, pp. 1–11.
3. Ijspeert A. J., Nakanishi J., Schaal S. (2013) Dynamical movement primitives: Learning attractor models for motor behaviors, *Neural Computation*, 25(2), pp. 328–373.

**Методи та моделі штучного інтелекту
для динамічного управління роями дронів**

Ю. В. Сікірда, А. С. Зеленський, М. В. Лихацький, О. А. Остапенко
Українська державна льотна академія

Рої дронів (UAV Swarms) представляють собою групу автономних безпілотних літальних апаратів, які координують свої дії для досягнення спільної мети. Вони пропонують значні переваги над одиничними дронами, зокрема масштабованість, відмовостійкість та ефективність у складних місіях (наприклад, розвідка, пошуково-рятувальні операції, динамічне картографування). Однак, ефективне управління роєм у динамічних та непередбачуваних середовищах вимагає застосування передових методів і моделей штучного інтелекту (ШІ) для забезпечення автономності, адаптивності та колективного інтелекту [1; 2].

Динамічне управління роєм вимагає вирішення низки критичних завдань у реальному часі [2; 3]:

1. Координація та формування (Formation Control). Підтримання заданої просторової конфігурації (формації) та її динамічна зміна у відповідь на перешкоди або зміну місії.

2. Уникнення зіткнень (Collision Avoidance). Забезпечення безпечного польоту шляхом уникнення зіткнень як між дронами рою (внутрішні), так і з об'єктами середовища (зовнішні).

3. Розподіл завдань (Task Allocation). Оптимальне та адаптивне призначення підзавдань окремим дронам або підгрупам рою з урахуванням їх можливостей і поточної ситуації.

4. Стійкість до збоїв (Fault Tolerance). Здатність рою продовжувати місію або переформатовуватися після виходу з ладу одного чи кількох його елементів.

5. Децентралізоване прийняття рішень (Decentralized Decision-Making). Розробка алгоритмів, що дозволяють кожному дрону приймати ефективні рішення, спираючись лише на локальну інформацію, що критично важливо в умовах обмеженого зв'язку.

Застосування методів ШІ є фундаментальним для подолання зазначених викликів, особливо у децентралізованих системах [2; 3]:

1. Глибоке навчання з підкріпленням (Deep Reinforcement Learning) та його багатоагентні варіанти (Multi-Agent Reinforcement Learning) є одними з найбільш перспективних підходів. Дрони навчаються оптимальній поведінці шляхом взаємодії із середовищем, максимізуючи кумулятивну винагороду. Це дозволяє автономно знаходити складні, неінтуїтивні стратегії управління без явного програмування. Ці методи застосовуються для динамічного планування траєкторії, адаптивного формування, уникнення зіткнень.

2. Ройовий інтелект та біоінспіровані алгоритми (Swarm Intelligence and Bio-Inspired Algorithms). Ці методи імітують колективну поведінку природних

систем (зграї птахів, колонії мурах), забезпечуючи децентралізовану координацію. Перевагами є висока масштабованість та відмовостійкість завдяки простим локальним правилам взаємодії.

3. Машинне/глибоке навчання (Machine Learning/Deep Learning). Згорткові нейронні мережі (Convolutional Neural Networks) використовуються для обробки сенсорних даних та прийняття рішень на основі сприйняття.

Ефективні системи динамічного управління роями дронів часто інтегрують різні моделі ШІ в єдиний фреймворк [4; 5]:

1. Децентралізована модель (Decentralized Model). Кожний дрон є автономним агентом, який приймає рішення на основі локальної інформації, отриманої від сусідів і власних сенсорів. Координація досягається через прості правила взаємодії. Модель має високу надійність та масштабованість.

2. Ієрархічна модель (лідер-послідовник) (Hierarchical Model (Leader-Follower)). Один або кілька дронів призначаються лідерами, які відповідають за глобальне планування місії та напрямок рою. Решта дронів (послідовники) підтримують формацію відносно лідерів. Модель спрощує глобальне планування та підтримку загальної структури.

3. Модель на основі штучних потенційних полів (Model Based on Artificial Potential Fields). Дрони розглядаються як частинки в полі, де цілі генерують притягальні сили, а перешкоди (включаючи інші дрони) — відштовхувальні сили. Динамічне управління досягається балансуванням цих сил.

Динамічне управління роями дронів є комплексною проблемою, яка вирішується шляхом інтеграції передових методів ШІ. Глибоке навчання з підкріпленням та ройовий інтелект відіграють центральну роль у забезпеченні автономного прийняття рішень, координації та адаптивності рою до мінливих умов. Подальші дослідження будуть зосереджені на підвищенні обчислювальної ефективності та розробці гібридних моделей ШІ, які поєднують переваги централізованого планування та децентралізованого виконання, максимально використовуючи потенціал колективного інтелекту.

Література

1. Ahmad S., Semwal A., Singh, P. (2023) The Use of Artificial Intelligence in Swarm Drones, *International Journal of Research and Analysis in Science and Technology (IJRASET)*, 11(5), pp. 317–324.

2. Asaeyl H., Alabdan H. A., Eltoumi S. S. A. (2024) AI Driven Approaches in Swarm Robotics – A review, *International Journal of Computing and Informatics*, 3(5), pp. 115–121.

3. Gao Q., Yang X., Liu X. (2025) Advancement Challenges in UAV Swarm Formation Control: A Comprehensive Review, *Drones*, 8(7), p. 320.

4. Li Z., Lu Y. (2024) *Generative AI for Unmanned Vehicle Swarms: Challenges, Applications and Opportunities*: arXiv preprint. URL: <https://arxiv.org/html/2402.18062v1>.

5. Rana M. A. U. A., Iqbal S., Ullah R., Alsaif A. (2025) A Comprehensive Review of Next-Gen UAV Swarm Robotics: Optimisation Techniques and Control Strategies for Dynamic Environments, *Intelligent Automation & Soft Computing (IASC)*, 40(1), pp. 287–303.

Аналіз загроз безпеки інформаційних систем підприємств критичної інфраструктури

А. В. Собчук, Б. С. Степанченко

Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій

Функціонування інформаційних систем підприємств критичної інфраструктури України здійснюють під постійним впливом загроз різної природи [1, 2]. Зокрема, від масових кібератак шифрувальників Retya.A, WannaCry, XDATA постраждало десятки українських компаній в усіх галузях економіки. Вектор «шифрувальника» був стандартний: таргетований користувач отримує лист з вкладенням шкідливого файлу.

Часто застосовують підхід, при якому розглядають ймовірність реалізації кожної i -ї загрози по відношенню до j -го активу, використовуючи таке співвідношення

$$d_{rj} = 1 - p_{ri} \times \prod_{i=1}^m (1 - p_{rji}) \quad (1)$$

де: n — кількість загроз; m — кількість активів; p_{ri} — можливість здійснення i -ї загрози; d_{rj} — можливість реалізації хоча б однієї загрози i -му активу. При цьому:

$$d_{rj} = 1 - p_{ri} \times p_{vi} \quad (2)$$

де p_{ri} — можливість появи i -ї загрози; p_{vi} — можливість появи вразливості по реалізації i -ї загрози. Після визначення взаємозв'язку між трьома елементами аналізу ризику можна точно оцінити ймовірність інцидентів із безпекою. Математично обсяг збитків, спричинених настанням події безпеки визначають так:

$$R(A, T, V) = R(P(T, V), E(L_a, V_a)) \quad (3)$$

де P — ймовірність подій безпеки, спричинених уразливостями системи; T — відноситься до ймовірності настання основних подій безпеки; V — стосується вразливості. $F(L_a, V_a)$ — втрата вартості активу, спричинена подією безпеки; L_a — втрата вартості активу; V_a — рівень вразливості. З цього можна визначити формулу розрахунку величини ризику. L_v — втрата вартості активу, спричинена ціллю атаки, та P_G — це ймовірність наступ події цільового вузлу зв'язані співвідношенням

$$R = (L_v * P_G) \quad (4)$$

Література

1. Довгань О. (2020) *Кібербезпека в інформаційному суспільстві*. К., 281 с.
2. Собчук В. В., Мусієнко А. П., Ільїн О. Ю. (2018) Аналіз використання ієрархічної структури для забезпечення функціональної стійкості автоматизованої системи управління підприємством, *Телекомунікаційні та інформаційні технології*, 4 (61), с. 53–61.

Розробка локальних RAG-систем на основі мовних моделей різних розмірів

М. А. Товстенко, В. В. Гавриленко

Національний транспортний університет, Київ, Україна

Сучасні великі мовні моделі (LLM) радикально змінюють підходи до пошуку та обробки інформації [1], однак залишаються вразливими до проблеми генерації недостовірних даних («галюцинацій»). Одним із ключових методів вирішення цієї проблеми є методи Retrieval-Augmented Generation (RAG), що поєднують генеративні можливості мовних моделей із зовнішніми базами знань для забезпечення достовірності відповідей. Незважаючи на широке розповсюдження хмарних сервісів, також є попит на системи, що незалежні від сервісів LLM API та оптимізовані для локального пошуку й трансформації інформації з баз знань на персональних комп'ютерах. Це стратегічно важливо, оскільки забезпечує незалежність від інтернету, економлячи трафік, та стійкість роботи у переносних пристроях (зокрема, в умовах аварійних ситуацій нестабільного електропостачання). Безпека персональних даних також критично зростає [2], оскільки конфіденційна інформація не надсилається на зовнішні сервери хмарних провайдерів, зокрема закордонні, що є важливим обмеженням в деяких критичних ситуаціях незважаючи на ствердження компаній щодо захисту конфіденційних даних. Додатковими перевагами є можливість створення спеціалізованих моделей під конкретні задачі, відтворюваність результатів, а також потенційна дешевизна генерації в довгостроковій перспективі, незважаючи на початкові витрати на придбання GPU. Для розробки RAG-системи необхідно дослідити в локальних умовах три компоненти: мовна модель, база знань та алгоритми пошуку в базі знань. Одним із дослідницьких викликів є оптимізація вибору локальної мовної моделі для розгортання на пристроях з обмеженими обчислювальними ресурсами (настільний ПК, ноутбук, мобільний пристрій та інші). Це вимагає встановлення емпіричної залежності між апаратними специфікаціями (обсяг оперативної пам'яті, обсяг відеопам'яті, тактова частота центрального процесора тощо) та розміром локальної мовної моделі (кількість параметрів нейромережі та величина квантування) з метою побудови системи по наданню релевантної інформації у визначених предметних областях.

Одним із напрямків дослідження полягає у порівнянні сучасних моделей крихітного (до 3 млрд параметрів, $\approx 3B$), малого (приблизно 9 млрд параметрів, $\approx 9B$) та середнього розміру (приблизно 16 млрд параметрів, $\approx 16B$) у комбінації з визначеною базою знань та алгоритмом пошуку RAG-системи для досягнення належної швидкодії й якості відповіді без повної залежності від хмари. В цій проблемі одним з важливих питань: «в межах фіксованого бюджету на обладнання, чи ефективніше використовувати модель з більшою кількістю параметрів за рахунок низької числової точності (2-бітне або 4-бітне

квантування), чи меншу модель, яка зберігає високу точність (наприклад, FP16 або 8-бітне квантування)?».

Окрім мовної моделі, в RAG-системах ключовим компонентом також є база знань. Зазвичай база знань являє собою векторну базу даних, в якій зберігається проіндексований набір документів. Під час індексації набір сегментується на частини тексту, які згодом трансформуються у високовимірні векторні вбудовування за допомогою моделі вбудовування речень [3]. Хоч зазвичай це і достатньо для LLM на спеціалізованих серверах обробки даних, але локальні мовні моделі повинні мати більше контексту для генерації ніж хмарні LLM. Одним із перспективних методів вдосконалення бази знань є поєднання онтологічної та векторної бази даних [4].

Третьою критично важливою складовою локальних RAG-систем є алгоритми пошуку, які визначають доречність тексту, яким доповнюється мовна модель перед генерацією відповіді. Базовим підходом є векторний пошук, що спирається на обчислення відстані між векторними представленнями запиту та збережених фрагментів тексту, забезпечуючи знаходження семантично близької інформації для відповіді. Проте для підвищення точності доцільним є застосування гібридного пошуку, який поєднує векторний пошук із традиційним пошуком за ключовими словами, що дозволяє нівелювати недоліки кожного з підходів окремо. Водночас, враховуючи необхідність інтеграції онтологічних баз знань для надання контексту про взаємозв'язки між сутностями у документах, особливу перспективу має графовий пошук, який дозволяє здійснювати навігацію по структурованих зв'язках між сутностями.

В результаті досліджень трьох ключових компонентів RAG-системи в локальних умовах дозволять сформулювати практичні рекомендації щодо вибору оптимальних конфігурацій для таких систем. Це створює передумови для розробки автономних інтерактивних довідникових систем, здатних функціонувати в умовах обмежених ресурсів, зокрема для застосування у сферах освіти, транспортної інфраструктури та інших галузях, де є критичною конфіденційність, надійність та бюджетність.

Література

1. Li Z., Lin Z., Neubig G. (2024) *A Comprehensive Survey of Retrieval-Augmented Generation (RAG): Evolution, Current Landscape and Future Directions* : arXiv preprint. URL : arXiv:2410.12837.

2. Слюсар В. (2024) Локальні великі мовні моделі для обробки конфіденційної інформації. Озброєння та військова техніка. № 4(44), с. 79–91.

3. Fan W., Ding Y., Ning L., et al. (2024) *A Survey on RAG Meeting LLMs: Towards Retrieval-Augmented Large Language Models* [online] : preprint, arXiv. ID: 2405.06211 (cs.CL). URL : <https://arxiv.org/abs/2405.06211>.

4. Sharma K., Kumar P., Li Y. (2025). OG-RAG: Ontology-grounded retrieval-augmented generation for large language models. In Proceedings of the 2025 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (pp. 32950–32969). Association for Computational Linguistics. DOI: 10.18653/v1/2025.emnlp-main.1674.

**Порівняльний аналіз підходів до побудови Human Digital Twin
на основі мультимодального злиття даних**

Д. В. Філатов

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Сучасні тенденції розвитку цифрових екосистем у промисловості та сфері критичної інфраструктури демонструють зростання інтересу до концепції Human Digital Twin (HDT) — цифрового відображення стану, поведінки та контексту діяльності працівника в небезпечному середовищі. Для вибухонебезпечних підприємств нафтогазової, хімічної, енергетичної та будівельної галузей застосування HDT відкриває можливості переходу від реактивних систем безпеки до превентивних, які враховують поєднання технічних і людських чинників ризику. Водночас існуючі підходи до побудови HDT суттєво відрізняються за технологічним наповненням, вимогами до даних та архітектурними рішеннями, що зумовлює потребу в їх систематизації з позиції задач промислової безпеки.

У межах дослідження проведено порівняльний аналіз існуючих підходів до побудови HDT з огляду на використання сенсорних даних (вібраційних, середовищних, позиційних), відеоаналітики, біометрії, а також можливостей їх мультимодального злиття. Окрема увага приділяється інтеграції таких моделей у цифрові двійники виробничих систем, а також здатності працювати в режимі реального часу із застосуванням edge-AI в умовах обмеженого або нестабільного зв'язку. Порівняльні результати, узагальнені за критеріями архітектури, обчислювальних вимог, типів підтримуваних модальностей, стійкості до відмов та цільових сценаріїв застосування у промисловій безпеці.

Отримані результати демонструють, що більшість існуючих моделей зосереджені на окремих модальностях — переважно носимих сенсорах або відеоаналізі — що знижує їх стійкість у реальних умовах небезпечного виробничого середовища. Такі системи зазвичай не враховують необхідність синхронізації потоків з різною частотою вибірки (наприклад, IMU 100–200 Hz, вібраційні сенсори обладнання та відео 25–30 fps), що ускладнює формування узгодженої моделі поведінки працівника та стану технічних засобів. Іншою характерною проблемою є обмежена інтеграція з цифровими двійниками технологічного обладнання, системами класу SCADA/MES та відсутність підтримки стандартів індустріальної інтероперабельності, зокрема ISO 23247, що обмежує застосовність таких рішень у комплексному моніторингу виробничих ризиків.

Окремі прототипи демонструють високий рівень деталізації моделі людини або процесів, проте їх використання у польових умовах ускладнюється залежністю від хмарних сервісів або потребою у значних обчислювальних ресурсах. Це робить їх малопридатними для сценаріїв, де критичною є затримка обробки — наприклад, робота на вибухонебезпечних майданчиках, виконання

висотних операцій, аварійно-відновлювальних робіт чи задач оперативного реагування.

Доповнення HDT активними edge-модулями, розгорнутими безпосередньо на промисловому об'єкті, дозволяє мінімізувати латентність, зменшити залежність від мережевої інфраструктури та забезпечити безперервний моніторинг ризиків.

Порівняльний аналіз свідчить про відсутність єдиної, стандартизованої та водночас достатньо гнучкої архітектури, здатної поєднувати мультимодальні дані та працювати у режимі реального часу саме в задачах промислової безпеки вибухонебезпечних підприємств.

Це підкреслює актуальність розробки рішення, яке б забезпечувало:

- інтеграцію даних від носимих сенсорів працівників, інструментальних сенсорів обладнання, відеокамер та біометричних пристроїв;
- уніфіковане мультимодальне злиття (feature-level та decision-level fusion) з орієнтацією на виявлення небезпечних дій, станів і аномалій;
- відповідність структурі та інформаційному обміну ISO 23247 і сумісність з існуючими системами моніторингу (SCADA, MES, платформи цифрових двійників);
- здатність до розгортання в edge-середовищах на промислових майданчиках із нестабільним зв'язком;
- масштабованість під різні сценарії моніторингу критичної інфраструктури та виробничих об'єктів підвищеної небезпеки.

Результати аналізу є підґрунтям для формування нової архітектури HDT, орієнтованої на превентивний моніторинг промислових ризиків і підвищення рівня захисту працівників вибухонебезпечних підприємств.

Запропонована схема злиття даних та розподілу обчислень дозволяє врахувати специфіку реальних умов роботи, підвищити точність оцінки стану працівників та обладнання й покращити взаємодію між людським агентом і цифровими моделями виробничих систем.

Таким чином, проведене дослідження окреслює ключові напрями розвитку HDT у контексті промислової безпеки та визначає технічні й методологічні вимоги до створення комплексної мультимодальної моделі, здатної забезпечити ефективність і безпечність виробничих процесів в умовах Індустрії 5.0.

Література

1. Gaffinet B., Al Haj Ali J., Naudet Y., Panetto H. (2025) Human Digital Twins: A systematic literature review and concept disambiguation for Industry 5.0. *Computers in Industry*, 166, 104230. [online]. URL : <https://doi.org/10.1016/j.compind.2024.104230>
2. Lauer-Schmaltz M. W., Cash P., Hansen J. P., Maier A. (2024) *Towards the Human Digital Twin: Definition and Design – A survey* : arXiv preprint [online]. URL : <https://doi.org/10.48550/arXiv.2402.07922>

УДК 004.9

Впровадження єдиної інтегрованої системсоціальної сфери (ЄІССС) як важливий ресурс публічного управління

Р. В. Хороша-Попадюк

*Національний університет водного господарств
та природокористування, м. Рівне*

Сучасна соціальна політика України спрямована на підвищення адресності, прозорості та ефективності соціальних послуг.

Вдосконалення управлінських механізмів, які забезпечують взаємодію між державними органами, громадами й громадянами, є ключовою умовою її реалізації. При цьому управління соціальною сферою в умовах цифрової трансформації неможливе без інноваційних технологій та єдиних електронних платформ [1].

Важливим у цьому випадку є питання щодо надання соціальних послуг. Соціальні послуги, відповідно до приписів ч. 17 п.1 ст. 1 Закону України «Про соціальні послуги», це дії, спрямовані на профілактику складних життєвих обставин, подолання таких обставин або мінімізацію їх негативних наслідків для осіб/сімей, які в них перебувають.

Реєстр надавачів та отримувачів соціальних послуг — автоматизована інформаційно-комунікаційна система, призначена для збирання, реєстрації, накопичення, зберігання, використання, знеособлення і знищення визначених цим Законом даних про надавачів та отримувачів соціальних послуг (ч. 14 п. 1 ст. 1 Закону України «Про соціальні послуги») [2].

Соціальні виплати — це грошова або натуральна допомога, яку держава чи інші організації надають певним категоріям населення у складних життєвих обставинах, таких як безробіття, інвалідність, низький дохід, вагітність, народження дитини, або для забезпечення мінімального рівня життя. Традиційна система призначення соціальних виплат в Україні характеризувалася фрагментарністю, дублюванням функцій між установами, бюрократичними процедурами та відсутністю інтегрованих інформаційних баз. Це створювало додаткові труднощі для громадян і ускладнювало контроль за ефективністю соціальних витрат.

Відповіддю на ці виклики стало впровадження Єдиної інтегрованої системи соціальної сфери (ЄІССС) — цифрова платформа, яка забезпечує об'єднання усіх соціальних процесів в єдиному інформаційному середовищі. Система спрямована на спрощення доступу громадян до соціальних послуг, автоматизацію процесів призначення допомог, скорочення термінів розгляду звернень та усунення суб'єктивного впливу людського фактору.

Згідно зі звітом *ОЕСР «Цифровізація для відновлення України»* (2022), розвиток цифрової інфраструктури та сервісів є одним із ключових напрямів модернізації державного управління [3].

ЄІССС ґрунтується на принципах прозорості, адресності та цифрової доступності. Її впровадження забезпечує оперативність управлінських рішень, ефективний моніторинг послуг, зменшує корупційні ризики та підвищує довіру

до громадян до державних інституцій. Вона дозволяє здійснювати аналітичний моніторинг соціальних виплат, прогнозувати потреби населення та формувати політику на основі достовірних даних [4].

Подальший розвиток управлінських механізмів у соціальній сфері пов'язаний із вдосконаленням цифрових, організаційних і правових інструментів. Важливим завданням є розбудова цифрової інфраструктури громад та підвищення цифрової грамотності працівників соціальної сфери. Працівники мають володіти навичками роботи в ЄІССС, розуміти принципи аналітики даних і дотримання кібербезпеки. Доцільним є запровадження програм сертифікації цифрових компетентностей [3].

Водночас розширення цифрових сервісів зумовлює необхідність посилення кіберзахисту персональних даних. З моменту повномасштабного вторгнення Україні прийнято ряд реформ для зміцнення своєї системи соціального захисту, покращення державного управління та подолання значних проблем, пов'язаних з корупцією та суспільною доброчесністю.

Тим не менш, обмеження воєнного стану та повномасштабної оборони заморозили реалізацію багатьох реформ. Забезпечення повного впровадження реформ, як тільки дозволять умови, буде життєво важливим. [4].

Важливою є інтеграція ЄІССС з іншими державними платформами — реєстрами Міністерства фінансів, Пенсійного фонду, податкової служби та системою «Дія». Така взаємодія усуне дублювання даних і сприятиме формуванню єдиної бази соціальної інформації, що підвищить ефективність управлінських процесів.

Отже, впровадження ЄІССС — це стратегічний напрям реформування соціальної політики України, який поєднує соціальну орієнтованість із цифровою ефективністю. Система створює прозору, гнучку та інклюзивну модель соціальної сфери, що відповідає європейським стандартам публічного управління.

Література

1. Войналович І. А., Герасименко Г. В., Гнатюк Т. О. та ін. (2014) *Людський розвиток в Україні: історичний вимір трансформації державної соціальної політики*. К.: Ін-т демографії та соц. дослідж., 379 с. URL: https://idss.org.ua/monografii/2014_lyud_rozvitok.pdf
2. *Про соціальні послуги: Закон України від 27.09.2025 № 2671-VIII* (2025) URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2671-19#Text>
3. OECD (2022) *Digitalisation for recovery in Ukraine. Policy paper*. Paris : OECD Publishing, 9 p. URL : https://www.oecd.org/uk/publications/2022/07/digitalisation-for-recovery-in-ukraine_40746fbc.html
4. OECD (2025) *OECD Economic Surveys: Ukraine 2025 : report*. Paris : OECD Publishing, 129 p. URL : https://www.oecd.org/en/publications/oecd-economic-surveys-ukraine-2025_940cee85-en.html.

**Аналіз сучасних методів і алгоритмів прогнозування попиту
на готову продукцію та сировину**

К. Ю. Чорнобай, С. В. Грибков

Національний університет харчових технологій

Оптимальне планування є запорукою безперервності виробничих процесів, оптимізації управління запасами та мінімізації витрат підприємств харчової промисловості. Попит на готову продукцію та сировину формуються під впливом широкого спектра чинників, серед яких сезонні коливання, зміни ринкової кон'юнктури, технологічні інновації у виробництві та специфіка поведінки споживачів. Метою дослідження є аналіз сучасних методів і алгоритмів прогнозування попиту на готову продукцію та сировину у виробничих системах із застосуванням інтелектуальних технологій.

На основі аналізу вітчизняних та зарубіжних джерел доцільно виділити наступні методи прогнозування: статистичні, до них відносяться — середні ковзні, експоненційне згладжування, ARIMA(Autoregressive Integrated Moving Average), що використовують закономірності зміни параметрів; економетричні — регресійний аналіз, багатофакторні моделі, що описують вплив різних факторів на попит; інтелектуальні — нейронні мережі, генетичні алгоритми, дерева рішень, ансамблеві підходи, які застосовують алгоритми машинного навчання та III.

У статті [1] розглянуто традиційні методи прогнозування та нейронних мережових моделей для обробки часових рядів та прогнозування, а саме моделі класичні статистичні (ARIMA, SARIMA (Seasonal (ARIMA) Autoregressive Integrated Moving Average)) та глибоких нейронних мереж. В роботі відзначається ефективність отримання з досить високою точністю прогнози, особливо з врахуванням сезонності, при використанні статистичних моделей (SARIMA) та експоненційного згладжування у разі відсутності сильних шумів та відхилень, а для складних випадків доцільно застосовувати комплексні підходи. Проте, варто зазначити, що хоча автори і вказують на можливість комбінування моделей, питання вибору оптимальної комбінації, а також адаптації моделі до швидкозмінних ринкових умов лишається відкритим.

В роботі [2] наведена та обґрунтована ефективність використання моделі SARIMA. Із практичної точки зору, система демонструє, що поєднання алгоритмічного підходу, хорошої візуалізації часових рядів (розкладання на тенденцію, сезонність, шум) та хмарного виконання (зокрема, розгортання через AWS Lambda) робить її придатною для оперативного впровадження. Необхідно відзначити наступне: розглянута модель залежить від одного часового ряду, отже не враховує зовнішні фактори чи мультимірієві структури; прогнозування реалізовано на досить обмеженому наборі даних, що ставить питання про узагальнення на інші домени та масштаб; відсутність порівняння з альтернативними моделями, а саме методами машинного навчання або глибокими нейронними мережами.

У роботі [3] проаналізовано застосуванням модифікованого алгоритму ARIMA в порівнянні з GAM (Generalized Additive Model), та запропоновано розроблену модифікацію моделі ARIMA, адаптовану до умов роботи на «невибагливому» апаратному забезпеченні (офісних комп'ютерах) та короткострокових ринкових часових рядах. Разом із тим, дослідження має обмеження: розглядається короткостроковий прогноз і не охоплено ширші горизонти часу; модифікація алгоритму перевірена на певному наборі даних, тому узагальнення результатів на інші ринкові сегменти вимагає додаткової перевірки; відсутнє достатнє порівняння з альтернативними сучасними моделями машинного навчання чи глибокого навчання, що могло б виявити більший потенціал пристосування до варіативних часових рядів.

В роботі [4] проведено порівняння методів для прогнозування рентабельності підприємства: глибокий аналіз — ефективніший у випадках, коли треба проаналізувати великі обсяги даних, програмних агентів — ефективні, коли дані розподілені між різними джерелами, потрібно враховувати контекст чи залучати кілька сторін до прийняття рішень. Водночас вони менш придатні для прогнозування за однорідних централізованих даних або коли потрібна висока точність і зрозумілість результатів, генетичних алгоритмів — ефективні для роботи з великими обсягами даних, багатовимірними просторами для оптимального чи наближеного вирішення задач оптимізації або пошуку, та нейронних мереж — демонструють високу точність та швидкість обробки даних після навчання.

У роботі [5] здійснено порівняння двох підходів до прогнозування часових рядів — традиційного статистичного методу ARIMA та сучасної методики глибокого навчання на основі LSTM (Long Short-Term Memory). Автори показали значну перевагу LSTM-моделі над ARIMA, адже він забезпечив більшу точність прогнозування для економічних і фінансових часових рядів. Водночас варто зазначити недоліки, а саме: аналіз не охоплював багатовимірне прогнозування з різними змінними; порівняння було з ARIMA і не включало комбіновані моделі або нейронні мережі.

У статті [6] було проведено порівняння моделей ARIMA та LSTM на точність прогнозу, за результатами було обґрунтовано доцільність застосування моделі LSTM, здатних враховувати нелінійні залежності та тривалі часові взаємозв'язки, адже вони забезпечують кращі результати навіть у ситуаціях із значної нестійкості даних. Необхідно відзначити, що ARIMA та LSTM іноді втрачають точність зі збільшенням горизонту прогнозу.

У статті [7] було проведено аналіз ефективності методів прогнозування валютних курсів. Для аналізу було обрано традиційні підходи — фундаментальний аналіз, технічний аналіз та сучасні математичні моделі ARIMA. Модель ARIMA використовується для передбачення, дій в майбутньому на основі минулих показників, а також в технічному аналізі для прогнозування майбутніх показників активу.

На основі проведеного дослідження встановлено, що ефективне прогнозування попиту на сировину та готову продукцію в умовах сучасних економічних і логістичних викликів є критичним аспектом стратегічного

управління підприємствами харчової промисловості. Результати численних досліджень підтверджують перевагу моделей глибинного навчання у завданнях довгострокового та нелінійного прогнозування, проте системи прогнозування попиту потребують комплексного підходу, який поєднує сильні сторони статистичних моделей та інтелектуальних технологій. Подальші дослідження мають бути спрямовані на розроблення гібридних методів, розширення можливостей багатовимірного прогнозування, підвищення адаптивності моделей до швидкозмінних ринкових умов та їх інтеграцію у цифрові виробничо-логістичні системи. Такий підхід забезпечить високий рівень точності прогнозування та надійність прийняття управлінських рішень у харчовій промисловості в умовах сучасної глобальної нестабільності.

Література

1. Kmytiuk T., Majore G., Bilyk T. (2024) Time series forecasting of price of the agricultural products using data science, *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*, 10(3), pp. 5–33. URL : <https://are-journal.com/are/article/view/906/450>.

2. Фармага І., Гадомський В. (2021) Система проведення аналізу, дослідження та передбачення подій у послідовностях даних дискретного часу, *Computer Design Systems. Theory and Practice*, 3(1), с. 61–66. URL : https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2021/dec/26002/10hadoms_0.pdf.

3. Іванов Г. О., Мальченко П. О. (2023) Система прогнозування вартості товарів на основі модифікованого алгоритму Arima для офісних комп'ютерів. *Сучасна наука: інновації та перспективи : матеріали міжнар. мультидисциплінарної наук.-практ. інтернет-конференції молодих дослідників, здобувачів вищої освіти та науковців, 6–7 квітня 2023 р., м. Київ, с. 244–247*. URL : <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/16698/1/244-247.pdf>.

4. Семенов О. М., Колесницький О. К. (2023) Аналіз інтелектуальних методів для прогнозування рентабельності підприємства. *Вісник Вінницького національного технічного університету*, [online] URL : <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/41014/18513.pdf?sequence=3&isAllowed=y%3E>.

5. Siarni-Namini S., Namin A. S. (2018) *Forecasting Economics and Financial Time Series: ARIMA vs. LSTM*: arXiv preprint. arXiv:1803.06386. URL : <https://arxiv.org/pdf/1803.06386>.

6. Abdoli G. (2020) Comparing the Prediction Accuracy of LSTM and ARIMA Models for Time-Series with Permanent Fluctuation, *SSRN Electronic Journal*. URL : https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3612487.

7. Вольф І. І., Заячковський А. В., Корнага Я. І., Лещинський А. Г. (2025) Методи прогнозування валютних курсів: аналіз та оцінка, *Телекомунікаційні та інформаційні технології*, 2(87), с. 162–168. DOI : 10.31673/2412-4338.2025.026126. URL : <https://tit.duikt.edu.ua/index.php/telecommunication/article/view/2620/2494>.

Дослідження сучасного стану розвитку та впровадження ШІ в освітній процес

К. Ю. Чорнобай, С. В. Грибков

Національний університет харчових технологій

Штучний інтелект (ШІ) стрімко розвивається, охоплюючи усі сфери діяльності людини, але його використання не завжди може йти на користь і відповідати етично-моральними та правовими нормам. Особливе занепокоєння викликає використання ШІ в освітньому процесі, адже ця сфера унікальна в тому, що стає певним етапом формування особистісних якостей професіоналів в майбутньому. Тому виникає потреба в дослідженні сучасного стану розвитку та впровадження ШІ в освітній процес.

У статті [1] розглянуто роль штучного інтелекту (ШІ) та відкритої науки в освіті, особливо в контексті дистанційного та змішаного навчання в Україні. Акцент на перевагах персоналізації навчання, автоматичного оцінювання, генерації контенту за допомогою DALL·E, Stable Diffusion, ChatGPT, але з урахуванням ризиків, як порушення конфіденційності даних, зниження когнітивних і креативних здібностей учнів та небезпеку заміни вчителя технологією.

Автори статті [2] навели результати проведеного аналізу стану та перспектив впровадження ШІ в освітній процес та виділено такі ключові напрямки розвитку та використання:

1) відбувається активне впровадження ШІ в освітні програмні застосунки на рівні бізнес-моделей, наприклад система перевірки на плагіат Turnitin розширена функцією на базі ШІ, Duolingo інтегрував GPT-4 для перевірки мовлення;

2) поширеною практикою стає використання ботів-асистентів для забезпечення персоналізованої цілодобової підтримки користувачам при опануванні навчальних матеріалів, надання психологічної підтримки та консультацій;

3) для ефективного визначення компетентності рівня знань здобувачів освітнього процесу;

4) зміна парадигм пошуку, аналізу та опанування інформації з науково-технічних джерел, а також автоматизоване представлення зв'язків між статтями на основі їх метаданих та цитування (прикладом таких інструментів є Connected Papers, Inciteful, LitMaps, ResearchRabbit);

5) формування стислих і зрозумілих резюме на наукові матеріали для удосконалення процесу їх обробки та пізнання (приклад Semantic Scholar, версій пошукових систем з інтегрованими засобами ШІ. Авторами відзначається проблематика використання технологій ШІ з позиції етичних, правових та організаційно-логістичних аспектів при їх використанні в дослідницьких практиках.

У статті [3] автори досліджують аспекти використання інструментів ІІІ, а саме: визначення чітких етичних принципів застосування ІІІ, адже відповідальність за рішення рекомендоване ІІІ буде нести людина, яка прийняла рекомендацію за істину; дотримання/збереження конфіденційності і приватності даних наданих для аналізу ІІІ; моніторинг результатів роботи систем ІІІ на наявність дискримінаційних ознак; відповідальне використання ІІІ в наукових дослідженнях, адже є проблема розмиття ролі ІІІ в команді дослідження; необхідність створення та впровадження міжнародної нормативно-правової документації по використанню систем ІІІ всіх учасників освітнього процесу. Необхідно відмітити, що впровадження нормативно-правової документації стосовно використання ІІІ може забезпечити сталий розвиток науки.

Робота [4] присвячена висвітленню результатів аналізу сучасних тенденцій у сфері технологій ІІІ напрямки й частоту їх використання серед студентів вищих навчальних закладів. За результатами досліджень було виділено переваги та недоліки використання ІІІ.

Переваги: підвищення ефективності навчання; прискорення пошуку та обробки потрібної інформації; підтримка індивідуального підходу.

Негативні наслідки: порушення академічної доброчесності, питання відповідальності за генерований ІІІ контент.

В роботі обґрунтовують необхідність створення політик, етичних норм та систем контролю освітнього процесу та наукової діяльності з використанням ІІІ.

Автори роботи [5] представили результати дослідження стосовно особливостей впровадження технологій ІІІ в освітній процес харківських ЗВО, в результаті виявили підвищення об'єктивності оцінювання здобувачів та автоматизацію цього процесу за рахунок використання інструментів ІІІ. Також відзначено зростання фальсифікацій з використанням генеративних засобів ІІІ, а також витік конфіденційної інформації. Автори наголошують на важливості балансування між перевагами технології та забезпеченням відповідальності й дотримання правил доброчесності. За результатами досліджень пропонуються такі варіанти використання ІІІ в освіті: як допоміжний інструмент для викладачів для автоматизації рутинних завдань; використання з метою персоналізації навчання; моделювання етичного використання зі створенням правил і рекомендацій для допустимого застосування ІІІ у навчанні; систематичне проведення освітніх тренінгів для підвищення обізнаності роботи з ІІІ; постійне проведення контролю і моніторингу способів та методів використання ІІІ.

У статті [6] автори розглядають ІІІ як технологічну основу інтелектуальних систем для підтримки освітнього процесу, що дозволяє автоматизувати процес навчання, адаптувати його під потреби здобувачів та підтримувати прийняття рішень. Особливий акцент ставиться на використанні ІІІ у: експертних навчальних системах — використанні ІІІ для моделювання знань викладача і формування рекомендацій для здобувача освіти; інтелектуальних адаптивних системах, ІІІ дозволяє будувати індивідуальні

освітні траєкторії, аналізувати прогрес та адаптувати контент під потреби здобувача; мультиагентних інтелектуальних системах - ШІ забезпечує роботу агентів, які спільно приймають рішення та персоналізують навчання.

В результаті проведеного дослідження були виявлені основні переваги та недоліки, що виникають в результаті використання технологій ШІ в освітньому процесі. Усі учасники освітнього процесу можуть використовувати інструменти ШІ з дотриманням нормативно-етичних правових вимог. Якщо замінити людину на етапі формування ідей та обробки результатів, в тому числі і формуванні висновків, то це може призвести до знецінення людського розвитку. На даний момент спостерігається некоректне використання ШІ при виконанні усіх видів робіт здобувачами освіти, що порушує академічну доброчесність, а також знижує ефективність навчання у розрізі підготовки кваліфікованих кадрів, що несе загрозу майбутнього розвитку суспільства. Таким чином необхідно постійно розвивати нормативно-правову базу по використанню ШІ у відповідності до темпів розвитку технологій.

Для здобувача освіти ШІ може нести шкідливі наслідки: виникнення залежності від ШІ, що призводить до зниження темпів розвитку індивідуальних особливостей мислення, сприйняття та запам'ятовування інформації при аналізі проблем та прийнятті рішень; формування некоректних висновків та знань в наслідок наявності у відповідях ШІ галюцинацій та упереджень; порушення академічної доброчесності, високий ріст запозичень без вказання авторів оригінальних досліджень або звертання до недостовірних джерел.

Література

1. Мар'єнко М. В., Коваленко В. В. (2023) Штучний інтелект та відкрита наука в освіті, *Фізико-математична освіта*, 38(1), с. 48–53. URL : <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/734475/1/2023-381-marienkokovalenko.pdf>.

2. Андрощук А., Малюга О. (2024) Use of artificial intelligence in higher education: state and trends. *International Science Journal of Education & Linguistics*, 3(2), с. 27–35. DOI : 10.46299/j.isjel.20240302.04. URL : <https://isg-journal.com/isjel/article/view/661/376>.

3. Бердо Р. С., Расюн В. Л., Величко В. А. (2023) Штучний інтелект та його вплив на етичні аспекти наукових досліджень в українських закладах освіти, *Академічні візії*, (22). URL : <https://academy-vision.org/index.php/av/article/view/469/445>.

4. Palamar S., Naumenko M. (2024) Artificial Intelligence in Education: Use Without Violating the Principles of Academic Integrity, *Educological discourse*, 1(44), pp. 68–83. DOI : 10.28925/2312-5829.2024.15.

5. Родінова Н. Л., Логай В. А., Ковальчук М. Б. (2024) Імплементация штучного інтелекту в оцінювання якості української освіти: вплив на академічну доброчесність, *Академічні візії*, (29). URL : <https://academy-vision.org/index.php/av/article/view/978>.

6. Лубко Д. В., Шаров С. В. (2021) Напрямки використання інтелектуальних систем в освітньому процесі. *Українські студії в європейському контексті* : зб. наук. пр., (3), 305–310.

Концептуальні основи інноваційних організаційних технологій**Н. О. Черногор***Українська державна льотна академія*

Актуальність теми полягає у аналізі концептуальних основ інноваційних організаційних технологій, які використовуються в організаційному забезпеченні та управлінні авіаційного виробництва.

Сутністю інноваційних організаційних технологій (далі ІОТ) є впровадження нового чи значно удосконаленого організаційного методу, який стосується ділової практики компанії (бізнес-процесів), організації робочих місць чи зовнішніх зв'язків. ІОТ не обов'язково є технічною або технологічною інновацією; її суть полягає у зміні структури, процесів та культури для підвищення ефективності.

Основними цілями впровадження ІОТ є:

- підвищення ефективності та продуктивності праці;
- зниження операційних витрат та ризиків;
- поліпшення якості управління та прийняття рішень;
- збільшення швидкості реагування на ринкові зміни (адаптивність);
- стимулювання інноваційної культури та залученості персоналу.

У сучасній економіці ІОТ відіграють стратегічну роль: вони є ключовим джерелом нецінкової конкурентної переваги. В умовах цифрової трансформації та високої конкуренції саме інноваційна організація дозволяє компаніям максимально ефективно використовувати технологічні та продуктові інновації, перетворюючи їх на фінансовий результат.

В Ословському посібнику (Oslo Manual) — міжнародному стандарті збору даних про інновації визначено чотири типи організаційних інновацій, а саме: продуктову, процесну, маркетингову та організаційну [1].

Рушійні сили, або драйвери, спонукають компанії до структурних та управлінських інновацій: 1. Цифрова трансформація; 2. Глобалізація та висока конкуренція; 3. Зміна вимог до робочої сили (Human Capital); 4. Зростання складності бізнесу; 5. Економічна криза та тиск на витрати.

ІОТ нерозривно пов'язані з культурою та структурою, оскільки є інструментом їхньої зміни.

Структура: Інноваційні організаційні технології часто передбачають відмову від жорсткої ієрархії на користь плоских, мережових чи матричних структур. Наприклад, впровадження Agile неможливе без переходу до кросс-функціональних команд із високим рівнем автономії.

Культура: ІВТ вимагають інноваційної культури, яка підтримує:

- відкритість до експериментів та прийняття помилок;
- співпрацю (замість внутрішньої конкуренції);
- горизонтальну комунікацію та обмін знаннями;
- орієнтацію на результат, а не на формальне виконання процесу [2].

Без відповідної культури, організаційна інновація (наприклад, нове ПЗ для КМ) буде саботуватися чи ігноруватися персоналом.

Вимірювання ефективності ІОТ є складним завданням, оскільки їхній результат часто є непрямим.

До ключових показників ефективності (KPIs) відносять такі категорії як:

Ефективність — година циклу процесу (зниження), продуктивність праці на співробітника (зростання).

Якість/ризик — Кількість помилок у процесах (зниження), рівень задоволеності клієнтів (NPS).

Адаптивність — Час виведення нового продукту на ринок (Time-to-Market), швидкість прийняття управлінських рішень.

Людський капітал — Рівень залученості (Engagement Score), кількість кадрів (зниження), кількість внутрішніх інноваційних пропозицій.

Фінансова категорія — Зростання прибутку на співробітника, ROI (повернення інвестицій) від проєкту ІОТ.

Вимірювання організаційної інноваційності може здійснюватися через:

Кількісний підхід: оцінка частки нових організаційних рішень у загальній кількості змін, або фінансування, спрямоване на ІОТ.

Якісний підхід: Регулярні опитування співробітників щодо їхнього сприйняття гнучкості, культури ризику та можливостей для інновацій [3; 4. с.18].

Таким чином, впровадження інноваційних організаційних технологій є ключовою стратегічною перевагою для авіаційного виробництва, що дозволяє йому максимально ефективно використовувати технологічні інновації та досягати нецінної конкурентної переваги. Суть ІОТ полягає у зміні структури, процесів та культури для підвищення адаптивності та продуктивності. Драйверами ІОТ є цифрова трансформація та потреба у гнучкості.

Успіх впровадження прямо залежить від переходу до плоских, мережових структур та формування інноваційної культури, що підтримує співпрацю та децентралізацію рішень. Ефективність ІОТ вимірюється комплексом КРІ (година циклу, продуктивність, залученість).

Література

1. OECD and Eurostat (2018) *Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation*, 4th ed.

2. Тейлор Ф. У. (2019) *Принципи наукового управління*. К. : Наукова думка, 144 с.

3. Должанський І. З., Загорецька О. В. (2021) *Інноваційний менеджмент*. К. : Центр учбової літератури, 302 с.

4. Організаційні інновації як фактор забезпечення конкурентних переваг підприємства (2020) *Економіка та суспільство*, вип. 22, с. 15–20.

Застосування методів машинного навчання для адаптивного керування електропостачанням в умовах енергетичного дефіциту

П. Є. Шабатін, О. В. Лукашов

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Сучасні енергетичні системи функціонують в умовах підвищеної нестабільності, що особливо відчутно в країнах, які переживають воєнні дії або мають обмежені ресурси електроенергії.

Одним із перспективних напрямів вирішення проблеми дефіциту енергії є застосування методів машинного навчання (ML) для адаптивного прогнозування та розподілу електричної енергії.

Метою роботи є дослідження можливостей використання алгоритмів машинного навчання для формування адаптивних стратегій керування електропостачанням у реальному часі, з урахуванням дефіциту ресурсів, непередбачуваних коливань попиту та змін у структурі генерації.

У традиційних енергетичних системах керування навантаженням здійснюється за фіксованими сценаріями, що не враховують динамічних змін у споживанні, погодних умовах або стані мережі.

Використання машинного навчання дозволяє будувати моделі прогнозування попиту (на основі часових рядів, нейронних мереж, регресійних та гібридних алгоритмів) і приймати рішення про розподіл потужностей у режимі, близькому до реального часу.

У роботі пропонується структура адаптивної системи керування, що включає:

- підсистему збору даних**, яка отримує інформацію від сенсорів, лічильників та систем SCADA;
- аналітичний модуль**, у якому реалізовано алгоритми прогнозування споживання та генерації (наприклад, LSTM-мережі для часових рядів або дерева рішень для класифікації пріоритетів споживачів);
- оптимізаційний блок керування**, який формує сигнали обмеження або перенесення навантаження на основі цільових функцій (мінімізація втрат, балансування пікових навантажень, підтримання стабільної частоти мережі);
- інтерфейс оператора**, що забезпечує можливість коригування пріоритетів у кризових ситуаціях.

В умовах енергетичного дефіциту запропонований підхід дозволяє реалізувати стратегії **адаптивного керування попитом**, при яких споживачі автоматично змінюють профіль споживання залежно від поточного стану енергосистеми, рівня навантаження або сигналів від оператора.

Такі стратегії передбачають перерозподіл споживання між різними часовими інтервалами, тимчасове зниження потужності неключових

споживачів, а також формування динамічних тарифів, що стимулюють користувачів споживати енергію в години найменшого навантаження.

Застосування алгоритмів машинного навчання дає змогу не лише прогнозувати пікові періоди навантаження, а й динамічно реагувати на непередбачувані зміни, викликані аваріями, зміною погодних умов чи раптовим підвищенням попиту.

У таких системах ML-моделі можуть аналізувати історичні та поточні дані від лічильників, сенсорів і SCADA-систем у режимі реального часу, адаптуючи параметри керування на основі отриманих закономірностей.

Ефективність таких стратегій підтверджується дослідженнями [1–2], де застосування нейронних мереж, ансамблевих методів і технологій підкріпленого навчання дозволило зменшити пікові навантаження на 15–25%, підвищити стабільність частоти мережі та уникнути аварійного відключення окремих секцій.

Крім того, впровадження подібних моделей підвищує загальну надійність системи електропостачання, знижує втрати енергії при передаванні, а також сприяє ефективнішому використанню резервних джерел живлення.

Додатковою перевагою впровадження ML-підходів є можливість інтеграції відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) — сонячних і вітрових установок, потужність яких є непостійною.

Система може навчатися на історичних даних і враховувати погодні коливання, забезпечуючи більш точне прогнозування надходження енергії від ВДЕ.

Таким чином, використання методів машинного навчання для адаптивного керування електропостачанням забезпечує підвищення стійкості енергетичних систем, зменшення втрат і підвищення ефективності використання доступних ресурсів.

Подальші дослідження планується спрямувати на створення прототипу інтелектуального контролера розподілу навантажень із застосуванням глибоких нейронних мереж та систем підкріпленого навчання.

Література

1. Gupta, R., Chaturvedi K. T. (2023). Adaptive energy management of big data analytics in smart grids, *Energies*, 16 Article ID 6016. URL : <https://doi.org/10.3390/en16166016>.

2. Singh A. R., Kumar R. S., Bajaj M., Khadse C. B., Zaitsev I. (2024). Machine learning-based energy management and power forecasting in grid-connected microgrids with multiple distributed energy sources. *Scientific Reports*, 14. URL : <https://doi.org/10.1038/s41598-024-70336-3>.

Розроблення системи для аналізу успішності учнів випускних класів ЗОШ**Д. О. Шевчук, С. В. Грибков***Національний університет харчових технологій*

Сучасні заклади загальної середньої освіти накопичують великі обсяги даних про успішність здобувачів освіти у вигляді семестрових, річних оцінок, результати тематичного оцінювання, показники державної підсумкової атестації та зовнішнього незалежного оцінювання.

У більшості випадків зібрана інформація фіксується у форматі електронних таблиць або локальних програмних засобів, де її аналітична обробка обмежується поверхневими операціями — переглядом, сортуванням чи розрахунком середніх показників, але відсутнім є можливість виявляти тенденції, порівнювати результати між різними класами чи навчальними роками, аналізувати динаміку змін успішності та визначати проблемні зони навчального процесу.

У зв'язку з цим виникає об'єктивна потреба у вдосконаленні освітнього процесу шляхом упровадження спеціалізованої інформаційно-аналітичної системи, яка забезпечить автоматизацію збору та глибоку аналітику підсумкових результатів навчання учнів, створить умови для багатовимірного порівняння показників за предметами, класами, освітніми програмами, педагогами й роками навчання, а також сприятиме формуванню наочних візуалізацій та отриманню узагальнених аналітичних висновків щодо якості освітньої підготовки здобувачів освіти.

Проведене дослідження показало, що в Україні найбільш поширеними є електронні журнали та освітні платформи, які не підтримують розвинених аналітичних функцій, тоді як у міжнародній практиці застосовуються спеціалізовані системи, орієнтовані саме на аналітику. У результаті аналізу було виокремлено системи, що забезпечують інтеграцію значних обсягів освітніх даних із різних джерел та застосування методів статистичного аналізу, машинного навчання й прогностного моделювання для підтримки педагогічних і управлінських рішень. Дослідники визначили інформаційні системи, які реалізують такі можливості, зокрема: Panorama Education, Schoolytics, SAS for Education, Frontline Education та EducateMe.

Panorama Education орієнтована на комплексний аналіз освітніх показників та соціально-емоційного розвитку здобувачів освіти. Система забезпечує відстеження індивідуальних траєкторій навчання, виявлення ризиків зниження результатів, формування профілів класів і шкіл, а також генерування рекомендацій для педагогів з метою оптимізації освітнього середовища. Її застосування є характерним передусім для великих шкільних округів США, де аналітика відіграє провідну роль у процесі прийняття управлінських рішень [1].

Schoolytics спеціалізується на автоматизованому зборі, агрегуванні та візуалізації показників навчальної діяльності для педагогічних працівників та

адміністрації. Інтеграція з Google Classroom, електронними журналами, тестовими платформами та системами планування навчального процесу забезпечує комплексність опрацювання даних. Основною функціональною перевагою системи є формування аналітичних дашбордів, що дозволяють оперативно відстежувати прогрес учнів, виявляти групи ризику та оцінювати ефективність застосовуваних педагогічних стратегій [2].

SAS for Education, як складова глобальної аналітичної екосистеми SAS, використовує методи прогнозування аналітики для моделювання освітніх результатів і виявлення чинників, що впливають на успішність. Система створює можливість оцінювання якості навчальних програм на різних рівнях освітнього управління — від окремих закладів до державних освітніх структур [3].

Frontline Education зосереджена на адміністративно-управлінській аналітиці. Платформа інтегрує дані щодо навчальних досягнень, кадрового забезпечення, педагогічного навантаження та ефективності програм професійного розвитку. Такий підхід дає змогу здійснювати комплексну оцінку стану освітнього процесу, оптимізувати використання ресурсів та контролювати якість управлінських рішень [4].

EducateMe є гнучкою інструментальною платформою, що забезпечує аналітику навчальних результатів на основі цифрових портфоліо, модулів оцінювання та механізмів моніторингу прогресу. Система підтримує персоналізацію індивідуальних освітніх траєкторій, сприяючи адаптивності навчального процесу до потреб учнів і реалізації принципів індивідуалізованого навчання [5].

Аналіз розглянутих інформаційно-аналітичних платформ дає підстави стверджувати, що міжнародний досвід виразно демонструє тенденцію до трансформації від традиційних інформаційних систем, функціонал яких обмежується накопиченням і базовим відтворенням даних, до високорозвинених аналітичних рішень, інтегрованих у процеси освітнього менеджменту. Такі системи забезпечують багатовекторний аналіз освітніх показників, підтримують механізми прогнозування навчальних результатів, виявлення груп ризику та формування обґрунтованих педагогічних й управлінських рішень, що відповідає сучасним вимогам цифрової трансформації освіти.

Водночас, попри наявність позитивних результатів використання зазначених платформ у світовій практиці, їх широке впровадження в Україні ускладняються низкою системних бар'єрів. До них належать висока вартість ліцензійного програмного забезпечення; значні труднощі інтеграції з чинними інформаційними системами закладів освіти; необхідність спеціальної підготовки персоналу; вимоги до технічної інфраструктури; а також відсутність україномовної локалізації, що істотно знижує доступність таких рішень для вітчизняних освітніх установ.

Сукупність зазначених чинників зумовлює об'єктивну потребу в адаптації або створенні програмних інструментів, зорієнтованих на національний контекст.

Ураховуючи вищевикладене, постає завдання розроблення інформаційної системи, орієнтованої на специфічні потреби окремого закладу загальної середньої освіти, яка не потребувала б складного технічного забезпечення та була б сумісною з уже існуючими базами даних. Запропонована система функціонально охоплює ключові вимоги сучасної освітньої аналітики, забезпечуючи ефективний збір, накопичення та багаторівневу аналітичну обробку даних щодо навчальних досягнень учнів випускних класів.

З метою підвищення інформативності та зручності сприйняття результатів обробки даних у системі реалізовано широкий спектр засобів візуалізації. Серед можливостей системи — аналіз за кваліфікаційними категоріями та педагогічними званнями, розподіл за стажем роботи, ідентифікація педагогів та класних керівників, результати учнів яких характеризуються найвищими показниками успішності.

Суттєву увагу в системі приділено аналізу результатів державної підсумкової атестації (ДПА). Реалізовані інструменти дають змогу досліджувати чинники, що впливають на вибір учнями предметів для складання ДПА, з урахуванням рівня їх навчальних досягнень, особливостей освітніх програм та гендерних відмінностей. Поглиблена аналітика за предметами забезпечує оцінювання результатів у розрізі педагогів, класів і навчальних програм, що дозволяє не лише визначати найефективніших учителів, а й виявляти тенденції щодо популярності предметів і їх залежності від кадрового складу.

Більшість аналітичних модулів підтримує гнучку систему фільтрів за роками навчання, предметами, педагогами та іншими параметрами, що підвищує адаптивність системи до потреб користувачів і сприяє оперативному отриманню релевантних даних для прийняття педагогічних та управлінських рішень.

Такий функціонал забезпечує можливість швидкого виявлення проблемних напрямів, оцінювання результативності методичної діяльності та здійснення цілісного моніторингу освітніх тенденцій. Збереження історичних даних уможливорює проведення довгострокового аналізу динаміки успішності учнів.

Упровадження системи в практику закладу освіти сприяє переходу від епізодичного аналізу до системного моніторингу навчальних досягнень, підсилює аналітичну складову педагогічної діяльності та створює підґрунтя для ухвалення ефективних управлінських рішень, заснованих на достовірних даних.

Література

1. *Panorama Education* (2025) [online] URL : <https://www.panoramaed.com>.
2. *Schoolytics* (2025) [online] URL : <https://www.schoolytics.com>.
3. *SAS* (2025) [online] URL : https://www.sas.com/ru_ua/industry/education/solution/k-12/school-performance-management.html.
4. *Frontline Education* (2025) [online] URL : <https://www.frontlineeducation.com>.
5. *EducateMe* (2025) [online] URL : <https://www.educate-me.co>.

Вплив попереднього згладжування даних на точність математичної моделі колони синтезу метанолу

А.А. Авраменко, І.Є. Варакута, А.А. Савула, А.П. Коротинський
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Сучасні системи автоматичного керування промисловими об'єктами будуються на основі математичних моделей, які досить часто отримуються в результаті ідентифікації за експериментальними або експлуатаційними даними. На практиці такі дані містять шум, викиди, дрейф та інші артефакти, пов'язані з обмеженою точністю датчиків або зовнішніми збуреннями.

Поширеною практикою є попередня обробка сигналів, але параметри такої обробки зазвичай добираються емпірично. Це створює ризик отримати модель, яка добре описує поточні дані, але відтворює не стільки динаміку об'єкта, скільки шумові компоненти, і тому є непридатною в подальшому для синтезу регулятора. Основна ідея даного дослідження полягає в тому, щоб кількісно оцінити вплив попереднього згладжування на: точність моделей (на навчальній і валідаційній вибірках); здатність моделі відображати саме динаміку об'єкта, а не шум.

Об'єкт ідентифікації – колона синтезу метанолу, описана як МІМО-об'єкт з двома входами - витрата сировини, кількість теплоти та двома виходами - продуктивність за виходом метанолу, температура на виході з колони. Обидва вихідні сигнали є повільними нестационарними процесами з вираженим трендом, на який накладені високочастотні коливання, зумовлені шумами вимірювань та збуреннями.

Експериментальні дані розділено на ідентифікаційну вибірку – 75 % даних; та валідаційну вибірку – 25 % даних, причому для вихідних сигналів валідаційної вибірки застосовувався цифровий НЧ-фільтр для перевірки ідентифікації як методу отримання математичного опису саме динаміки процесу а не шуму. Для кількісної оцінки впливу згладжування було проведено серію чисельних експериментів: базовий варіант – сирі часові ряди; варіанти зі згладжуванням – ковзне середнє з різними розмірами вікна $M \in [2; 100]$.

На сирих даних найкращою виявилась ARX-модель високого порядку, результати роботи якої наведено на рисунку 1. Вона забезпечує відсоток збіжності FIT – 91 % для обох виходів як на навчальній, так і на валідаційній вибірках. Графіки показують, що модель не тільки відтворює загальні тренди, а й досить точно повторює високочастотні коливання. Це означає, що частина параметрів моделі «вчиться» шуму, тобто ідентифікує нестационарні випадкові складові як нібито динаміку об'єкта.

На наступному етапі до вихідних сигналів застосовано ковзне середнє з вікном $M = 5$. Такий фільтр ефективно пригнічує високочастотний шум, при цьому зберігаючи повільні зміни режиму роботи колони та форму перехідних процесів.

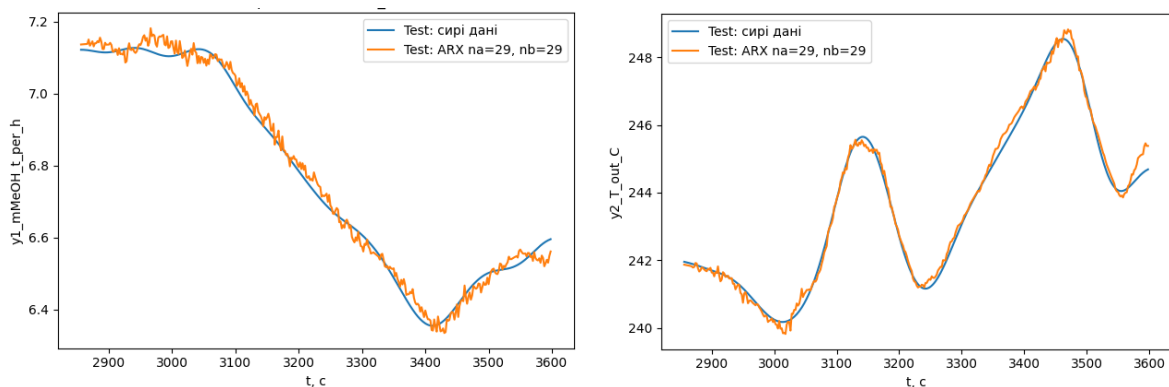


Рис 1. Графік зміни вихідних змінних валідаційних даних та ідентифікованої моделі на основі сирих даних

Для моделей, ідентифікованих на згладжених даних, спостерігається зростання FIT до 98 % для обох виходів; відсутність явно вираженого «підстроювання» під шумові коливання, див. рис. 2. Отже, помірне згладжування ($M = 5$) не спотворює динаміку об'єкта, а навпаки, дозволяє моделі зосередитися на корисній складовій сигнала.

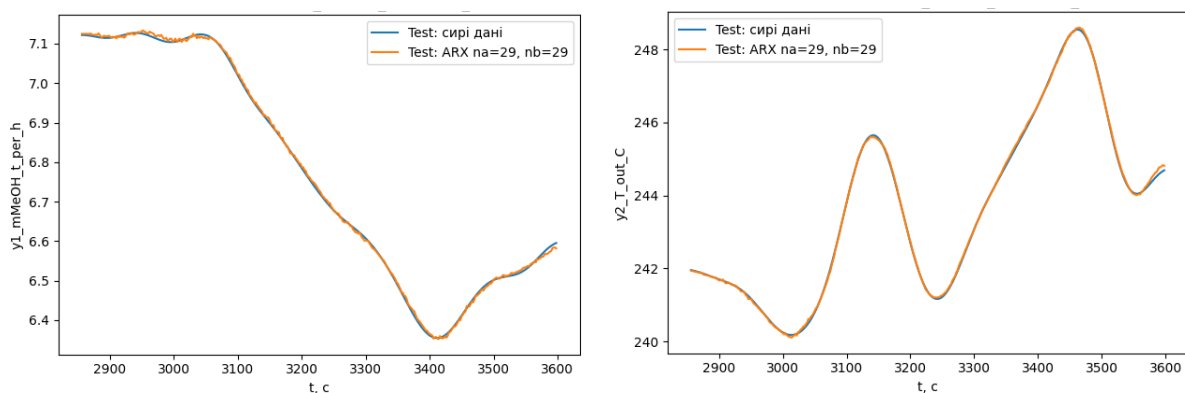


Рис 2. Графік зміни вихідних змінних валідаційних даних та ідентифікованої моделі на основі згладжених даних

Використання сирих експериментальних даних для ідентифікації багатовимірної моделі колони синтезу метанолу призводить до того, що частина параметрів моделі описує саме високочастотний шум вимірювань.

Ідентифікація ARX-моделей на згладжених даних призводить до помітного покращення показників FIT на незалежній валідаційній вибірці (до 98 % проти 91 % для сирих даних). При цьому траєкторії моделі добре узгоджуються з очищеними вихідними сигналами, що свідчить про коректне відтворення динаміки об'єкта.

Отримані результати підтверджують доцільність формалізованої попередньої обробки експериментальних даних перед ідентифікацією математичних моделей. Це дозволяє отримувати більш надійні моделі, орієнтовані саме на задачі синтезу систем автоматичного керування хіміко-технологічними процесами.

3

СЕКЦІЯ

***ІНТЕГРОВАНЕ
АВТОМАТИЗОВАНЕ
КЕРУВАННЯ
ОРГАНІЗАЦІЙНО-
ТЕХНІЧНИМИ
СИСТЕМАМИ***

**Comprehensive Analysis of Integrated Automated Control Systems
for Organizational and Technical Complexes Based
on Computer-Integrated Technologies**

Kameliia Cinque

*Institute of Printing Art and Media Technologies
in Lviv Polytechnic National University*

In the context of rapid digital transformation, the development of integrated control systems that combine technical, software, and informational components [1] into a unified structure becomes a key prerequisite for the efficiency and stability of modern organizational and technical complexes (OTC). These systems enable adaptive functioning, synchronization between production and management levels, and the implementation of intelligent decision-support algorithms.

The purpose of this study is to analyze modern approaches to integrating computer-based and computer-integrated technologies into the architecture of automated control systems for organizational and technical complexes, with a focus on forming a unified information space for decision-making and process optimization. The integration of such systems is based on a three-level hierarchical architecture (Fig. 1), which includes:

- Technological level – responsible for data acquisition through sensor networks, local controllers, and actuators that perform operational control of technological processes.
- Information-analytical level – designed for real-time data aggregation, monitoring, and predictive analysis of the system's behavior.
- Cognitive (Management) Level – implements intelligent algorithms of optimization, adaptive control, and strategic decision-making, utilizing artificial intelligence and machine learning techniques.

The proposed model is grounded on the principles of systems analysis, cyber physical integration, and Industry 4.0 technologies [2], which ensure seamless interaction between physical assets, digital twins, and organizational management layers. The bidirectional nature of data exchange between levels provides closed feedback loops, essential for maintaining stability and autonomy in complex systems.

A conceptual framework for an integrated control system has been developed, where data flows are organized via standardized protocols such as OPC UA and MQTT, enabling interoperability and scalability of industrial subsystems [3]. The use of cloud-based analytics and edge computing technologies further enhances data availability and response speed, which are critical for distributed control environments.

Using multi-level intelligent algorithms, such as neural networks, fuzzy logic controllers, and genetic optimization, helps make control systems more resilient and flexible. This is especially important when dealing with uncertain or dynamic conditions. These systems are also moving towards cognitive automation, which means the control environment can independently analyze the results of its own decisions and then adjust its operational strategies [4].

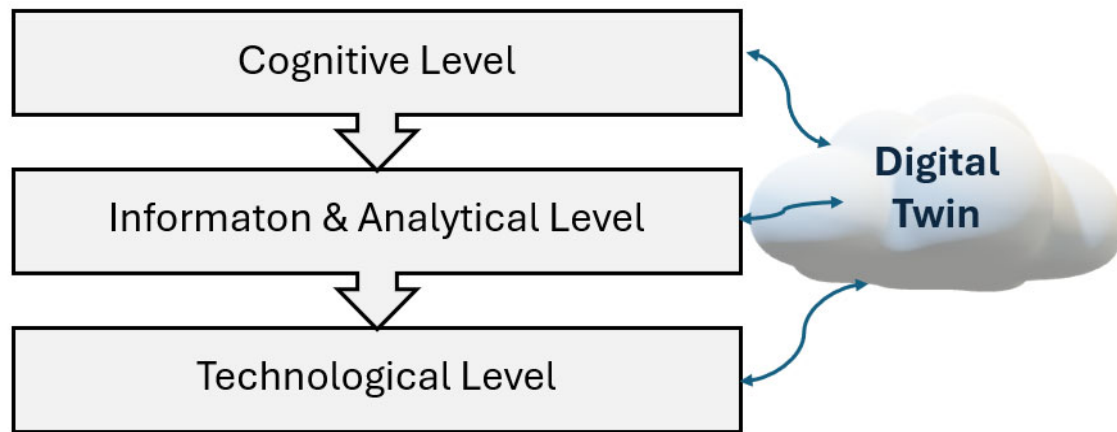


Fig. 1. Hierarchical structure of an integrated computer-based control system for organizational and technical complexes

Research confirms that computer-integrated control technologies can significantly improve how organizational and technical complexes perform [4]. They do this by allowing continuous monitoring, predictive maintenance, and real-time optimization of resources. It is important to see these systems as the foundation for moving away from traditional automation [5]. They represent a shift toward self-learning, knowledge-driven control architectures, which are essential for the future of smart industries and cyber-physical production systems.

References

1. Groover, M. P. (2019). *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing* (5th ed.). Pearson.
2. Wollschlaeger, M., Sauter, T., & Jasperneite, J. (2017). The future of industrial communication: Automation networks in the era of the internet of things and Industry 4.0. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 11(1).
3. Trapp, M., & Weyer, S. (2018). OPC UA and MQTT: A comparison of protocols for industrial communication. *Proceedings of the 2018 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PerCom Workshops)*.
4. Lee, J., Davari, H., Chen, J., & Pandhare, V. (2018). Predictive maintenance design for the future of smart manufacturing. *Manufacturing Letters*, 15.
5. He, W., Baig, M. J. A., & Iqbal, M. T. (2025). An Internet of Things—Supervisory Control and Data Acquisition (IoT-SCADA) Architecture for Photovoltaic System Monitoring, Control, and Inspection in Real Time. *Electronics*, 14(1), 42.

Distributed Energy in Poland – Variants and Perspectives

Michał Krawczyk, Volodymyr Reshetiuk

Warsaw University of Life Sciences (Poland, Warsaw)

The Polish power system is gradually shifting from centralized, fossil-fuel-based generation toward a more flexible model built on distributed renewable sources. This transition is driven by the need to enhance supply security, integrate increasing renewable capacity, and support active prosumer participation.

In 2024, Poland's installed capacity reached 72.83 GW, including about 37.8 GW from renewable resources [1]. The fastest development occurs in micro-installations: by the end of 2024 there were 1.544 million systems with more than 12.7 GW of capacity, over 99% of them prosumer PV installations producing over 8.5 TWh annually. Although prosumer energy is now a key element of the system, growth has slowed — new installations rose by around 10% in 2024 compared with 41% in 2022 and 15% in 2023 [2].

A key factor shaping distributed energy development is the prosumer settlement system. Poland currently uses two models: net-metering and net-billing. Net-metering, available for installations connected before 31 March 2022, allows prosumers to withdraw 70–80% of previously exported energy within a 12-month period, without distribution charges. This model remains valid until 2037 for eligible users. New installations operate under net-billing, introduced on 1 April 2022. Here, exported energy is valued according to market prices on the Day-Ahead Market, and each prosumer accumulates financial credit in a virtual deposit. From 1 July 2024, settlements are carried out hourly, reflecting dynamic market conditions [3]. This system increases the dependence of investment profitability on self-consumption and smart control strategies. Analyses show that while net-billing generally raises electricity costs compared to net-metering, PV installations still significantly reduce household bills [4].

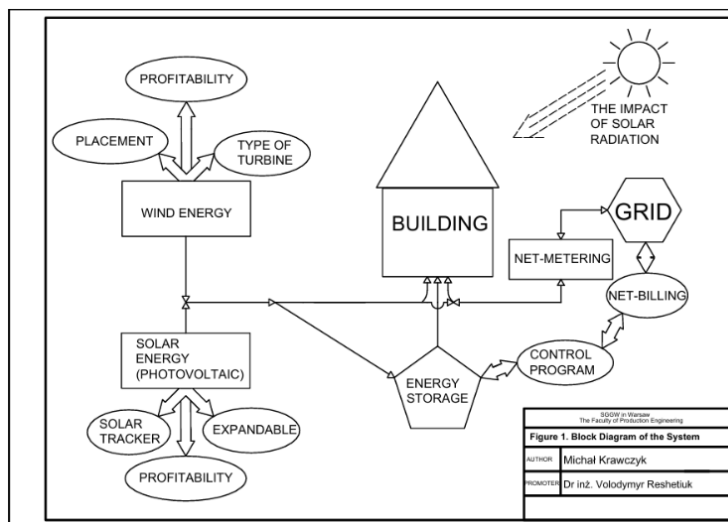


Figure 1. Block Diagram of the System

As part of the engineering project (figure 1.) discussed in this study, a hybrid renewable energy system was designed for a single-family house with an annual electricity demand of 7,600 kWh near Warsaw. The system includes photovoltaic panels, a small wind turbine, and a 15 kWh lithium-ion battery. Preliminary calculations indicate that, under local solar and wind conditions, the installation can cover about 85–90% of the building's annual energy demand. The PV installation alone generates approximately 9,900 kWh per year, exporting around 6,300 kWh to the grid. Since the system still operates under the net-metering model, most winter demand is covered through energy balancing. The battery additionally secures emergency supply in case of grid outages, while the wind turbine increases the share of renewable energy during periods of low solar availability.

To maximize self-consumption and economic benefits, a machine-learning model has been incorporated into the system for forecasting 24-hour energy demand and managing energy storage. The algorithm uses historical consumption data, weather forecasts, and typical user schedules to determine the optimal charging and discharging strategy. This approach is particularly valuable under the net-billing system, where hourly variability of energy prices significantly affects profitability. Intelligent control allows shifting exports to periods of higher market prices or storing surplus energy when prices fall.

Such behavior is especially useful during mid-day hours in spring and summer, when national renewable generation is high and wholesale energy prices drop or occasionally become negative. The system can automatically charge the battery with low-cost surplus energy and then use or export this energy during peak price periods (exp. 17:00–21:00). Consequently, the energy storage unit acts as a local balancing resource, providing peak shaving and reducing grid stress.

Conclusions

Distributed energy in Poland continues to develop, driven by growing prosumer participation and widespread small-scale renewable installations. Settlement systems such as net-metering and net-billing strongly influence user behavior and project profitability. The case study shows that combining PV panels, a wind turbine, energy storage, and AI-based control can enhance energy independence and economic efficiency. Such hybrid systems fit well into the transition toward smart grids and may serve as a model for future residential solutions.

References

1. Statistical Information on Electricity, Ministry of Climate and Environment, Energy Market Agency S.A., December 2024.
2. Urząd Regulacji Energetyki <https://www.ure.gov.pl/pl/energia-elektryczna/charakterystyka-ryнку/12744,2024.html>.
3. Trela M., Dubel A., Net-Metering vs. Net-Billing from the Investors Perspective — Impacts of Changes in RES Financing in Poland on the Profitability of a Joint Photovoltaic Panels and Heat Pump System, *Energies*, vol. 15, no. 1, 2022.
4. Mielziuk P., Klepacka A.M., Florkowski W., Prosumer dilemma: does choosing net billing lower household electricity costs?, *Acta Scientiarum Polonorum. Oeconomia*, 23(3), 19–45, SGGW Press, Warsaw 2024.

Innovative technologies for carbon capture and storage in Kazakhstan

Meruyert Uruzalinova

Torayghirov university, Pavlodar, Kazakhstan

Introduction

Air pollution is a critical environmental issue worldwide, with far-reaching consequences for human health, ecosystems, and climate change. Carbon capture and storage (CCS) has emerged as a key technological solution to support deep decarbonization, particularly in sectors such as coal power generation, cement production, and metallurgy (Global CCS Institute, 2023).

Materials and methods

The study employs an analytical approach that includes the review of scientific articles, economic reports, statistical data, and case studies on CCS implementation in developed countries. The methodology involves examining existing and emerging CCS technologies, as well as the use of artificial intelligence in CCS applications (Government of Kazakhstan, 2021).

Results and discussion

Kazakhstan's energy sector, being the largest source of greenhouse gas emissions in the country, plays a crucial role in the national transition to a low-carbon economy. Seventy percent of all greenhouse gas emissions in the country are produced by this sector annually. Carbon dioxide (CO₂) accounts for 99% of all greenhouse gas emissions from the energy sector (Raza et al., 2021).

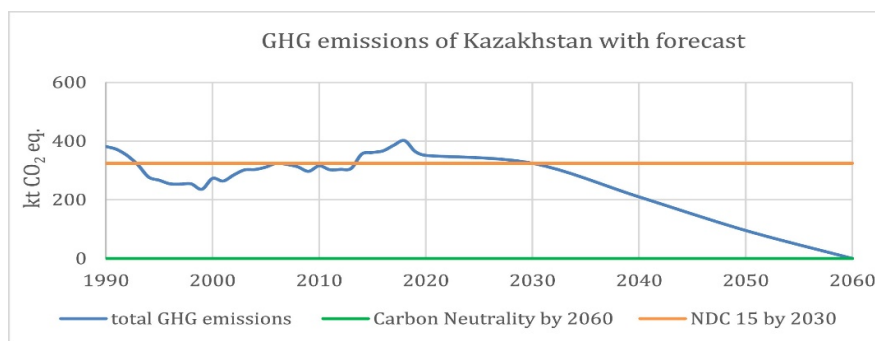


Figure 1 – Dynamics and forecast of Kazakhstan's greenhouse gas emissions considering carbon neutrality targets by 2060

The «Carbon Neutral Kazakhstan by 2060» strategy outlines the main technical approaches for achieving this ambitious goal, including energy efficiency, electrification, renewable energy sources, alternative energy sources (biofuels, hydrogen), as well as carbon capture and storage (CCS) (Bui et al., 2018).

Carbon capture and storage (CCS) is a technology capable of offsetting excessive fossil fuel consumption and ensuring the efficient capture of carbon from the atmosphere and its storage in secure locations. A number of innovative carbon capture technologies are emerging, aimed at overcoming the limitations of traditional methods (IEA, 2023).

The integration of CCS technologies with artificial intelligence (AI) is a promising direction for decarbonization, enhancing the efficiency of CO₂ capture and storage. The United States leads in the use of AI to optimize CCS processes, while European countries and Canada use it for analyzing geological data and monitoring subsurface storage. Kazakhstan possesses significant industrial potential and is conducting research to develop its own CCS infrastructure (Zhang, Zhang & Zhao, 2022).

Conclusion

The development of national AI platforms and supercomputing centers provides a foundation for implementing digital approaches in the country's carbon projects. Future prospects include the use of AI for storage site selection, CO₂ flow forecasting, and automation of storage monitoring. The main limitations remain the low monetization of emissions and the need to expand the scientific and technological base (World Bank, 2023).

References

- 1 Global CCS Institute (2023) *Global Status of CCS 2023: Carbon Capture and Storage – A Vital Technology for Net Zero*. Melbourne: Global CCS Institute. Available at: <https://www.globalccsinstitute.com> (Accessed: 10 November 2025).
- 2 IEA (International Energy Agency) (2022) *CCUS in Clean Energy Transitions. Paris: IEA Publications. Available at: <https://www.iea.org/reports/ccus-in-clean-energy-transitions> (Accessed: 10 November 2025).
- 3 Government of Kazakhstan (2021) *Strategy for Carbon Neutral Kazakhstan by 2060*. Astana: Ministry of Ecology, Geology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan. Available at: <https://ecogofond.kz> (Accessed: 10 November 2025).
- 4 Raza, A., Gholami, R., Rezaee, R., Bing, C.H. and Nagarajan, R. (2021) 'A review on artificial intelligence applications in carbon capture, utilisation and storage (CCUS)', *Journal of Cleaner Production*, 310, 127460. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127460>
- 5 Bui, M., Adjiman, C.S., Bardow, A., Anthony, E.J., Boston, A., Brown, S. et al. (2018) 'Carbon capture and storage (CCS): The way forward', *Energy & Environmental Science*, 11(5), pp. 1062–1176. <https://doi.org/10.1039/C7EE02342A>
- 6 IEA (2023) *Tracking Clean Energy Progress: Carbon Capture, Utilisation and Storage* Paris: IEA. Available at: <https://www.iea.org/topics/carbon-capture-utilisation-and-storage> (Accessed: 10 November 2025).
- 7 Zhang, Y., Zhang, H. and Zhao, B. (2022) 'Application of AI and machine learning in CO₂ storage monitoring and risk assessment', *Applied Energy*, 313, 118847. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.118847>
- 8 World Bank (2023) *Kazakhstan Country Climate and Development Report.* Washington, DC: World Bank. Available at: <https://openknowledge.worldbank.org> (Accessed: 10 November 2025).

Key Performance Indicators as a Tool for Monitoring and Optimizing Mayonnaise Production and Packaging Processes

N. Zaiets, S. Junge

Berliner Hochschule für Technik

Improving production efficiency and quality is a key priority of the modern food industry. In mayonnaise production, quality control at all stages is essential, particularly through the analysis of key performance indicators (KPIs) of equipment. Packaging quality plays a crucial role, as defects can lead to product spoilage, reduced shelf life, and financial losses.

The Performance Measurement and Management (PMM) methodology includes three stages: performance planning, improvement, and analysis. KPIs are used to identify equipment issues such as low productivity, frequent failures, or high maintenance costs. Monitoring these indicators enables timely decisions on repairs, modernization, cost optimization, and product quality improvement. KPIs also serve as tools for management, decision support, and forecasting, with artificial intelligence and machine learning methods increasingly applied to enhance prediction accuracy.

In mayonnaise production, packaging defects can negatively affect product quality, shelf life, and consumer demand. The main types of packaging defects include deformation, lid issues, printing defects on the package, and label inconsistencies.

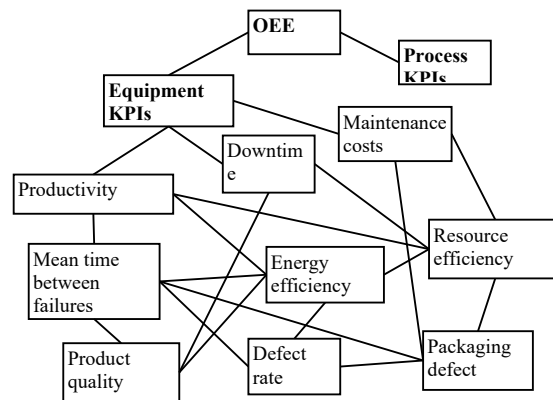


Fig. 1. Graphical representation of the relationships between KPIs in mayonnaise production

For sauce production equipment, the following key performance indicators (KPIs) can be identified (Fig. 1): productivity (the amount of sauce produced per hour, day, or week), downtime (the period when equipment is non-operational due to breakdowns or maintenance), maintenance costs (the total expenses related to servicing the equipment), mean time between failures (average operational time without breakdowns), product quality (the quality level of the sauce), energy efficiency (the amount of energy consumed during mayonnaise production), resource efficiency (the consumption of non-energy resources during sauce production), defect

rate (the proportion of products not meeting quality standards), and packaging defects (the percentage of packages that fail to meet quality requirements and must be removed from the production line).

For a mayonnaise production machine, the key performance indicators (KPIs) include production volume (the number of units produced over a given time), product quality (the percentage of products meeting quality standards), mean time between failures (total operating time without breakdowns), resource efficiency (use of ingredients and energy), failure and downtime rates, and the percentage of defective packaging.

To ensure effective KPI utilization, it is necessary to develop an integrated data collection and analysis system based on Industrial Internet of Things (IIoT) architecture. This system combines sensors, cameras, and recognition models that monitor packaging quality by analyzing each package for defects. Other KPIs are transmitted to the cloud through field buses connected to machine control systems and an IoT gateway (e.g., Raspberry Pi).

The IoT gateway acts as a central hub, gathering data from various sensors and devices, including cameras, and processing it locally before sending it to the cloud for further analysis and storage. Cloud platforms provide centralized data management, visualization, and analytics, allowing the identification of trends, failure prediction, and production process optimization.

KPI visualization is achieved through dashboards that display graphs, charts, and other visual elements for real-time monitoring. Node-RED serves as an efficient tool for building data flows and dashboards accessible via web interfaces or mobile applications. This integration enables flexible and efficient production management, improving productivity, reducing costs, and maintaining high product quality.

The implementation of KPI-based monitoring and IIoT technologies contributes to the overall digital transformation of food production. Integrating intelligent data collection, analysis, and visualization systems improves operational efficiency, ensures product quality, and supports informed decision-making. Such an approach enhances the adaptability and sustainability of production processes in modern industrial environments.

References

1. Wohner, B., Pauer, E., Heinrich, V. ta Tacker, M., 2019. Packaging-related food losses and waste: an overview of drivers and issues. *Sustainability*, 11(1), c.264.
2. Lamb, M.J., Rouillard, V. ta Sek, M.A., 2012. Monitoring the evolution of damage in packaging systems under sustained random loads. *Packaging Technology and Science*, 25(1), c.39–51.
3. Firouz, M.S., Mohi-Alden, K. ta Omid, M., 2021. A critical review on intelligent and active packaging in the food industry: Research and development. *Food Research International*, 141, c.110113.
4. Yan, M.R., Hsieh, S. ta Ricacho, N., 2022. Innovative food packaging, food quality and safety, and consumer perspectives. *Processes*, 10(4), c.747.
5. Abhijit, M. ta Priya, S.S., 2021. Detecting faulty bottle caps using CNN model. *Proceedings of the 2nd International Conference on Smart Electronics and Communication (ICOSEC)*. IEEE, c.1446–1452.

Онтології у формуванні задач інтелектуального керування технологічними процесами

В.Д. Кишенько, Д.В. Паньков

Національний університет харчових технологій

Невпинне зростання складності систем керування сучасними виробництвами в умовах жорсткої конкуренції вимагає необхідність розгляду принципово нових підходів до організації процесів керування в харчовій промисловості. Гарантією дійової роботи підприємств є застосування модерних інформаційних інтелектуальних технологій на різних рівнях задач керування та наскрізне вдосконалення автоматизованих систем керування. На тепер усе ширшого застосування отримують інтелектуальні засоби онтологічної підтримки складних, слабо структурованих інформаційних технологій і систем, в тому числі і систем керування технологічними процесами. Онтологія – це система понять, представлена набором сутностей, пов'язаних різними відношеннями, які характеризують певну галузь знань і використовуються для формальної специфікації змістовних компонентів сфери застосування. Наступною суттєвою складовою онтології є набір аксіом, що забезпечують подання додаткових знань, які не охоплюють ієрархії понять.. Онтології в явному вигляді широко використовуються як джерела даних для багатьох складних комп'ютерних систем, а саме: формування знань за наборами даних, проектування систем тощо. Перевага онтології полягає в забезпеченні ефективної інтелектуальної обробки складної і різноманітної інформації. Ці засоби необхідні для систем керування технологічними процесами з такими характерними ознаками, як багатостадійність, тривалий період функціонування, постійний розвиток технологій об'єкта функціонування тощо. Для забезпечення можливості подання еволюції об'єкта прикладні онтології виконують кілька ролей у задачах подання знань, відображають таксономічні та інші властивості при концептуалізації, а також можуть реалізувати функції спеціалізованих баз знань. Структура моделей і методів платформи онтологій повинна враховувати властивості об'єкта та завдання автоматизованого керування. Наприклад, при керуванні технологічними комплексами харчових виробництв головні завдання охоплюють такі процеси: моніторингу, класифікація ситуацій, діагностування параметрів (визначення поточних станів та перспективних стратегій керування), прогнозування характеристик на зазначений період, планування, оцінка ефективності та раціональності керуючих дій тощо. Окрім того, форми подання завдань пов'язані безпосередньо з конкретним об'єктом, вони не узагальнені стосовно вимог універсалізації платформи онтологій.

Література

1. Ладанюк А., Решетюк В. , Кишенько В. та Смітюх Я. 2014..Інноваційні технології в управлінні складними біотехнологічними об'єктами агропромислового комплексу: монографія/ Київ: Центр учбової літератури,

Процедура визначення цілей стратегічного управління проєктами**Т.О. Прокопенко, С.С. Кондратьєв***Черкаський державний технологічний університет*

Формування та обґрунтування цілей стратегічного управління проєктами забезпечує можливості представлення стратегії проєкту, як множини взаємопов'язаних цілей, що є органічними складовими частинами глобальної цілі. Стратегія реалізації проєкту має бути цілісною, однак розроблена так, щоб не тільки залишатися цілісною впродовж тривалого періоду часу, але й бути досить гнучкою, щоб при необхідності можна було здійснити її модифікацію та переорієнтацію. Тому розробка та обґрунтування цілей стратегічного управління проєктами має ґрунтуватись на дослідженні, в основі якого метод статичного визначення глобальної цілі проєкту.

Процедура статичного визначення цілей проєкту складається з наступних етапів:

А. Формулюється глобальна ціль стратегічного управління проєктом, що, як правило, розкладається на множину цілей наступного рівня, останні розкладаються на свої складові і т.д. доти, поки не одержимо кінцеві цілі. Таким чином, формується ієрархія цілей, або цільове дерево [1].

В. Ранжування і відбір цілей з метою визначення найбільш значущих, що виконується по вагових коефіцієнтах на основі методу аналізу ієрархій із залученням експертів.

С. Формування множини багатоцільових альтернатив, що дасть можливість визначення всіх можливих сценаріїв досягнення глобальної цілі та визначення їх якісних значень.

Д. Виділення на основі думок експертів з множини багатоцільових альтернатив підмножини сценаріїв з врахуванням обмежень на споживанні ресурси проєкту, у першу чергу, на фінансові і часові ресурси. Вибирається найкращий клас сценаріїв, який влаштовує з погляду обмежень на ресурси (множина M1).

Е. У множині M1 на основі відносин домінування формується підмножина M2 домінуючих багатоцільових альтернатив (оптимальних за Парето).

Ф. Для кожної домінуючої альтернативи на основі представлення її компонентів (цілей) в вигляді нечітких змінних обчислюється числовий індикатор - індекс досягнення цілі. Результатом даної процедури є альтернатива з максимальним значенням цього індикатора, що вказує на ті значення цілей, які необхідно досягти при стратегічному управлінні проєктом і які визначатимуть глобальну ціль стратегічного управління проєктом.

Література

1. Прокопенко Т.О., Ладанюк А.П. 2015. Інформаційні технології управління організаційно-технологічними системами: [текст]. Черкаси: Вертикаль, видавець Кандич С.Г., 224 с.

WebGL як основа реалізації інтерактивних панорамних турів у вебзастосунках для підвищення ефективності перегляду об'єктів нерухомості

Г. Я. Криволапов

Київський столичний університет ім. Бориса Грінченка

Цифрова трансформація ринку житла супроводжується активним розвитком вебплатформ, які дозволяють користувачам дистанційно оцінювати об'єкти нерухомості. Окрім традиційних фотографій та відео, все ширше застосовуються панорамні 3D-перегляди квартир, що нагадують Google Street View, але реалізовані всередині приміщень. З технічної точки зору такі перегляди є окремими інтерактивними вебкомпонентами, які інтегруються у сторінку оголошення.

WebGL є браузерною реалізацією графічного API, заснованого на OpenGL ES, і дозволяє виконувати рендеринг тривимірної графіки безпосередньо на GPU користувача. На відміну від класичного HTML5 Canvas у 2D-режимі або відтворення звичайного відео, WebGL забезпечує повноцінну роботу з тривимірними сценами, шейдерами та текстурами. Це дає змогу будувати реалістичні панорамні «сфери» чи «куби», в межах яких віртуальна камера змінює свій кут огляду у відповідь на дії користувача [1]. Переваги використання WebGL у задачі панорамного перегляду квартир полягають насамперед у продуктивності та інтерактивності. По-перше, обчислення виконуються на графічному процесорі, що забезпечує плавний рух камери й високу частоту кадрів навіть на мобільних пристроях за умови коректної оптимізації сцени. По-друге, WebGL підтримується більшістю сучасних браузерів на різних платформах, що робить його кросплатформним рішенням без потреби встановлення плагінів. По-третє, тісна інтеграція з JavaScript дозволяє поєднувати панорамний перегляд із іншою фронтенд-логікою: відображенням інформаційних підказок, інтерактивними «гарячими точками» (hotspots), переходами між кімнатами тощо. Крім того, розвиток бібліотек на кшталт Three.js чи Babylon.js спрощує роботу з WebGL, знижуючи вхідний поріг для розробників [2].

Типова клієнтська реалізація панорамного перегляду на WebGL передбачає завантаження одного або кількох текстур високої роздільної здатності (сферична або кубічна панорама), які накладаються на внутрішню поверхню примітиву (сфера, куб). У центрі цієї геометричної фігури розміщується віртуальна камера. Коли користувач рухає мишею чи торкається екрана, JavaScript-код змінює орієнтацію камери (кут повороту по осях), а WebGL оновлює зображення у Canvas-елементі [3]. Обробка взаємодії з користувачем здійснюється через стандартні події DOM (mousemove, touchmove, wheel тощо).

На рівні архітектури вебзастосунку панорамний модуль на WebGL є складовою клієнтської частини, яка взаємодіє з бекендом через HTTP(S)-API. Бекенд відповідає за зберігання панорамних зображень, метаданих про квартири, зв'язок між сценами (наприклад, переходи з однієї кімнати в іншу) та за розподіл статичного контенту через CDN. У разі великої кількості об'єктів використовуються механізми кешування, пагінації та попереднього завантаження критичних ресурсів.

Істотну роль відіграють питання оптимізації та продуктивності. Щоб забезпечити прийнятний час завантаження сторінки, панорами розбивають на тайли, застосовують стиснення (наприклад, WebP, AVIF), а також ліниве завантаження (lazy loading) текстур у міру потреби. На мобільних пристроях може застосовуватися пониження роздільної здатності або динамічне налаштування якості рендерингу залежно від продуктивності пристрою. У випадках, коли WebGL недоступний (старі браузері, обмежене середовище), передбачена деградація до резервного режиму — статичного перегляду панорамних зображень або галереї фото. Інтеграція WebGL-панорами в загальний інтерфейс сайту нерухомості потребує також врахування аспектів SEO та доступності. Оскільки вміст сцени є графічним і нечитабельним для пошукових роботів, інформація про квартиру, планування та характеристики дублюється в текстовому вигляді, доповнюється семантичною розміткою та мікророзміткою. Для користувачів із обмеженими можливостями варто реалізувати альтернативні способи ознайомлення з об'єктом (опис, план, фото).

Використання WebGL як технологічної основи інтерактивних панорамних переглядів квартир дає змогу поєднати високу продуктивність, кросплатформеність і гнучкість інтеграції з іншими вебкомпонентами. За рахунок GPU-прискорення, підтримки тривимірної графіки та розвинутої екосистеми JavaScript-бібліотек WebGL є одним із найбільш придатних інструментів для реалізації сучасних панорамних турів у браузері. Коректно спроектована клієнт-серверна архітектура, оптимізація завантаження ресурсів і продумана інтеграція з інтерфейсом сайту роблять такі рішення ефективним елементом цифрової інфраструктури ринку житла.

Література

1. Parisi, T., 2015. WebGL: Up and Running. Sebastopol: O'Reilly Media (date of access: 10.11.2025).
2. Dirksen, J., 2018. Learning Three.js – The JavaScript 3D Library for WebGL. 3rd ed. Birmingham: Packt Publishing (date of access: 10.11.2025).
3. Matsuda, K. and Lea, R., 2013. WebGL Programming Guide: Interactive 3D Graphics Programming with WebGL. Upper Saddle River: Addison-Wesley (date of access: 13.11.2025).

Особливості ситуаційного управління проєктами розробки web-технологій**О.І. Підкуйко***Черкаський державний технологічний університет*

Тенденція глобалізації та цифровізації сучасного світового розвитку спрямована на активізацію інноваційних технологій, що сприяє підвищенню ефективності управлінських процесів. Передовий досвід застосування подібних інновацій, особливо компаніями в сфері інформаційних технологій (IT), забезпечує підвищення ефективності за рахунок подвійного управління в поточній та стратегічній діяльності [1]. Тому актуальним є реалізація поставлених задач шляхом застосування проєктного підходу на основі Agile технологій, що сприяє підвищенню продуктивності розробників.

Ситуаційний аналіз є важливим інструментом управління проєктами розробки web-технологій, оскільки він дозволяє прогнозувати можливі наслідки різних управлінських рішень та допомагає уникнути негативних наслідків у майбутньому. Застосування ситуаційного аналізу в проєктах розробки web технологій може бути корисним у наступних аспектах:

1. Прогнозування ризиків. Аналізуючи різні сценарії, можна визначити потенційні ризики, які можуть виникнути під час реалізації проєкту, і розробити стратегії їх управління.

2. Вибір оптимальних стратегій. Аналізуючи ситуації, можна визначити найкращі стратегії та рішення для досягнення мети проєкту в умовах, що можуть змінюватися.

3. Оцінка варіантів розвитку. Ситуаційний аналіз дозволяє оцінити різні варіанти розвитку подій та їхні впливи на проєкт, що сприяє усвідомленому вибору стратегії.

4. Антиципація можливих проблем. Виявлення можливих проблем заздалегідь дозволяє приймати запобіжні заходи та планувати дії на випадок виникнення негативних сценаріїв.

Ситуаційний аналіз допомагає уникнути непередбачених проблем, підготувати плани дій на випадок різних обставин, а також дозволяє краще розуміти вплив прийнятих управлінських рішень на результативність проєкту. Це важливий інструмент для ефективного управління проєктами, оскільки дозволяє враховувати можливі ризики та ситуації заздалегідь, що полегшує прийняття обґрунтованих рішень на різних етапах реалізації проєкту.

Знання та вміле застосування ситуаційних підходів до управління допоможе проєктному менеджеру змінити ситуацію та підвищити загальну ефективність проєкту. Існування безлічі зовнішніх та внутрішніх факторів вимагає аналізу конкретних ситуацій та пошуку відповідного управління.

Ситуаційні теорії управління базуються на ідеї того, що ефективне управління проєктом залежить від контекстуальних обставин і умов, що визначають конкретну ситуацію. Ці теорії підкреслюють важливість адаптації

управлінських підходів до поточного середовища та умов.

Аналіз ситуацій включає в себе оцінку різноманітних факторів, таких як характеристики проєкту (або керованого об'єкта), зовнішні умови, конкурентні аспекти, ресурси, потреби замовників тощо. Цей аналіз допомагає проєктному менеджеру розуміти ситуацію якнайбільш повно і приймати рішення, що найбільш відповідають поточним умовам.

У процесі управління проєктом розробки web-технологій необхідно забезпечити гнучкість процесів розробки програмного продукту, адаптації до внутрішніх та зовнішніх факторів, виходячи з того, що як зовнішнє середовище, так і умови реалізації проєкту будуть змінюватися. Однак у більшості випадків досить важко передбачити, як відбуватимуться ці зміни. Тому управління проєктами розробки web технологій, що реалізуються в динамічних умовах різкої зміни обставин, є слабко структурованою проблемою, що характеризуються неможливістю використання методів і моделей, в основі яких точний опис проблемних ситуацій, як і зазначено в [2].

Ефективне управління проєктами розробки web-технологій базується на обміні, обробці інформації та прийнятті рішень, в основі яких аналітика цієї інформації. Чим більше учасників долучено до проєкту та складніша структура проєктної команди, тим більший об'єм інформації необхідно проаналізувати, вище вимоги до надійності та оперативності обробки інформації та прийняття рішень [3]. Застосування ситуаційного аналізу в управлінні проєктами розробки web технологій має низку переваг, які сприяють отриманню більш точної, достовірної та повної інформації для прийняття рішень в умовах, що швидко змінюються. Тому розробка моделей та методів ситуаційного управління для проєктів розробки web-технологій є актуальним науковим завданням. При цьому для проєктів необхідно не просто ідентифікувати поточну ситуацію і відповідну їй множину керуючих рішень, а й визначити раціональні шляхи досягання цілей функціонування системи управління проєктом, для чого потрібно прорахувати можливі наслідки послідовності керуючих рішень на кілька кроків вперед.

Література

1. Tetiana Prokopenko, Yevhen Lanskykh, Valentyn Prokopenko, Oleksandr Pidkuiko, Yaroslav Tarasenko (2023) DEVELOPMENT OF THE COMPREHENSIVE METHOD OF SITUATION MANAGEMENT OF PROJECT RISKS BASED ON BIG DATA TECHNOLOGY. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1/3(121), 38-45

2. S. Bushuyev, D. Bushuev, N. Bushuyeva Convergence of project managers competencies in hybrid world. Scientific Journal of Astana IT University. 2021.32-44.

3. Prokopenko T.O., Pidkuiko O.I. Application of the ontological approach to the development of information technology of situational management // Матеріали VII Міжнародної науково-технічної Internet-конференції «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами», 26 листопада 2020. [Електронний ресурс]. К: НУХТ, 2020. С. 147.

Концепція інформаційної технології управління ризиками проєктів медіа-дизайну

В.А. Прокопенко

Черкаський державний технологічний університет

Інформаційна технологія (ІТ) управління ризиками проєктів медіа-дизайну спрямована на підтримку прийняття правильних та точних оперативних і стратегічних рішень в залежності від поточного стану проєкту. Використання методів інтелектуального управління надасть можливості підвищення ефективності управління ризиками та об'єднання функцій для створення гнучких систем управління, які дозволяють оперативно здійснювати ідентифікацію та оцінку ризиків, вироблення протиризикових заходів, а також планувати стратегічну діяльність з врахуванням ризиків [1]. Ці методи передбачають застосування сучасних технологій для отримання та аналізу необхідних знань про проєкт, вплив факторів зовнішнього середовища та ситуації в ході реалізації проєкту з можливістю прогнозування результатів та покращення показників якості управління впродовж всього процесу реалізації проєкту [2].

Відповідно запропоновано концепцію ІТ управління ризиками проєктів медіа-дизайну на основі комплексного, ітераційного та когнітивного підходів, що забезпечить управління ризиками в поточній та стратегічній діяльності з врахуванням умов невизначеності. Концепція ІТ управління ризиками проєктів медіа-дизайну трансформується в ефективні методи, що дозволяє прогнозувати та оцінювати можливі ризики, оптимізувати ресурси та вчасно реагувати на зміни в умовах реалізації проєкту. Такий підхід сприяє досягненню кращих результатів і підвищенню якості управління проєктами на тривалих інтервалах часу.

ІТ управління ризиками проєктів є засобом прийняття ефективних рішень в процесі управління ризиками проєктів медіа-дизайну, коли маємо незначний обсяг необхідної інформації або її повна відсутність, а також коли маємо ймовірності настання тих чи інших подій, що можуть вплинути на ефективність реалізації проєкту. Система підтримки прийняття рішень, що є складовою даної ІТ, включає інтеграцію із зовнішніми джерелами, моделювання та пошук рішення, а також ідентифікацію та оцінку ризиків, генерацію рішення та його прийняття. Інформаційна технологія управління ризиками проєктів медіа-дизайну становить в цілому комплекс програмно-технічних засобів, організаційних систем, інструментів аналізу даних, платформ для спільної роботи, баз даних та знань, який забезпечує організацію взаємодії інформаційних потоків, функціонування та розвиток засобів інформаційної взаємодії та інформаційного простору та спрямованих на поліпшення ефективності, комунікації та аналізу у проєкті.

ІТ управління ризиками проєктів медіа-дизайну у процесі здійснення інформаційної діяльності із задоволення інформаційних потреб споживача

підпорядкована основному завданню — отриманню і доведенню до споживача інформаційного продукту через складний технологічний процес науково-інформаційної діяльності [3]. Тому, інформаційний пошук, надання змістовної інформації виконується завдяки певним технологіям, складність яких обумовлена обсягами і рівнем інформаційної діяльності.

Управління ризиками проєктів медіа-дизайну є однією зі складових управління проєктом та забезпечує можливість аналізу ризикових подій з подальшою організацією заходів, які дозволяють ліквідувати або мінімізувати ризик. Управлінням ризиками проєктів медіа-дизайну включає сукупність методів та видів діяльності оперативного характеру, що забезпечує контроль ризику, оптимізацію ступеня ризику, тобто максимально можливе зниження обсягів та ймовірності можливих збитків, розробку заходів уникнення чи зниження ступіню ризику, прийняття оперативних рішень і їх реалізацію на всіх етапах життєвого циклу проєкту з врахуванням особливостей проєктів медіа-дизайну.

Ефективність управління ризиками проєктів медіа-дизайну базується на застосуванні принципів та стандартів управління та залежить від багатьох факторів. Серед них особливо необхідно відмітити цільове управління ризиками, вплив факторів зовнішнього та внутрішнього середовища, швидке і безперервне зростання обсягу інформації, розвиток технологій, зростання продуктивності розробників, вдосконалення соціально-економічних відносин та підвищення ефективності.

Концепція ІТ управління ризиками проєктів медіа-дизайну надає універсальний підхід, що дозволяє ефективно приймати рішення в умовах невизначеності та за наявності неповної або неточної інформації. Основою цієї концепції є комплексна процедура управління ризиками, що включає повний цикл процесу, а також забезпечує можливість вироблення превентивного рішення. Завдяки ітеративному підходу команда може вносити зміни в процес управління ризиками, що забезпечує гнучкість і адаптивність до нових умов. Таким чином, концепція ІТ управління ризиками проєктів медіа-дизайну дозволяє не лише знижувати вплив невизначеності, але й розробляти рішення в ситуаціях, коли інформація може бути неповною або неточною. Це досягається завдяки чітко структурованій та інтегрованій процедурі, що охоплює всі аспекти проєкту та забезпечує ефективне управління ризиками.

Література

1. Prokopenko, T., Grygor, O., Prokopenko, V., Lavdanska, O. (2024). Devising a project risk management method under scrum conditions based on cognitive approach. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5(3 (131), 18–26.
2. Прокопенко Т.О., Ладанюк А.П. 2015. Інформаційні технології управління організаційно-технологічними системами: [текст]. Черкаси: Вертикаль, видавець Кандич С.Г., 224 с.
3. Tak, A., & Sunil Chahal, S. C. Risk Management in Agile AI/ML Projects: Identifying and Mitigating Data and Model Risks. *Journal of Technology and Systems*, 2024. 6(3), 1–18.

**Детерміноване моделювання сумісного прийняття рішень (CDM)
персоналом з технічного обслуговування повітряних суден**

Ю.В. Сікірда

Українська державна льотна академія

Т.Ф. Шмельова

ДУ «Київський національний університет»

І.О. Сироїжка

Українська державна льотна академія

Відповідно до оновлених стандартів ІСАО [1], підвищення результативності функціонування авіаційно-транспортної системи потребує активного впровадження концепції спільного (сумісного) прийняття рішень – *Collaborative Decision-Making (CDM)* [2]. У працях [3; 4] започатковано дослідження у сфері побудови, оптимізації, інтелектуалізації та навчання процесів CDM у командах авіаційних фахівців (пілотів, диспетчерів управління повітряним рухом, операторів БПЛА, льотних диспетчерів, інженерів, спеціалістів із пошуку й рятування тощо) для різних типів оперативних ситуацій. Незважаючи на суттєвий науковий прогрес у цьому напрямі, рівень узгодженості дій і взаємодії між членами таких команд залишається недостатнім для забезпечення ефективного колективного формування та ухвалення оптимальних рішень, що й обумовлює актуальність подальших досліджень.

Передпольотна підготовка повітряних суден (ПС) виконується технічним персоналом, який зазвичай складається з двох-трьох спеціалістів – фахівця з планеру й авіаційних двигунів (СПАД), спеціаліста з авіаційного та радіоелектронного обладнання (САРЕО), а при виконанні вантажних перевезень – також бортоператора (БО) [5]. Основним завданням лінійного технічного обслуговування (ТО) є проведення повної передпольотної перевірки ПС [5; 6]. Така перевірка має охоплювати всі критично важливі системи – двигуни, шасі, гідравлічну систему, авіоніку тощо. У разі виявлення будь-яких несправностей або відхилень від норми команда технічних спеціалістів повинна оперативно усунути їх, забезпечуючи тим самим безпеку польоту, пасажирів і екіпажу.

У дослідженні [7] запропоновано методику детермінованого моделювання як індивідуального, так і сумісного прийняття рішень (CDM) персоналом з ТО у процесі передпольотної підготовки повітряного судна, що базується на використанні методу критичного шляху (CPM). Наведено приклад реалізації CDM при підготовці літака Ан-26, створено структурно-часові таблиці та мережеві графіки дій фахівців ТО відповідно до регламенту до та після оптимізації процесу. Розрахунки здійснено в середовищі MS Excel та мовою Python на платформі Google Colab, при цьому отримано ідентичні результати. Проведена оптимізація показала, що залучення бортоператора дозволяє скоротити час передпольотної підготовки Ан-26 на 22,42 % порівняно зі станом

до оптимізації, а без участі бортоператора – на 48,81 %.

Розроблені детерміновані моделі CDM створюють підґрунтя для удосконалення взаємодії персоналу технічного обслуговування під час підготовки ПС до польоту та сприяють зменшенню тривалості виконання регламентних операцій.

Подальші дослідження передбачають розробку *Інтелектуальної системи CDM у процесі професійної підготовки*, орієнтованої на групове навчання авіаційних фахівців – пілотів, операторів БПЛА, диспетчерів служби руху, спеціалістів із планування польотів, інженерів та наземного персоналу. Функціонування цієї системи базуватиметься на поєднанні детермінованого, стохастичного та нестохастичного моделювання з використанням аналітики великих даних та алгоритмів машинного навчання. Для забезпечення ефективної взаємодії людини з системами, що підтримуються штучним інтелектом, доцільним є створення гібридних інтелектуальних систем, які інтегрують людські когнітивні можливості з обчислювальним потенціалом сучасних цифрових технологій.

Література

1. International Civil Aviation Organization (2016) *Global Air Navigation Plan 2016–2030*. Doc. 9750. 5th ed. Montreal, Canada: International Civil Aviation Organization.

2. International Civil Aviation Organization (2018) *Manual on Collaborative Air Traffic Flow Management (ATFM)*. Doc. 9971. 3rd ed. Montreal, Canada: International Civil Aviation Organization.

3. Shmelova, T., Yatsko, M. and Sikirda, Yu. (2022) *Collaborative-factor models of decision making by operators of the Air Navigation System in conflict or emergency situations. Communications in Computer and Information Science (CCIS)*, 1635, pp. 391–409. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-14841-5_26.

4. Shmelova, T., Sikirda, Yu., Yatsko, M. and Stratonov, V. (2024) *Integration of deterministic, stochastic, and non-stochastic models to obtain an optimal collaborative decision in the flight emergency. Lecture Notes in Networks and Systems (LNNS)*, 992, pp. 205–223. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-60196-5_17

5. Міністерство оборони України (2016) *Правила інженерно-авіаційного забезпечення державної авіації України*: наказ від 05 липня 2016 р. № 343. Доступно за: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/card/z1101-16> (дата звернення: 05 листопада 2025).

6. Міністерство оборони України (2016) *Правила схвалення організацій з технічного обслуговування та ремонту авіаційної техніки державної авіації (Частина-145В)*: наказ від 23 грудня 2016 р. № 714. Доступно за: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0161-17#Text> (дата звернення: 05 листопада 2025).

7. Шмельова, Т. Ф., Сікірда, Ю. В. та Сироїжка, І. О. (2025) *Детерміноване моделювання сумісного прийняття рішень в процесі передпольотної підготовки повітряних суден*. Випробування та сертифікація, 3(9), с. 95–107. DOI: <https://doi.org/10.37701/ts.09.2025.12>

4

СЕКЦІЯ

***ВИКОРИСТАННЯ
ТЕХНОЛОГІЙ
ІНДУСТРІЇ 4.0
В СИСТЕМАХ
УПРАВЛІННЯ***

Production Flow Integrity Verification under Anomalous Routing with Undesired Telemetry Transmission

Tetyana Neroda

Institute of Printing Art and Media Technologies in Lviv Polytechnic National University

An essential component of the operation of computer-integrated technological systems, in which telemetry data forms the basis for monitoring, forecasting, and analytical support of technological decisions, is the continuous verification of production flow integrity [1]. In environments with a high intensity of equipment parameter and technological state transmission, the detection of deviations in the structure of flows is particularly critical, as such deviations may indicate anomalous routing or undesired telemetry transmission [2]. Incorrect data routing, the emergence of unauthorized subscribers, or message duplication compromise the integrity of the informational model of the process and complicate the interpretation of temporal dependencies of production parameters. Recording characteristic transmission rhythms, analyzing time intervals between events, and tracking the stability of interaction channels provide the capability to timely detect changes in the source or structure of a flow. These procedures enable the maintenance of telemetry consistency, reduce the risks of hidden losses or data redistribution, and create a foundation for reliable analytical processing of large volumes of measurements in production systems.

Under conditions where telemetry events are generated by heterogeneous sensor modules, transmitted through intermediate transport nodes, and aggregated in repositories operating across different temporal domains, traditional approaches to flow integrity and verification prove insufficient. This is because they do not account for the multidimensional structure of temporal dependencies, correlations between phases of technological operations, or the load characteristics on individual segments of the production infrastructure. Therefore, the timely deployment of an integrated framework for modeling the temporal activity of telemetry is essential, enabling the subsequent derivation of a coherent representation of production flow dynamics in environments with distributed data routing.

The proposed framework is designed to integrate models of signal generation, transport characteristics, and their consumption by analytical components [3]. Such integration enables the detection of deviations in temporal patterns that do not manifest at the packet content level but indicate changes in operational modes, unauthorized interventions, or attempts at stealth modification of transmission routes. Furthermore, the framework establishes the basis for the formation of generalized temporal profiles, which serve as reference models of system behavior and ensure comparability of results across scenarios with varying load levels. In combination with mechanisms for analyzing the variability of time intervals, this approach extends the range of detectable anomalies and enhances the quality of environmental state assessment (Fig. 1).

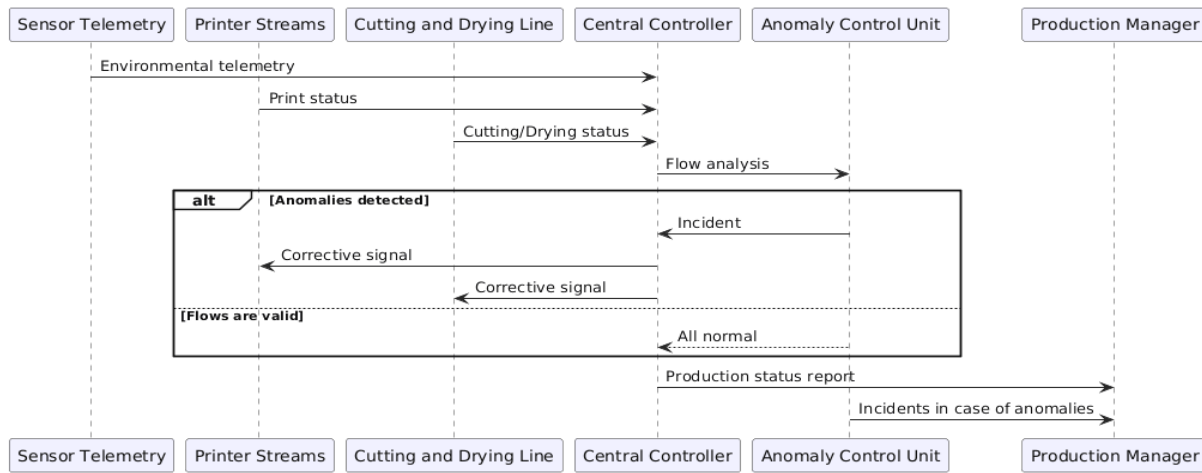


Fig. 1. Conceptual diagram of flow interactions in distributed production environment

The presented framework provides a foundation for the development of novel models for assessing the integrity of production flows, in which temporal characteristics serve as fully-fledged indicators of the state of the production environment. The application of such models in operational printing processes enables the extension of the spectrum of detectable anomalies, including indirect signs of undesired routing, stochastic shifts in the distributions of inter-event intervals, and changes in the rhythm of technological operations. By integrating mechanisms for simulation, analysis, and validation, the framework enables the reproduction of complex scenarios involving interactions between heterogeneous sensors, transport nodes, and analytical modules, thereby opening avenues for the further theoretical generalization of behavioral models of industrial telemetry systems. This combination of theoretical and practical components provides a basis for the systematic investigation of the influence of temporal patterns on data integrity, and also establishes conditions for the development of new approaches to evaluating the coherence of production flows in distributed infrastructures.

Therefore, the proposed approach enables the investigation of systems not only through individual signal parameters, but also through their temporal interrelations, which reflect the internal organization of technological processes. This provides the capability to identify latent patterns that remain undetected when using traditional monitoring and analysis tools, thereby establishing a coherent methodology for the analysis of telemetry temporal activity, which integrates the structural properties of production flows with the dynamics of their actual operation.

References

1. Chen W. 2019. Intelligent manufacturing production line data monitoring system for industrial internet of things. *Computer Communications*, Vol. 151. P 31-41.
2. Zavrak S., İskefiyeli M. 2023. Flow-Based Intrusion Detection on Software-Defined Networks: A Multivariate Time Series Anomaly Detection Approach. *Neural Computing and Applications*, Vol. 35. P. 12175–12193
3. Neroda T. 2025. Integrated Framework Deployment for Cybersecurity of Information and Communication Channels in On-Demand Printing. *Security of modern information and communication systems*, Vol. 1. P. 459-465

Архітектура IoT – екосистеми виявлення пожеж на території лісових заповідників

К.Р. Абдулова, М. П. Трембовецький

Київський Національний університет імені Тараса Шевченка

З огляду на зростаючі ризики лісових пожеж та вплив зміни клімату, необхідність ефективного моніторингу лісових територій стає все більш актуальною. Лісові заповідники потребують сучасних технологій для швидкого виявлення загорянь та зменшення шкоди, завданої екосистемам. Інтеграція IoT-систем у структуру заповідників дозволяє здійснювати безперервний моніторинг таких параметрів, як температура, рівень чадного газу, рівень диму та інші, що є критичними для виявлення пожеж. Архітектура цієї системи побудована на датчиках, бездротовій передачі даних та централізованому аналізі інформації в режимі реального часу. Це забезпечує своєчасну реакцію та допомагає запобігти виникненню масштабних лісових пожеж.

Використання сучасних технологій для виявлення пожеж забезпечує швидке реагування на потенційні загрози та мінімізує шкоду для екосистем. Розроблені IoT-рішення мають можливість здійснювати безперервний моніторинг важливих екологічних параметрів, таких як температура, рівень чадного газу, дим і полум'я, що є основними індикаторами для виявлення пожеж. Системи, як Watch Duty [1] та Dryad Networks [2], використовують радіосканери, камери спостереження та спеціальні сенсори для збору даних у реальному часі, що дозволяє зменшити час реакції на потенційні загрози. Вони вже показали свою ефективність у багатьох країнах для виявлення та попередження лісових пожеж [3]. З іншого боку, технології, такі як інтеграція з дронами, дають змогу оперативно перевіряти дані та підтверджувати наявність загрози. Це значно підвищує точність і швидкість реакції на пожежі, особливо в складнодоступних місцях.

Опис архітектури IoT- екосистеми виявлення пожеж на території лісових заповідників (Рис. 1) для виявлення пожеж включає кілька рівнів. На рівні пристроїв використовуються датчики температури, чадного газу, диму та полум'я для виявлення ознак загоряння. Контролер гасіння автоматично активує систему після отримання сигналу від датчиків. На рівні з'єднання дані з пристроїв передаються через мережу LoRaWAN до шлюзу, який перетворює їх на MQTT повідомлення для подальшої обробки. На рівні зберігання та обробки даних сервер приймає ці дані, зберігає їх у базі для аналізу та ініціює автоматичний виклик служб ДСНС при загрозі пожежі. Інтерфейс користувача дозволяє лісникам та рятувальним службам моніторити стан території через веб-додатки або мобільні додатки, отримувати сповіщення та взаємодіяти з системою для активації заходів гасіння. Таким чином, запропонована архітектура забезпечує безперервний цикл виявлення, передачі, обробки та реагування на надзвичайні ситуації, що дозволяє не лише зменшити час

реагування на пожежі в лісових масивах, а й підвищити ефективність роботи рятувальних служб завдяки автоматизованим алгоритмам прийняття рішень та централізованому доступу до актуальної інформації.

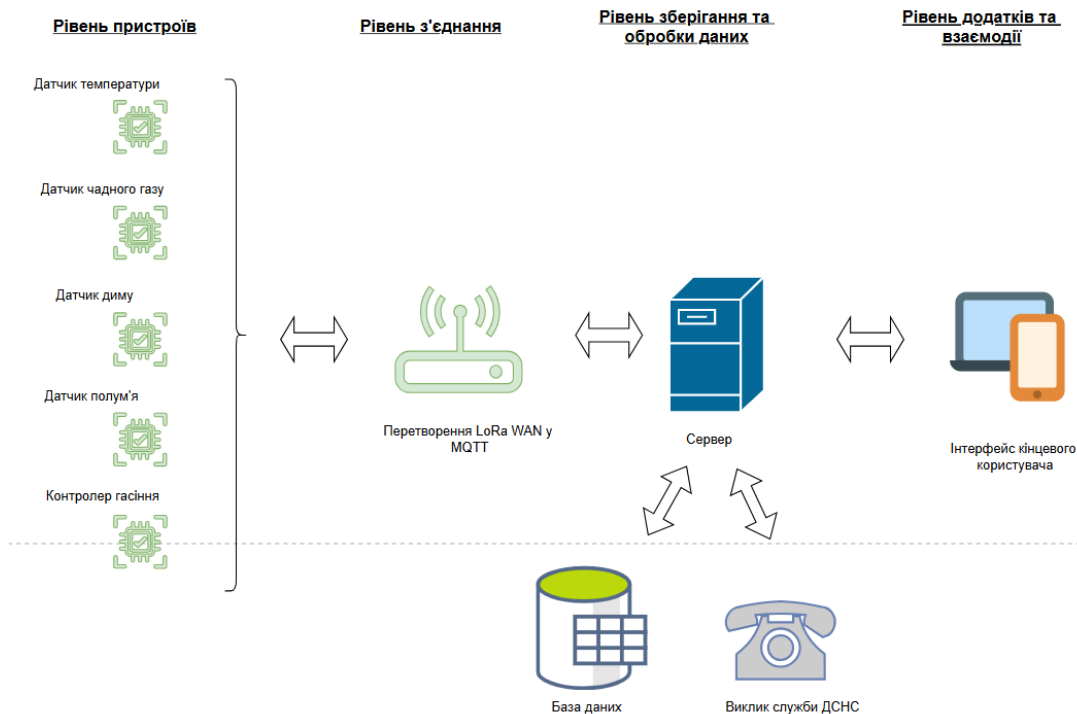


Рис. 1. Схематичне зображення архітектури IoT – екосистеми виявлення пожеж на території лісових заповідників

Майбутнє програмного рішення для виявлення пожеж на території лісових заповідників базується на інтеграції сучасних IoT-технологій, що забезпечать ефективне та своєчасне реагування на загрози. У майбутньому можна очікувати розширення функціоналу системи, зокрема через інтеграцію з дронами для візуальної перевірки ситуації та застосування штучного інтелекту для прогнозування поширення вогню. Такі рішення, як LoRaWAN для передачі даних та автоматичний виклик служб ДСНС, зроблять систему високоефективною та здатною до роботи навіть в умовах обмеженого доступу до ресурсів. Розвиток цієї технології дозволить значно підвищити рівень безпеки в природоохоронних зонах та сприятиме збереженню їх ресурсів.

Література

1. Посилання на веб - сайт Watch Duty [Електронний ресурс] – Доступно: <<https://www.watchduty.org/>> [Дата звернення 10 Жовтень 2025].
2. Посилання на веб - сайт Dryad Networks [Електронний ресурс] – Доступно: <<https://www.dryad.net/>> [Дата звернення 10 Жовтень 2025].
3. EFFSIP: Efficient forest fire system using IoT and parallel computing [Електронний ресурс] – Доступно: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110866525000246?>> [Дата звернення 5 Жовтень 2025].

Адаптивний розподіл обчислень у архітектурі Cloud-Fog-Edge для підвищення стійкості IoT-систем

О.С. Бондаренко

Київський національний університет імені Тараса Шевченко

Поширення систем Інтернету речей (IoT) супроводжується збільшенням кількості сенсорних вузлів, обсягів даних та сценаріїв застосування. Це формує підвищені вимоги до інфраструктури обробки даних, зокрема до забезпечення високої продуктивності, гнучкості, інтегрованості та стійкості роботи у режимі реального часу. Хмарні обчислення залишаються ключовим елементом сучасних IoT-архітектур, оскільки забезпечують централізовану обробку та масштабованість сервісів [1]. Міжнародні рекомендації також підкреслюють важливість підтримки інтероперабельності та уніфікованих принципів побудови розподілених IoT-систем [2].

У класичних IoT-архітектурах хмарний рівень забезпечує централізоване збирання, зберігання та аналітичну обробку даних, підтримку сервісів прогнозування та візуалізації. Така модель ефективна для обробки великих обсягів даних та складних аналітичних задач, однак має обмеження: підвищена затримка доступу до сервісів, яка є критичною для систем реального часу; необхідність стабільних каналів зв'язку з достатньою пропускну здатністю; зростання енергоспоживання IoT-вузлів при постійному передаванні даних у хмару; а також ризики централізованої обробки, пов'язані з перевантаженням серверної інфраструктури [1,3]. У результаті ефективність роботи IoT-систем може суттєво знижуватися в умовах нестабільного живлення чи обмежених ресурсів.

Розвиток edge- та fog-обчислень став важливим напрямом оптимізації IoT-інфраструктур. Edge-обчислення забезпечують виконання частини обробки даних безпосередньо на пристроях або у найближчих до них вузлах. Це дає змогу мінімізувати час реакції, знизити мережеве навантаження та забезпечити фільтрацію або агрегування даних до надсилання в хмару [3]. Fog-обчислення доповнюють цей підхід створенням проміжного шару між сенсорними вузлами та хмарною інфраструктурою, забезпечуючи більший обсяг доступних обчислювальних ресурсів та можливість обробляти дані з малою затримкою [3,4]. Гібридні моделі, що поєднують cloud-, fog- та edge-обчислення, дають можливість збалансувати затримку, продуктивність та енергоспоживання [4,5].

Огляд актуальних робіт демонструє зростання інтересу до адаптивних архітектур, у яких розподіл задач між рівнями виконується динамічно [3-5]. У цьому контексті особливої актуальності набувають моделі, здатні гнучко змінювати рівень обробки даних залежно від стану мережі та доступних ресурсів вузла, що дозволить підтримувати стабільну роботу в нестабільних або ресурсно обмежених умовах.

Одним із таких можливих підходів є концептуальна модель трирівневого розподілу задач, у якій рішення щодо перемикання між cloud-, fog- та edge-рівнями приймається на основі трьох локальних метрик: доступності мережі, енергетичного стану вузла та критичності поточної задачі. За сприятливих умов ресурсоемні операції можуть виконуватися у хмарі; при зниженні якості зв'язку обчислення можуть переміщуватися на fog-рівень; у випадку недоступності інфраструктури та обмеженої енергії вузол може тимчасово виконувати мінімальну локальну обробку на edge-рівні. Подібний підхід відповідає сучасним тенденціям розвитку edge-cloud/fog-cloud continuum, наведеним у літературі [3-5].

Адаптивність такої моделі може розглядатися як механізм підвищення стійкості IoT-систем до коливань навантаження, нерівномірності трафіку та перебоїв мережевої інфраструктури. Застосування локальних метрик, що відображають стан мережі та ресурси вузла, потенційно дає змогу формувати гнучкі стратегії обробки даних, що сприятимуть зменшенню затримок та оптимізації використання каналів зв'язку в складних або критичних умовах.

Запропонована концептуальна модель орієнтована на підвищення стійкості систем до перебоїв електроживлення та мережі, а також на раціональний розподіл енергоспоживання малопотужних вузлів. Модель узгоджується з сучасними тенденціями розвитку багаторівневих IoT-архітектур і може бути інтегрована у наявні IoT-платформи завдяки використанню стандартних протоколів взаємодії (MQTT, CoAP) та механізмів локального моніторингу стану.

Поєднання хмарних, edge- та fog-обчислень формує гнучку багаторівневу інфраструктуру, здатну адаптуватися до вимог різних предметних областей. Використання адаптивних стратегій вибору рівня обробки даних створює передумови для підвищення стійкості та ефективності IoT-систем у змінних умовах експлуатації.

Література

1. Dauda, A., Flauzac, O. and Nolot, F. (2024). A Survey on IoT Application Architectures. *Sensors*, 24(16), 5320. Available at: <https://doi.org/10.3390/s24165320>
2. ITU-T (2021). Recommendation ITU-T Y.2066: Common requirements of Internet of Things. International Telecommunication Union. Available at: <https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2066-201406-I/en>
3. Kuchuk, H., and Malokhvii, E. (2024). Integration of IoT with Cloud, Fog, and Edge Computing: A Review. *Advanced Information Systems*, 8(2), 65–77. Available at: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2024.2.08>
4. Gigli, L., Zyrianoff, I., Zonzini, F., Bogomolov, D., Testoni, N., Di Felice, M., De Marchi, L., Augugliaro, G., Mennuti, C. and Marzani, A. (2024) Next generation edge-cloud continuum architecture for structural health monitoring. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 20(4), pp. 5874–5886. Available at: <https://doi.org/10.1109/TII.2023.3337391>.
5. Oztoprak, K., Tuncel, Y.K. and Butun, I. (2023). Technological Transformation of Telco Operators towards Seamless IoT Edge-Cloud Continuum. *Sensors*, 23(2), 1004. Available at: <https://doi.org/10.3390/s23021004>.

Інтеграція системи комп'ютерного зору в роботизований комплекс ресурсних випробувань побутової техніки

Н.В. Бунда, І.В. Кривошесенко, Ю.О. Лебеденко

Національний університет технологій та дизайну

Ресурсні випробування побутової техніки є невід'ємною складовою процесу забезпечення якості продукції і гарантування її відповідності вимогам надійності й безпеки. Зростання конкуренції на ринку, підвищення вимог споживачів до зовнішнього вигляду та довговічності виробів, а також посилення нормативних стандартів висувають жорсткіші вимоги до методів випробувань [1].

Метою роботи є розробка роботизованого випробувального комплексу з інтегрованою підсистемою комп'ютерного зору, що забезпечує автоматизовану, об'єктивну та відтворювану оцінку візуальних і функціональних змін побутової техніки під час ресурсних випробувань.

В якості робочого органу рекомендовано застосування Mitsubishi RV-2AJ – компактного шестиосевого маніпулятора із високою повторюваністю позиціонування та достатнім робочим радіусом для охоплення зон випробувального стенда [2]. Приклад фрагмента програми у форматі MELFA BASIC для випробування автоматичного вимикача наведено на рис. 1.

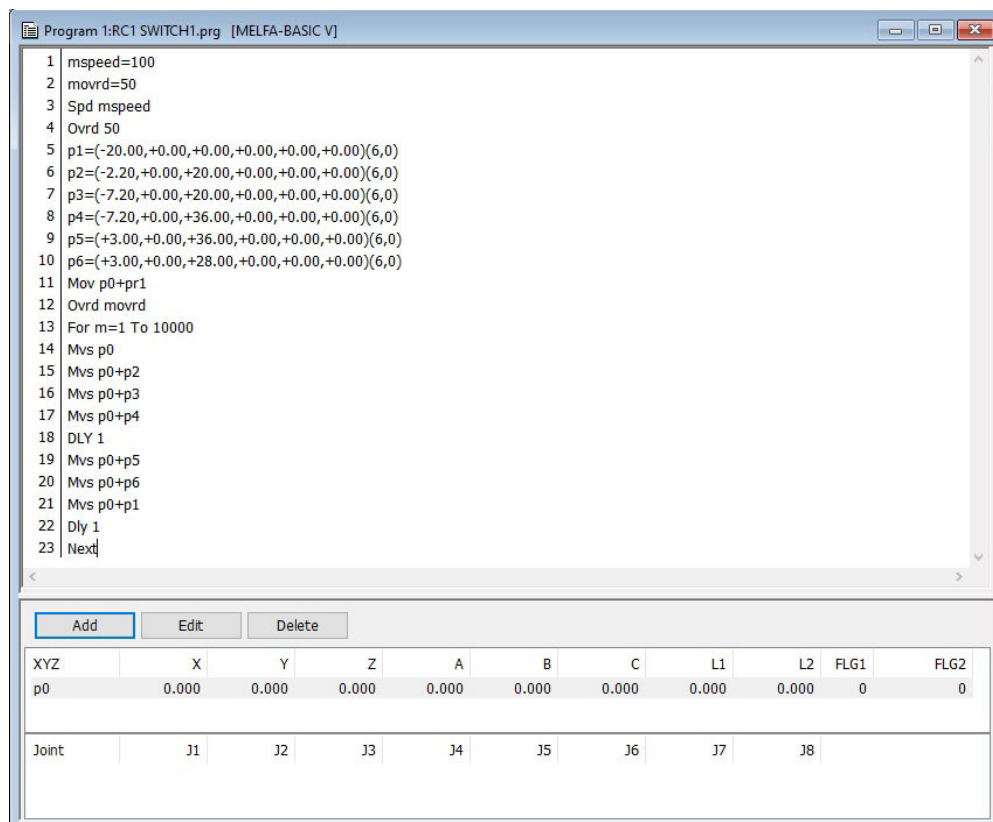


Рис. 1. Приклад фрагмента програми у форматі MELFA BASIC для випробування автоматичного вимикача

Маніпулятор забезпечує виконання стандартних операцій: натискання, переміщення, обертання, захоплення та комбіновані рухи з заданими профілями швидкості і прискорення. Для повноти оцінки стану зразка під час циклічних випробувань впроваджується комплексом датчиків та системою комп'ютерного зору.

Роботизована підсистема забезпечує: повторюваність і відтворюваність механічних дій; контроль прикладених навантажень; детерміновану синхронізацію з візуальною діагностикою; можливість масштабування тестових сценаріїв під різні типи виробів. Інтеграція з підсистемою комп'ютерного зору створює умови для отримання відтворюваних зображень і подальшої автоматичної оцінки дефектів, що суттєво підвищує об'єктивність і ефективність ресурсних випробувань.

Для визначення візуальних дефектів застосовується промислова високороздільна камера з можливістю апаратної синхронізації кадрів із тригерами роботизованої підсистеми та контрольоване освітлення. Така конфігурація забезпечує стабільність зображень при повторюваних вимірах і підвищує чутливість до різних типів дефектів.

Зображення маркується метаданими і передається на рівень аналізу для обробки нейромережею. У зворотному напрямку модель комп'ютерного зору може повертати рішення про стан деталі та рекомендації щодо подальших дій [3].

Така інтеграція робототехнічних засобів і методів комп'ютерного зору забезпечує низку практичних переваг: підвищення об'єктивності оцінки завдяки алгоритмічним критеріям виявлення дефектів; прискорення циклів тестування за рахунок одночасного збору сенсорних і візуальних даних; можливість кореляції функціональної деградації з візуальними ознаками пошкоджень для глибшого аналізу причин і механізмів виходу з ладу; а також покращення масштабованості і реплікації методики в промислових умовах.

Запропонований підхід підвищує об'єктивність контролю якості, зменшує трудовитрати та дає змогу отримувати комплексні, репрезентативні звіти, які поєднують функціональні та візуальні індикатори деградації виробів.

Література

1. ДСТУ 3021-95. Випробування і контроль якості продукції. Терміни та визначення (1995) [online] <https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_3021_95/5-1-0-1619> [Дата звернення 17 Листопад 2025].
2. Mitsubishi Electric Corporation (2009) RV-1A/2AJ Series Robot Arm Setup & Maintenance. Instruction Manual BFP-A8052-E [online] <<https://dl.mitsubishielectric.com/dl/fa/document/manual/robot/bfp-a8052/bfp-a8052e.pdf>> [Дата звернення 17 Листопад 2025].
3. IQSDirectory (no date) Machine Vision Systems: Types, Functions and Applications [online] <<https://www.iqsdirectory.com/articles/machine-vision-system.html>> [Дата звернення 17 Листопад 2025].

Підвищення ефективності візуально-інерційної одометрії з використанням геометрично-орієнтованої нейронної мережі

Біганський Б. М., Ковалюк Д. О.

КПІ ім. Ігоря Сікорського

Існуючі методи візуально-інерційної одометрії на основі розріджених ознак є вразливими у середовищах з низькою текстурою, що призводить до критичного дрейфу траєкторії. Для вирішення цієї проблеми запропоновано інтегрувати у ймовірнісну схему оптимізації щільну геометрію сцени, отриману за допомогою сучасних методів глибокого навчання.

Методологія та архітектура системи. Ключовою відмінністю від класичних підходів є відмова від детекторів кутових точок. Натомість використовується нейронна мережа Microsoft MoGe [1] для генерації щільних метричних карт глибини з монокулярного відеопотоку.

Математична модель системи базується на оптимізації фактор-графа. Вектор стану системи X_t у момент часу t включає позицію p_t , орієнтацію R_t , швидкість v_t та зміщення (biases) інерційних датчиків b_t :

$$X_t = [R_t, p_t, v_t, b_t] \quad (1)$$

Загальна функція витрат (Cost Function), що мінімізується, складається з трьох компонентів: апіорного фактора (Prior), інерційного фактора (IMU Factor) та щільного візуального фактора (Dense Visual Factor):

$$J(x) = \sum_{i,j \in K} \|r_l(z_{ij}, x_i, x_j)\|_{\Sigma_l}^2 + \sum_{i,j \in V} \|r_v(T_{ij}^{icp}, T_i, T_j)\|_{\Sigma_v}^2 + \|r_{prior}\|_{\Sigma_p}^2 \quad (2)$$

де

- x_i, x_j – вектори стану в моменти часу t_i та t_j .
- z_{ij} – преінтегроване вимірювання від IMU. Включає $\Delta R_{ij}, \Delta v_{ij}, \Delta p_{ij}$. ΔR_{ij} – поворот відносно кадру в момент часу i до моменту часу j . Δv_{ij} – відносна зміна швидкості. Δp_{ij} – відносна зміна положення.
- Σ_l – матриця коваріації, що описує шум IMU.
- T_{ij}^{icp} – відносна поза, що є результатом роботи алгоритму ICP, який наклав хмару точок з кадру i на хмару точок кадру j . Це є вимірювання (Measurement) і це константа для оптимізатора.
- T_i – поза камери в момент часу i в групі Лі $SE(3)$.
- T_j – поза камери в момент часу j в групі Лі $SE(3)$.

Інерційна складова. Для обробки високочастотних даних IMU використано метод преінтеграції (On-Manifold Preintegration). Це дозволяє інтегрувати вимірювання акселерометра та гіроскопа між кадрами незалежно від оцінки стану, забезпечуючи спостережуваність метричного масштабу та вектора гравітації. Залишкова похибка IMU формується як різниця між преінтегрованим рухом та оцінкою стану в графі.

Візуальна складова. Замість мінімізації помилки репроекції окремих точок, візуальний фактор базується на щільній реєстрації хмар точок.

Результати експериментального дослідження. Валідація алгоритму проводилася на платформі Apple Silicon (M3). Порівняльний аналіз виконувався на датасетах EuRoC [2] (послідовності Machine Hall) та TUM-VI [3], що характеризується змінним освітленням та однорідними текстурами. Порівнювалися алгоритми: VINS-Mono [4], ORB-SLAM3 [5], BASALT [6] та запропонований MoGe-VIO. Результати наведено в таблиці 1. Найкращі результати виділені жирним, підкреслення – другий найкращий результат.

Таб.1. Порівняння ATE (середньоквадратична похибка абсолютної траєкторії) між різними системами на наборі даних EuRoC та TUM-VI.

	ATE(m)			
	VINS-Mono	ORB-SLAM3	BASALT	MoGe-VIO
MH1	0.15	<u>0.053</u>	0.08	0.012
MH2	0.16	0.079	<u>0.07</u>	0.027
outdoors1	<u>74.92</u>	111.21	255.04	42.45
outdoors2	133.34	<u>19.079</u>	64.64	3.59

Запропонована система Dense VIO ефективно забезпечує точну та стабільну навігацію навіть у складних безтекстурних середовищах.

Література

1. Wang R., Xu S., Dai C., Xiang J., Deng Y., Tong X., Yang J. Moge: Unlocking accurate monocular geometry estimation for open-domain images with optimal training supervision. Proceedings of the Computer Vision and Pattern Recognition Conference. 2025. Pp. 5261–5271. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2410.19115>
2. Burri M., Nikolic J., Gohl P., Schneider T., Rehder J., Omari S., Achtelik M., Siegwart R. The EuRoC micro aerial vehicle datasets. The International Journal of Robotics Research. 2016. Vol. 35, No. 10. Pp. 1157–1163. <https://doi.org/10.1177/0278364915620033>
3. Klenk S., Chui J., Demmel N., Cremers D. TUM-VIE: The TUM Stereo Visual-Inertial Event Dataset. 2021 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS). 2021. Pp. 5495–5502. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2108.07329>
4. Qin T., Li P., Shen S. VINS-Mono: A robust and versatile monocular visual-inertial state estimator. IEEE Transactions on Robotics. 2018. Vol. 34, No. 4. Pp. 1003–1017. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1708.03852>
5. Campos C., Elvira R., Rodríguez J. J. G., Montiel J. M. M., Tardós J. D. ORB-SLAM3: An accurate open-source library for visual, visual-inertial, and multimap SLAM. IEEE Transactions on Robotics. 2021. Vol. 37, No. 6. Pp. 1874–1890. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2007.11898>
6. Usenko V., Demmel N., Schubert D., Stücker J., Cremers D. Visual-Inertial Mapping with Non-Linear Factor Recovery. IEEE Robotics and Automation Letters. 2020. Vol. 5, No. 2. Pp. 422–429. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1904.06504>

Модель системи життєзабезпечення особи з кардіологічними розладами**Є.О. Винник, О.В. Кравченко***Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

У зв'язку зі стрімким збільшенням поширеності серцево-судинних захворювань (ССЗ) та високою частотою повторних госпіталізацій, актуальною є розробка моделі системи життєзабезпечення для пацієнтів із кардіологічними розладами. Під системою життєзабезпечення розуміється інтегрований підхід, який охоплює весь цикл: від первинної профілактики, ранньої діагностики, безперервного моніторингу і корекції до підтримки самоконтролю і життєвої активності.

Ключові компоненти моделі:

1. Оцінка ризику та скринінг: визначення факторів ризику (гіпертензія, дисліпідемія, ожиріння, малорухливість) та раннє виявлення кардіологічних змін.

2. Мультидисциплінарна координація: залучення кардіолога, сімейного лікаря, медсестри, реабілітолога та психолога для створення персоналізованого плану. Мета-аналіз показує, що мультидисциплінарні моделі сприяють зниженню артеріального тиску, HbA1c, ЛПНЩ та підвищенню ЛПВЩ.

3. Безперервний моніторинг та втручання: використання дистанційного моніторингу, електронних систем зв'язку, програми самоконтролю. У мета-аналізі для пацієнтів із хронічною серцевою недостатністю інтегрований підхід зменшив загальну смертність (RR 0.90) і госпіталізації (RR 0.84).

4. Підтримка способу життя та самоконтролю: освітні програми, мотиваційні інтервенції, залучення пацієнта і сім'ї. Наприклад, у системному огляді ефект інтегрованого догляду при фібриляції передсердь показав значне зменшення смертності (RR = 0.54) й госпіталізацій (RR = 0.72) порівняно з традиційною допомогою.

5. Оцінка якості й сталості моделі: важливо контролювати ефективність, задоволеність пацієнтів, витрати здоров'я. Огляд систем інтегрованої допомоги підкреслює, що успіх залежить від чіткого зв'язку між первинною та вторинною ланками, раннього після виписного супроводу й навчання команди.

Запропонована архітектура моделі: вхідний модуль (ризик, діагностика) → модуль моніторингу та втручання (терапія + спосіб життя) → модуль підтримки самоконтролю та реабілітації → модуль координації та зворотнього зв'язку. Такий підхід дозволяє не лише підвищити виживання, але й покращити якість життя пацієнта з кардіологічним захворюванням, зменшити кількість госпіталізацій і тривалість лікування.

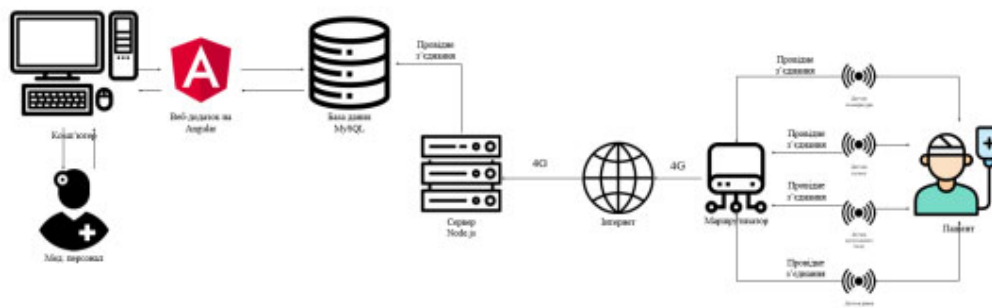


Рис. 1. Схематичне зображення архітектури IoT-системи для моделі системи життєзабезпечення особи з кардіологічними розладами

Дана схема складається з пацієнта, який датчиками температури, пульсу, артеріального тиску та рівня кисню під'єднаний до маршрутизатора, що передає дані через Інтернет на сервер. Сервер передає отримані дані в базу даних, взаємодія з якою можлива через веб-додаток, який розроблений за допомогою фреймворку Angular. Медичний персонал використовує комп'ютер, через який отримує візуалізацію стану пацієнта, а також вчасно реагувати на погіршення здоров'я останнього.

Отже, модель системи життєзабезпечення для осіб із кардіологічними розладами - це не просто медичне втручання, а системна, персоналізована та інтегрована стратегія, що відповідає сучасному баченню охорони здоров'я.

Література

1. Tu Q. et al. "The effects of multidisciplinary collaborative care on cardiovascular risk factors among patients with diabetes in primary care settings: a systematic review and meta-analysis." *International Journal of Integrated Care*. 2024.
2. Li Y., Zhao W., Huang J., et al. "Effect of Integrated Care on Patients With Atrial Fibrillation: A Systematic Review of Randomized Controlled Trials." *Frontiers in Cardiovascular Medicine*. 2022.
3. Valentijn P.P., Tymchenko L., Gruisen W., et al. "Effectiveness of Integrated Care for Diabetes Mellitus Type 2, Cardiovascular and Chronic Respiratory Diseases: A Systematic Review and Meta-Analysis." *Int. J. Integr. Care*. 2024.
4. McLoughlin S., et al. "A review of integrated heart failure care." *European J. Cardiovascular Nursing*. 2018.
5. Liu F., Liu F., Lin J., et al. "The Early Impact of the People-centred Integrated Care on the Hypertension Management in Shenzhen." *International Journal of Integrated Care*. 2023.

Problem statement of developing neural network tools for detecting objects in a video stream.

Horba D., Tereikovskiy I.

*National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*

Introduction. In the field of computer vision, the task of detecting and tracking objects in a video stream is fundamental for building intelligent systems. The growing volume of video data and the need for real-time processing impose stringent requirements on the accuracy, speed, and hardware efficiency of neural network models. The proliferation of edge computing and cloud services opens new opportunities for scalability, yet simultaneously creates challenges related to latency, privacy, and computational cost. A comparative analysis of modern architectures such as YOLO, SSD, and Faster R-CNN helps identify optimal approaches for specific scenarios and hardware platforms.

Problem Statement. The goal of this study is to formulate the problem of developing neural network tools for object detection in a video stream, specify performance criteria, and analyze potential optimization pathways. The main objectives are:

To analyze contemporary object detection architectures (YOLO, SSD, Faster R-CNN) in terms of accuracy, speed, and resource consumption.

To investigate algorithmic and hardware optimization methods (quantization, pruning, GPU/TPU acceleration) for deployment on edge and cloud platforms.

To evaluate the application of models in surveillance systems, autonomous robotic complexes, and industrial automation.

To identify key challenges related to scalability, low-latency processing, and ensuring data privacy.

Analysis of existing approaches and algorithms. Modern object detection systems in video streams rely on deep convolutional neural networks and range from single-stage to two-stage architectures. Single-pass models such as the YOLO and SSD families perform localization and classification within a single network pass, delivering acceptable accuracy with real-time processing even under limited computational resources. Two-stage approaches like Faster R-CNN generate region proposals first and then refine classes and coordinates, achieving higher accuracy on complex scenes but at the cost of increased inference time.

Video analytics tasks extend beyond individual frames, so detectors are paired with trackers that minimize misses and stabilize object trajectories. Combining detection with algorithms such as DeepSORT makes it possible to maintain a consistent ID counter, compensate for temporary occlusions, and increase overall system reliability. For scenarios with distributed infrastructure, hybrid pipelines are increasingly used: edge devices handle the initial detection, while cloud services take over more complex analytics, data aggregation, and long-term storage. This approach helps balance latency, cost, and privacy.

Further model optimization focuses on reducing computational load without critically degrading accuracy. Techniques like pruning, quantization, and knowledge distillation compactly encode weights and reduce the number of operations. At the deployment stage, frameworks such as TensorRT perform layer fusion, tensor reordering, and mixed-precision execution, accelerating inference on GPUs and specialized accelerators.

Table 2 summarizes recommendations for choosing optimization techniques based on platform constraints. Real-time system design also considers architectural optimizations (memory-aware scheduling, pipeline parallelism), because even minor delays can accumulate when scaling to dozens of streams.

References

1. Redmon, J., & Farhadi, A. (2018). YOLOv3: An Incremental Improvement. <https://arxiv.org/abs/1804.02767>
2. Liu, W., Anguelov, D., Erhan, D., Szegedy, C., Reed, S., Fu, C.-Y., & Berg, A. C. (2016). SSD: Single Shot MultiBox Detector. In ECCV 2016. https://doi.org/10.1007/978-3-319-46448-0_2
3. Ren, S., He, K., Girshick, R., & Sun, J. (2015). Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks. In NeurIPS 2015. <https://arxiv.org/abs/1506.01497>
4. Wojke, N., Bewley, A., & Paulus, D. (2017). Simple Online and Realtime Tracking with a Deep Association Metric. IEEE ICIP 2017. <https://doi.org/10.1109/ICIP.2017.8296962>
5. Li, X., Wu, J., & Zhang, J. (2021). A Cloud-Edge Collaborative Inference System for Real-Time Video Analytics. IEEE Internet of Things Journal, 8(18), 14274–14286. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2021.3057780>
6. NVIDIA Corporation. (2023). NVIDIA TensorRT Developer Guide. <https://docs.nvidia.com/deeplearning/tensorrt/>

IoT-система контролю сцени для кіберспортивних заходів**М. Д. Данілов, О.М. Сіпко***Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

У контексті стрімкого розвитку кіберспортивних подій зростають вимоги до стабільності та узгодженості сценічних технічних систем. Сцена кіберспортивного турніру включає мережеве, мультимедійне, світлове, звукове та комп'ютерне обладнання, що працює в режимі реального часу й потребує постійного контролю [1].

Традиційні підходи до керування сценою залежать від роботи персоналу й не забезпечують оперативного виявлення збоїв, перегрівів або критичних технічних станів [2]. Інтеграція IoT-технологій дозволяє отримувати актуальні дані про стан обладнання, автоматизувати виконання сценаріїв і значно підвищити надійність технічного забезпечення[1].

Розроблена IoT-система контролю сцени включає такі підсистеми:

1. Моніторинг обладнання: Сенсори фіксують температуру, навантаження, напругу та технічний стан обладнання. Дані передаються до MQTT-серверів і відображаються у реальному часі. Система дозволяє прогнозувати збої та попереджати персонал.

2. Автоматизація світла та звуку: IoT-модулі інтегруються з професійними пультами керування. Алгоритми дозволяють автоматично запускати світлові сценарії, реагувати на події, перемикаати режими та підвищувати точність виконання шоу-ефектів.

3. Система безпеки та доступу: Контроль доступу до сценічних зон реалізований на основі RFID/QR-ідентифікації. Камери та датчики руху забезпечують моніторинг безпеки, а лог доступу фіксується в єдиній системі.

4. Аналітика та звітність: Система збирає статистику про роботу обладнання, частоту збоїв, температуру, навантаження та час реакції персоналу. Дані використовуються для оптимізації процесів та планування обслуговування.

5. WBS-структура проєкту.

Така структура дозволяє логічно розподілити роботи, визначити відповідальних та оцінити ресурси. IoT-технології відкривають нові можливості для контролю сцени під час кіберспортивних заходів, зокрема забезпечують збір даних із датчиків температури, навантаження, напруги та освітлення та інші.

Література

1. Егбе Г. А. (2020) 'Моделі та методи безпечної маршрутизації в IoT', Електронний архів ХНУРЕ [online]. URL: <https://openarchive.nure.ua/entities/publication/5c14bc2a-ac4f-4f37-af8ce6885c549140> [Accessed 25 Oct. 2025].

2. Міхенко Я. О. (2021) Модифікований метод передачі даних в мережі Інтернету Речей, Електронний архів КПІ [online]. URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/8e1cd61fc1e2-4ed9-bb2a-a987a1639e39/content> [Accessed 25 Oct. 2025].

Архітектура автоматизованої IoT системи розумного поливу міських парків

В.Ю. Дегтяренко, М.М. Степанов

Київський національний університет ім. Т.Г. Шевченка

Забезпечення сталого розвитку міських зелених зон та раціонального використання водних ресурсів є ключовим завданням муніципальної інфраструктури, особливо в умовах урбанізації та кліматичних змін. Традиційні системи поливу працюють за фіксованим графіком і не враховують стан ґрунту, погодні умови та потреби рослин, що призводить до перевитрати води та зниження ефективності догляду за насадженнями.

Використання IoT дозволяє безперервно збирати дані з сенсорів і аналізувати їх у реальному часі, автоматично контролювати вологість ґрунту, температуру, освітленість, опади та витрату води. Це дає змогу інтелектуально регулювати полив залежно від реальних потреб рослин, знижуючи витрати води та енергії і покращуючи стан зелених зон [1].

Міські парки мають різні потреби у водопостачанні залежно від типу ґрунту, рослин і пори року. IoT-рішення інтегрують сенсори в єдину платформу для централізованого моніторингу та формування оптимальних графіків поливу. Система автоматично реагує на зміни погоди та запобігає непотрібному споживанню води. Сучасні Smart Irrigation Systems на базі LoRa та NB-IoT [2],[4] підтверджують ефективність таких підходів у міських зелених зонах.

Розроблена IoT-система розумного поливу побудована за чотирирівневою архітектурною моделлю, що включає рівні пристроїв, з'єднання, обробки даних та взаємодії з користувачем (Рис. 1).

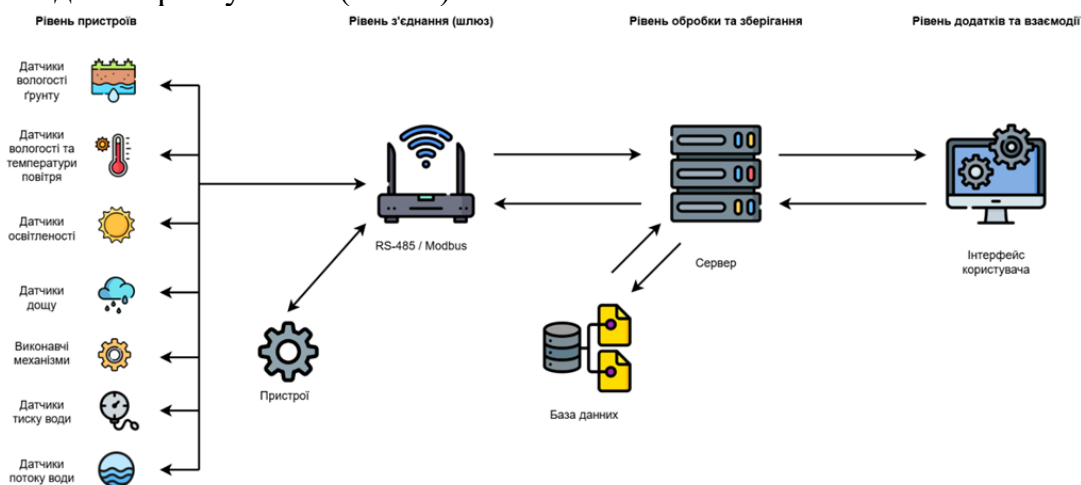


Рис. 1. Архітектура IoT-системи розумного поливу міських парків

На рівні сенсорів здійснюється збір даних про стан ґрунту, кліматичні умови та водоспоживання. Використовуються сенсори вологості ґрунту, температури та вологості повітря, освітленості, опадів і витрати води, що

дозволяє формувати комплексне уявлення про стан зелених зон у реальному часі та аналізувати тенденції змін [3],[4].

Дані передаються до шлюзів, які конвертують протоколи (LoRaWAN, NB-IoT, Modbus TCP/IP), фільтрують помилкові значення та готують інформацію для серверної обробки. Це зменшує навантаження на сервери, забезпечує надійну передачу даних і безперервність роботи системи [2],[5].

Серверна частина відповідає за зберігання, агрегацію та аналітику даних, формує оптимальні графіки поливу, прогнозує потреби в воді та контролює ефективність використання ресурсів. Аналітика включає оцінку пріоритетних зон, ризику пересихання ґрунту та часу включення системи подачі води, що підтверджує ефективність централізованого управління [2].

Користувачі взаємодіють із системою через веб- або мобільний інтерфейс, відслідковують стан парку, отримують сповіщення про критичні ситуації та можуть коригувати режими поливу. Інтеграція з платформами «розумного міста» дозволяє централізовано управляти водними ресурсами та проводити аналітику [3],[5].

Запропонована архітектура забезпечує комплексний контроль стану ґрунту та навколишнього середовища, своєчасне реагування на зміни умов та високу сумісність із міською інфраструктурою. Подальший розвиток передбачає застосування алгоритмів машинного навчання, розширення мобільного функціоналу та масштабування системи, що підвищує ефективність водоспоживання та покращує екологічний стан зелених зон.

Література

1. Shah, H., 2022. Routing in Internet of Things: A review. Journal of Communications and Media, [online]. Доступно: https://www.researchgate.net/publication/384076146_Routing_in_Internet_of_Things_A_review [Дата звернення 8 Жовтень 2025].
2. IoT Sensing for Advanced Irrigation Management: A Systematic Review, 2023. Sensors Journal, [online]. Доступно: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11991392/> [Дата звернення 8 Жовтень 2025].
3. Smart Irrigation Technologies and Prospects for Enhancing Water Use Efficiency, 2021. MDPI Water, [online]. Доступно: <https://www.mdpi.com/2624-7402/7/4/106> [Дата звернення 8 Жовтень 2025].
4. Research and Development of an IoT Smart Irrigation System for Farmland using LoRa and EC-IoT architecture, 2022. MDPI Electronics, [online]. Доступно: <https://www.mdpi.com/2073-4395/15/2/366> [Дата звернення 8 Жовтень 2025].
5. Efficient Secure Routing Mechanisms for the Low-Powered WSN-IoT, 2021. MDPI Sensors, [online]. Доступно: <https://www.mdpi.com/2079-9292/12/3/482> [Дата звернення 8 Жовтень 2025].

Імітаційна модель процесу водоочищення з використанням нечіткої логіки**В.В. Дяченко, М.Л. Сукало, Ю.О. Лебеденко***Київський національний університет технологій та дизайну*

У доповіді представлено методологію побудови адаптивної системи керування процесами очищення та знезараження води, яка поєднує класичні методи автоматичного регулювання з сучасними інтелектуальними підходами. Актуальність роботи зумовлена необхідністю забезпечення стабільної якості питної води при мінімізації енергетичних та реагентних витрат в умовах змінних властивостей вихідної води та наявності невизначеностей.

Об'єктом дослідження є процеси знезараження води, динаміка яких описується нелінійними рівняннями з урахуванням температурних залежностей, рН та кінетики розпаду дезінфектантів. Предметом дослідження є адаптивні алгоритми керування, нечітка логіка та методи багатокритеріальної оптимізації, реалізовані у середовищі MATLAB/Simulink шляхом застосування Level-2 S-Function.

У роботі проаналізовано модель кінетики знезараження на основі моделі Чіка–Вотсона та сформовано критерії оптимізації відповідно до вимог ДСТУ 7525:2014. Оптимізаційна задача включає мінімізацію перерегулювання, витрат реагентів та енергоспоживання при забезпеченні нормативних показників якості води. Для пошуку оптимальних налаштувань було застосовано еволюційний метод NSGA-II, що дає змогу отримувати компромісні рішення між суперечливими критеріями.

Запропоновано гібридну структуру керування, яка поєднує адаптивний ПІД-регулятор з нечітким модулем корекції параметрів. Для нечіткої системи сформовано функції приналежності та базу правил, що забезпечує компенсацію збурень та підвищення точності регулювання. До складу моделі включено S-Function модуль `water_tank_level2`, який описує гідродинаміку резервуара та зміну концентрації хлору. Структурна схема моделі системи адаптивного керування рівнем води та концентрацією хлору в MATLAB/Simulink зображено на Рис.1.

Моделювання проводилося протягом 300 с при заданих значеннях рівня води 1.5 м та концентрації хлору 0.35 мг/л. Отримано 9053 розрахункові точки з кроком інтегрування 0.033 с, що забезпечило точне відтворення динаміки системи. Рівень води характеризувався середнім значенням 1.4691 м, стандартним відхиленням 0.1351 м та перерегулюванням 10.55 %. Концентрація хлору мала середнє значення 0.3204 мг/л, стандартне відхилення 0.0670 мг/л і мінімальне перерегулювання 2.06 %.

Статистичний аналіз підтвердив високу якість регулювання. Похибка рівня води має математичне сподівання $\mu = 0.0309$ м та стандартне відхилення $\sigma = 0.1351$ м із розподілом, близьким до нормального. Похибка концентрації хлору характеризується $\mu = 0.0296$ мг/л та $\sigma = 0.0670$ мг/л. Фазовий портрет

виявив нелінійну залежність між параметрами, що підтверджує складність внутрішньої динаміки та доцільність використання адаптивно-нечіткого підходу.

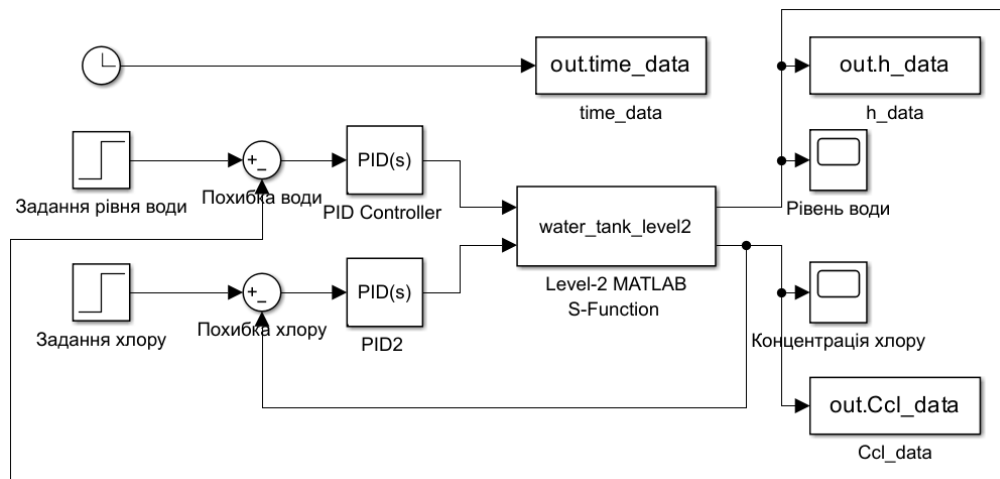


Рис. 1. Структурна схема моделі системи адаптивного керування рівнем води та концентрацією хлору в MATLAB/Simulink

Отримані результати демонструють, що застосування оптимізованого нечіткого адаптивного регулятора дозволяє підвищити стабільність системи, зменшити витрати реагентів і забезпечити надійне дотримання нормативних показників якості питної води. Запропонований підхід може бути інтегрований у сучасні системи автоматизації водоочисних споруд.

Література

1. Mohindru, P. (2024). Review on PID, fuzzy and hybrid fuzzy PID controllers for controlling non-linear dynamic behaviour of chemical plants. *Artificial Intelligence Review*, 57, 97. <https://doi.org/10.1007/s10462-024-10743-0>
2. Caicedo-Bejarano, L.D., Morante-Caicedo, A., Castro-Narváez, S.P. & Serna-Galvis, E.A. (2024). Alternative and classical processes for disinfection of water polluted by fungi: A systematic review. *Water*, 16(7), 936. <https://doi.org/10.3390/w16070936>
3. Xiong, Q., Peng, S., Chen, Y. & Liu, J. (2024). Enhanced NSGA-II algorithm based on novel hybrid crossover operator for bi-objective reservoir operation optimization. *Scientific Reports*, 14, 30419. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-80419-w>
4. Derzhavniy standart Ukrainy (DSTU) 7525:2014. (2015). Voda pytna. Vymohy ta metody kontroliuvannya yakosti [Drinking water. Requirements and methods of quality control]. Kyiv: DP «UkrNDNTs». [in Ukrainian].
5. Neugebauer, M., Glowacki, S., & Kolomanski, K. (2023). Fuzzy logic control for watering system. *Scientific Reports*, 13, 17799. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-45203-2>

Архитектура IoT-системи відстеження місцеположення громадського транспорту

К.І. Завадський, М.М. Степанов

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

У роботі представлено концепцію побудови інтелектуальної IoT-системи для моніторингу руху громадського транспорту в реальному часі. Основна увага приділена архітектурі системи, яка включає апаратний рівень збору даних, канали передачі, серверну обробку та візуалізацію результатів. Запропонована модель спрямована на підвищення точності визначення місцеположення, скорочення часу реакції на зміни трафіку та покращення аналітичних можливостей операторів транспортної мережі. Проведено тестування програмних модулів та алгоритмів прогнозування, що довело ефективність системи при великій кількості одночасних підключень.

Ефективне управління транспортними потоками є однією з головних проблем сучасного міського середовища. Традиційні системи відстеження руху не завжди забезпечують належну точність, особливо в умовах щільного трафіку [1]. Розвиток технологій Інтернету речей (IoT) відкриває нові можливості для побудови систем реального часу, які здатні збирати, аналізувати та передавати дані з транспортних засобів безпосередньо на сервери управління [2].

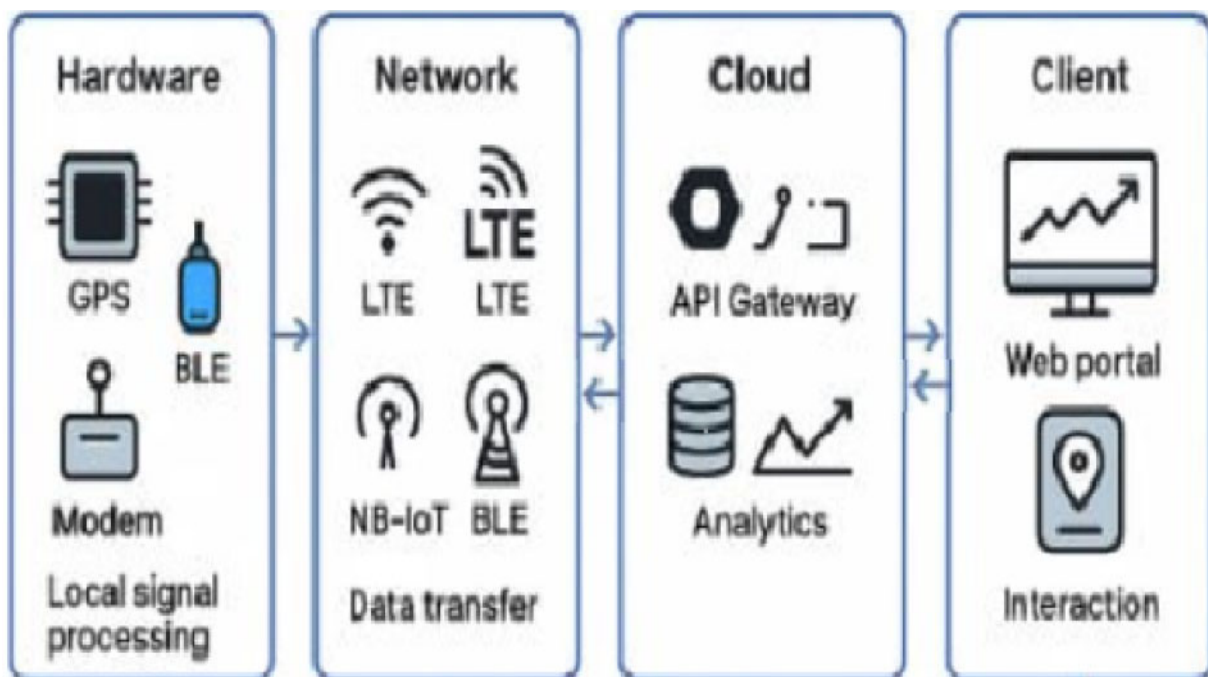


Рис. 1. Архітектура запропонованої IoT-екосистеми

Запропонована архітектура складається з чотирьох рівнів: фізичного, рівня передачі даних, серверного та аналітичного. На фізичному рівні використовуються GPS-модулі, датчики пасажиропотоку та сенсори швидкості. Рівень передачі даних базується на технологіях 4G/LTE та LoRaWAN для забезпечення безперервного зв'язку[2]. Серверна частина реалізована на основі Docker і Kubernetes, що забезпечує масштабованість та надійність. Аналітичний рівень здійснює обробку та візуалізацію даних, включаючи прогнозування часу прибуття за допомогою алгоритмів машинного навчання[3].

Проведене тестування на моделі транспортної мережі з 50 віртуальними одиницями показало середній час оновлення даних 7 секунд [3]. Точність прогнозування часу прибуття транспортних засобів склала 91%, що перевищує показники аналогічних систем. Система стабільно функціонує при високих навантаженнях і забезпечує автоматичне відновлення після втрати зв'язку. Цей рівень точності значно знижує час очікування пасажирів і підвищує довіру та надійність до громадського транспорту[4].

Розроблена архітектура IoT-системи дозволяє підвищити ефективність використання сучасних технологій збору та обробки даних у транспортній галузі. Запропонована архітектура є масштабованою, адаптивною та придатною для інтеграції в існуючі міські системи управління. Подальші дослідження передбачають удосконалення алгоритмів прогнозування пасажиропотоку та застосування штучного інтелекту для динамічного планування маршрутів.

Література

1. Zakutynskiy, I. (2023). IoT System Architecture for Monitoring and Analyzing Public Transport Data. *Malque Scientific Journal*, 8(1). <https://malque.pub/ojs/index.php/msj/article/view/1121>
2. Elijah, O., et al. (2023). Public Bus Fleet Tracking Using BLE Systems. *Frontiers in Internet of Things*, 3, 1255995. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/friot.2023.1255995/full>
3. Sarraf, M., et al. (2020). Development of an IoT Based Real-Time Traffic Monitoring System. *Procedia Computer Science*, 170, 257–264. <https://www.sciencedirect.com/article/pii/S2589791820300207>
4. Ushakov, D. (2022). The Internet of Things Impact on Smart Public Transportation. *Transportation Research Procedia*, 55, 56–63. <https://www.sciencedirect.com/article/pii/S2352146522005300>

Система автоматизованого моніторингу швейного обладнання з використанням технології інтернету речей

К.О. Захаров, М.Л. Сукало

Київський національний університет технологій та дизайну

У сучасному висококонкурентному промисловому середовищі критично важливими факторами для швейного виробництва є швидкість, якість та безперервність технологічного процесу. Це породжує гостру необхідність створення автоматизованих систем діагностики та моніторингу швейного обладнання в режимі реального часу. Такі рішення дають змогу завчасно ідентифікувати ознаки деградації критичних вузлів, оперативно усувати потенційні несправності та мінімізувати непередбачувані простої. Метою роботи є розробка системи автоматизованої діагностики стану швейного обладнання на базі технології Інтернету речей (IoT) для реалізації концепції прогностного обслуговування (PdM).

Система передбачає мультисенсорний моніторинг вібрації, шуму та температури 12 машин, об'єднаних в єдину мережу. Реалізація виконана у SCADA-системі Zenon, де здійснюється пороговий аналіз середньоквадратичних значень (RMS) вібрації та шуму. Візуалізація стану обладнання реалізована за допомогою колірної індикації (зелений/жовтий/червоний) на інтерактивному плані цеху. Оцінка ефективності показує, що завчасна ідентифікація критичних змін параметрів дозволяє значно скоротити аварійність та забезпечує швидку окупність інвестицій.

Ефективна робота швейного виробництва суттєво залежить від зменшення незапланованих зупинок технологічного обладнання. Будь-яка раптова відмова швейної машини призводить до економічних втрат, порушення ланцюгів постачання, зниження продуктивності та якості виробів. Існуючі стратегії технічного обслуговування — реактивне, планово-попереджувальне та прогностне — демонструють різний рівень ефективності. Прогностне обслуговування (PdM), яке базується на аналізі даних у реальному часі, є найбільш сучасним та економічно доцільним підходом. За даними галузевих досліджень, впровадження PdM дає змогу зменшити незаплановані простої на 30–50% та скоротити витрати на обслуговування на 10–25%.

Використання технології Інтернету речей (IoT) є ключовим фактором реалізації PdM. IoT забезпечує збір, передачу та обробку технологічних параметрів обладнання у реальному часі, створюючи єдину інтелектуальну систему контролю. Для швейних машин найбільш інформативними параметрами є вібрація, шум та температура. Зростання вібрації сигналізує про дисбаланс або знос підшипників, підвищення шуму — про тертя або неправильну роботу механізмів голководія, збільшення температури — про критичне зростання навантаження та наближення поломки.

Розроблена система діагностики базується на двошаровій IoT-архітектурі

та включає 12 швейних машин з установленими сенсорами вібрації, шуму та температури. Дані передаються через мікроконтролери ESP32 на MQTT-брокер Mosquitto, після чого надходять до SCADA-системи Zenon, яка виконує обробку, аналіз, візуалізацію та архівування параметрів. Передача даних реалізована у форматі JSON або числових значень з частотою 1 Гц.

У SCADA Zenon створено набір технологічних змінних для кожної машини, реалізовано пороговий аналіз (Limit Function Blocks), автоматичні скрипти зміни станів обладнання, кольорову індикацію на плані цеху та архівацію даних у модулі Zenon Historian. Такий підхід забезпечує змогу швидко оцінювати стан обладнання, відстежувати тенденції зміни параметрів та ідентифікувати ранні ознаки деградації вузлів.

Для реалізації системи були обрані такі сенсори: ADXL345 для вимірювання вібрації, MAX9814 для акустичного контролю та DS18B20 для температурного моніторингу. Їх вибір обґрунтовано точністю, доступністю, цифровими інтерфейсами та простотою інтеграції у великомасштабні IoT-проекти.

Економічна оцінка показує, що система забезпечує щорічну економію приблизно 11 700 доларів США за рахунок зменшення простоїв, кількості реактивних ремонтів та обсягів бракованої продукції. Загальна інвестиція становить близько 8 600 доларів, що забезпечує період окупності проєкту приблизно 9 місяців.

Література

1. Zhang, Y., Wang, K., Chen, X. and Wang, S. (2015) 'A Prognostics and Health Management Framework for Industrial Equipment', *Engineering Failure Analysis*, 55, pp. 194–206.
2. Khan, A., Habib, M., Ali, S. and Ullah, I. (2023) 'The Role of IoT in Enhancing Predictive Maintenance in Manufacturing Industries', *American Journal of Interdisciplinary Studies*, 6(1), pp. 1–10.
3. Zhao, Y., Liu, Z. and Chen, H. (2022) 'Fault Diagnosis of Rolling Bearings Using a Deep Convolutional Neural Network', *Applied Sciences*, 12(16), p. 8081.
4. Li, X., Jia, M., Zhang, L. and Chen, W. (2019) 'An IoT-Based Intelligent Predictive Maintenance System for Rotating Machinery', *IEEE Access*, 7, pp. 91526–91539.
5. Elkateb, S. (2024) An Innovative Online Monitoring System in Knitting Industry. Available at: <https://www.researchgate.net> (Accessed: 2024).
6. Korpela, J. (2023) Implementing Machine Learning for Predictive Maintenance in Industrial Environments. Available at: <https://www.diva-portal.org> (Accessed: 2024).
7. Kumar, R. and Singh, P. (2022) 'Smart Factory Monitoring Using MQTT Protocol and SCADA Integration', *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 13(4), pp. 112–119.
8. Kim, S. (2024). Predictive Maintenance System based on IoT and Machine Learning for Smart Factory. *STUME Journals*, 4(3), 97-105. [<https://stumejournals.com/journals/i4/2024/3/97>]

Архітектура IoT системи моніторингу стану мостових споруд

Г.О. Кнопов, О.М. Сіпко

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Мостові споруди є критичними елементами транспортної інфраструктури, від технічного стану яких залежить безпека руху. Через зношеність мостів та обмеженість ресурсів для їх регулярного обслуговування актуальним є впровадження автоматизованих систем моніторингу, здатних виявляти пошкодження на ранніх етапах. Традиційні періодичні інспекції не дозволяють отримувати оперативну інформацію, тому застосування IoT-технологій у поєднанні з аналітичними алгоритмами відкриває можливість побудови систем безпеки мостів.

Системи структурного моніторингу (SHM — Structural Health Monitoring) широко використовуються для оцінки стану інфраструктури. Сучасні рішення базуються на сенсорних мережах, що вимірюють напруження, деформації, вібрації та температурні впливи. Прикладом є SmartBridge Hamburg (Німеччина), який демонструє ефективність поєднання IoT і прогностичних аналітичних моделей [1].

В Україні потреба у подібних системах зумовлена високим рівнем зношеності мостів і зростанням транспортних навантажень.[4] Відсутність централізованих рішень ускладнює оперативне управління, тому створення національної IoT-платформи моніторингу має стратегічне значення для підвищення безпеки та оптимізації технічного обслуговування. – Рис. 1

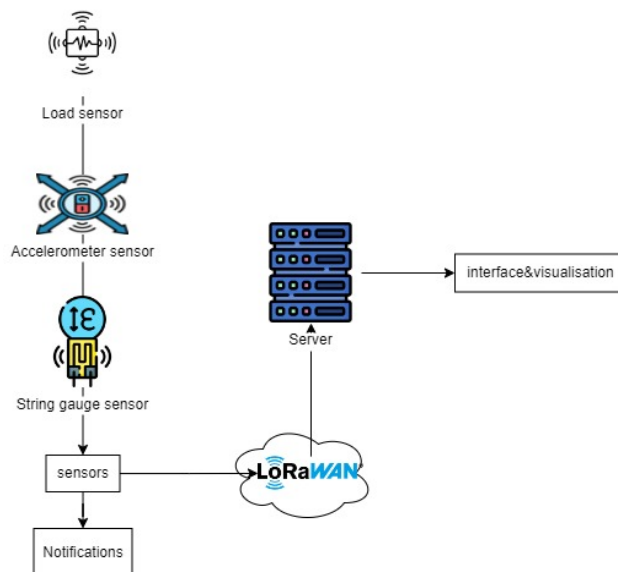


Рис. 1. Архітектура IoT системи моніторингу стану мостових споруд

Архітектура системи має трирівневу структуру, яка охоплює апаратний, обчислювальний і візуалізаційно-керувальний рівні. На апаратному рівні

застосовуються тензOMETричні, вібраційні та інклінометричні сенсори для контролю деформацій, коливань і зміщень елементів мосту, а також погодні модулі, що враховують вплив зовнішніх факторів. Передача даних здійснюється через шлюзи з підтримкою LoRaWAN, що забезпечує енергоефективний зв'язок на великі відстані. На рівні обробки та зберігання дані спочатку проходять локальну попередню обробку — фільтрацію шумів, нормалізацію сигналів та виявлення аномалій — після чого передаються на хмарну платформу (AWS або Google Cloud IoT Core) для подальшої аналітики та прогнозування стану конструкцій. Завершальний рівень — візуалізація та керування — реалізований у вигляді веб-інтерфейсу BridgeSustaining Dashboard, який відображає показники в реальному часі, генерує звіти, створює графіки змін параметрів і забезпечує сповіщення про критичні відхилення. Крім того, адміністратор системи може дистанційно змінювати конфігурацію сенсорних вузлів і порогові значення для адаптації системи під різні типи мостових споруд [2,3].

Розроблена IoT-система моніторингу стану мостових споруд забезпечує комплексний контроль конструкцій у реальному часі, сприяючи підвищенню безпеки руху та ефективному управлінню інфраструктурними ресурсами. Її модульна архітектура дозволяє масштабувати рішення під різні об'єкти, інтегрувати нові типи сенсорів і розширювати функціональні можливості. Подальший розвиток системи передбачає впровадження моделей прогнозного технічного обслуговування, інтеграцію з міськими цифровими платформами управління транспортом, а також застосування енергетично автономних сенсорів із живленням від сонячних панелей. У перспективі планується використання алгоритмів штучного інтелекту для автоматичного аналізу зображень і структурних патернів коливань, що забезпечить ще вищий рівень точності діагностики. Таким чином, проєкт BridgeSustaining формує основу інтелектуальної екосистеми управління мостовими об'єктами, яка поєднує апаратні, аналітичні та програмні компоненти в єдину масштабовану IoT-інфраструктуру.

Література

1. Hamburg Port Authority. (2021) *SmartBridge Hamburg monitoring system*. [online] Available at: <https://sustainableworldports.org/project/hamburg-port-authority-smartbridge/> [Accessed 21 Oct. 2025].
2. Amazon Web Services. (2025) *What is AWS IoT Core*. [online] Available at: <https://aws.amazon.com/ru/iot-core/> [Accessed 21 Oct. 2025].
3. Google Cloud. (2023) *What is Google Cloud IoT Core*. [online] Available at: <https://cloud.google.com/blog/topics/developers-practitioners/what-cloud-iot-core> [Accessed 21 Oct. 2025].
4. Korniev, M. and Ditkovskyi, S. (2020) *Assessment of bridge reliability in Ukraine*. [online] Available at: <http://dorogimosti.org.ua/en/ocinka-nadiynosti-mostiv-v-ukraini> [Accessed 21 Oct. 2025].

Архітектура ІОТ системи життєдіяльності акваферми

О.О. Кравець, О.В. Кравченко

Київський національний університет ім. Т.Г. Шевченка

Сучасна аквакультура потребує постійного моніторингу параметрів водного середовища, адже навіть незначні зміни температури, рівня кисню або кислотності можуть призвести до зниження продуктивності чи загибелі риби. Традиційний ручний контроль займає багато часу та не забезпечує необхідної точності. Тому впровадження систем на основі технологій Інтернету речей (ІоТ) стає ключовим напрямом автоматизації процесів в аквафермах, дозволяючи здійснювати збір, аналіз і управління даними в реальному часі.

Проведений аналіз показав, що основні проблеми акваферм — це відсутність безперервного моніторингу, затримки у реагуванні на відхилення параметрів і неефективне використання ресурсів. Запропонована система передбачає використання п'яти сенсорів (температури, кисню, рН, мутності, рівня води), які передають дані до контролера Raspberry Pi або NodeMCU V3 через MQTT чи HTTPS. Аналіз аналогів Microsoft FarmBeats, ThingsBoard та AquaManager довів ефективність поєднання автоматизації, хмарного зберігання та аналітики: від FarmBeats — прогнозування стану, від ThingsBoard — тригери реагування, від AquaManager — інтеграцію технічних і економічних даних [1]-[3].

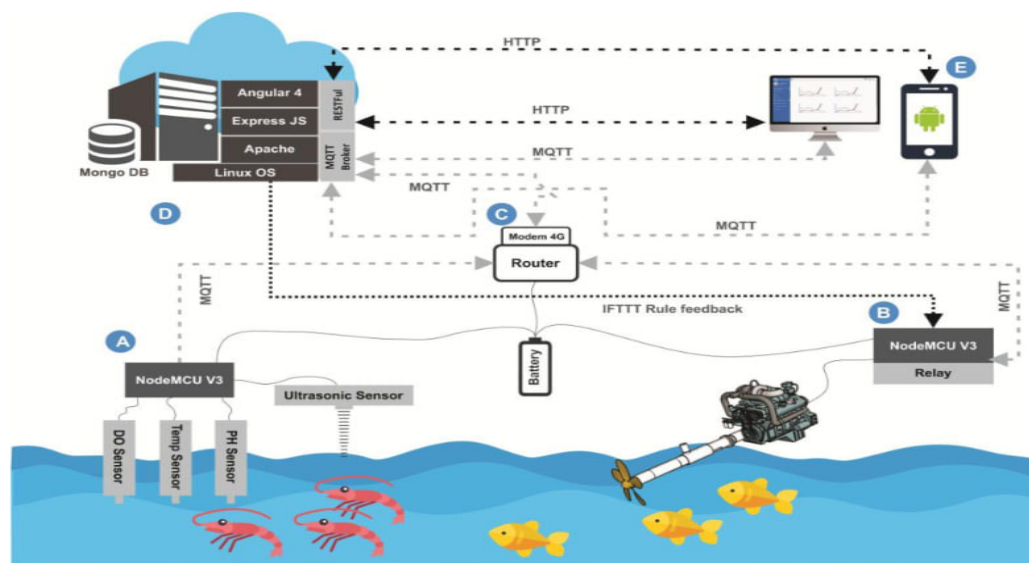


Рис 1. Архітектура ІоТ-системи забезпечення життєдіяльності акваферми

Архітектура системи побудована за багаторівневою моделлю, що охоплює всі етапи від збору даних до взаємодії з користувачем. На сенсорному рівні у водоймі встановлені датчики температури, кисню, рН, мутності та рівня води,

які формують телеметрію для подальшої обробки. Контролер Raspberry Pi або NodeMCU V3 зчитує дані з сенсорів, нормалізує показники та передає їх на сервер. У разі критичних відхилень система може автоматично активувати обладнання, наприклад аератор, нагрівач або кормушку [4]. Серверна частина, реалізована на базі Linux, Apache та Express.js, приймає дані й зберігає їх у базі MongoDB. Вона також порівнює показники з допустимими межами, формує тривоги та генерує команди для обладнання. Логіка автоматизації базується на принципі “якщо — то” (IF–THEN): наприклад, якщо рівень розчиненого кисню нижчий за 5 mg/L, вмикається аератор; якщо температура падає нижче порога — активується нагрів [5]. На рівні користувача оператор отримує доступ до веб-дашборду або мобільного застосунку, де може переглядати графіки, історію даних, повідомлення про тривоги та здійснювати ручне керування. Мережева взаємодія між компонентами системи здійснюється за допомогою стандартних протоколів: сенсори передають дані на контролер через 1-Wire, I²C, UART або аналогові входи; контролер взаємодіє із сервером через MQTT або HTTPS із TLS-шифруванням; сервер надсилає зворотні MQTT-команди на обладнання, а оператор отримує сповіщення через веб-дашборд, електронну пошту або Telegram. У результаті аналізу було визначено оптимальну архітектуру IoT-системи моніторингу акваферми, що поєднує сенсорні модулі, шлюз-контролер, серверну частину з базою даних і веб-інтерфейс. Такий підхід забезпечує повний цикл управління — від збору даних до автоматичного реагування. Подальша реалізація проєкту передбачає створення веб-платформи з інтегрованими графіками та системою сповіщень, а також розширення функціоналу за рахунок AI-модулів для прогнозування стану водного середовища. У майбутньому система може бути масштабована для використання у великих господарствах або інтегрована з мобільним додатком для віддаленого моніторингу [5].

Література

1. MST Global, 2023. HELIX Mining Platform. [online]. Доступно: <https://mstglobal.com/iot-for-mining>.
2. Hexagon / Leica Geosystems, 2023. HxGN GeoMonitoring Hub. [online]. Доступно: <https://leica-geosystems.com>.
3. Softengi, 2022. Industrial Asset Tracking — IoT solution for industrial safety. [online]. Доступно: <https://softengi.com/projects/industrial-asset-tracking-iot-solution-on-guard-of-coal-mines/>.
4. King Pigeon, 2023. S372 Coal Mine Safety Monitoring Solution. [online]. Доступно: <https://www.iot-solution.com/iotsolutions/s372-coal-mine-safety-monitoring-solution-c00107c1.html>.
5. Triax Technologies, 2023. Spot-r Safety System. [online]. Доступно: <https://www.triaxtec.com/industries/mining>.

IoT-система для існуючої SCADA/PLC-системи біогазового комплексу: концепція реалізації

М.В. Кривченко, О.В. Кравченко

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Сучасні біогазові комплекси потребують постійного моніторингу складу газу, технологічних параметрів біореакторів та стану обладнання. Класичні SCADA/PLC-системи виконують управління і збір даних, але часто обмежені у кількості точок вимірювання, гнучкості передачі даних і можливостях аналітики. Інтеграція шару IoT дозволяє розширити спостереження (sensor-fusion), зібрати довгострокову телеметрію, впровадити ML-модулі для прогнозування та підвищити стійкість системи – що критично для підвищення продуктивності й безпеки комплексу.

Біогаз утворюється внаслідок анаеробного бродіння органічної сировини (господарські відходи, силос, гній тощо). Класична схема процесу включає етапи: гідроліз → ацидогенез → ацетогенез → метаногенез; кожен з етапів має свою чутливість до температури, pH, часу утримання (HRT) та органічного навантаження (OLR). Управління цими параметрами безпосередньо впливає на продуктивність (обсяг і склад біогазу) та стабільність процесу.

Типова біогазова установка містить: підготовку/завантаження сировини, біореактори (однокамерні/багатокамерні), систему перемішування, систему збору і очищення газу (конденсація, дегідратація, H₂S-скрубери), паливну станцію/ДГУ або підготовку до подачі в газову мережу. Ключові контрольні величини: температура біореактора (зона мезофільна/термофільна), pH/ORP, вологість/вміст сухих речовин, рівень й об'єм газу, склад газу (CH₄, CO₂, H₂S), обороти мішалки/насосів та подача субстрату. Для безпечної роботи критично відслідковувати H₂S і O₂ у газі (поява кисню – ознака витoku/повітряного доступу).

На практиці найчастіше зустрічаються такі проблеми: (1) деградація та зміщення показів газових сенсорів (особливо NDIR) через високу вологість і забруднення пробовідбірних ліній; (2) «розрідженість» сенсорів у великому біореакторі, що ускладнює просторовий контроль процесів; (3) брак централізованого історичного масиву даних для побудови надійних ML-моделей; (4) відсутність вбудованих механізмів превентивного обслуговування і адаптивного керування; (5) ризики надійності телеметрії та кібербезпеки при додаванні IoT-пристроїв.

Мета дослідження – розробити і підтвердити працездатність прототипу IoT-рівня, що доповнює SCADA/PLC-систему біогазового комплексу, з акцентом на: (а) підвищенні якості вимірювань (sensor-fusion + калібрування), (б) прогнозуванні обсягу та складу газу на горизонті 24-72 годин, (в) впровадженні модулю виявлення аномалій та концепту PdM, (г) забезпеченні стійкості каналу передачі і базового рівня кібербезпеки.

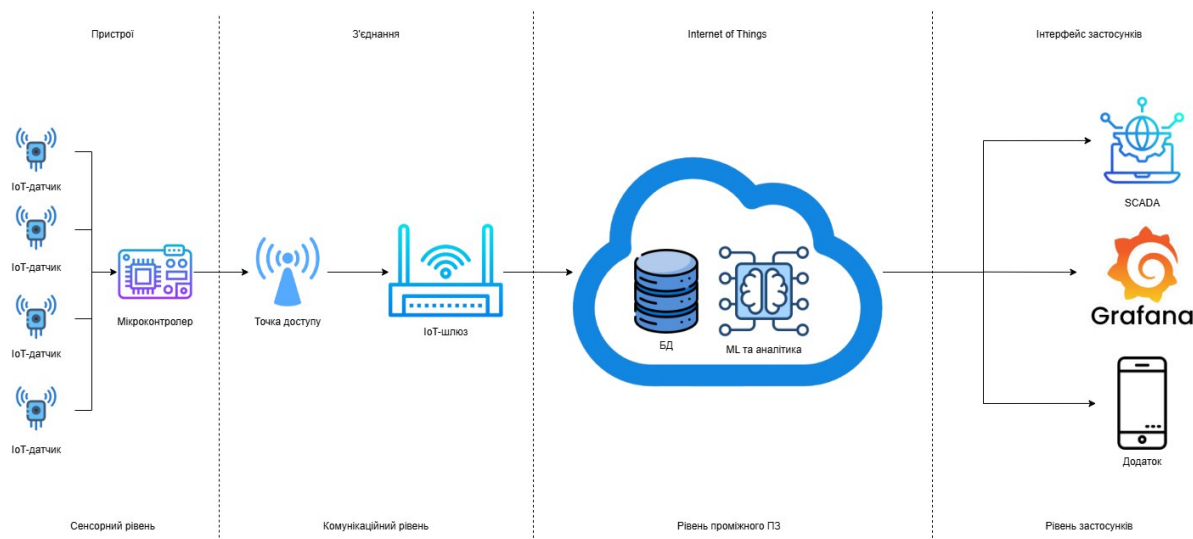


Рис. 1. Схематичне зображення архітектури IoT-системи для біогазового комплексу

Основу IoT-рівня для біогазового комплексу складають різні типи датчиків ($\text{CH}_4/\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$, pH, температура, рівні, витрати, вібрація, струм), розташовані по майданчику й на газовій магістралі. Датчики підключені до локальних вузлів (ESP32 / промислові вузли), що передають телеметрію через Wi-Fi або через MQTT до шлюзу, який одночасно працює як міст до PLC/SCADA (Modbus/OPC-UA). На edge-рівні виконується синхронізація часових міток, фільтрація та буферизація, а у бекенді – зберігання в time-series БД (InfluxDB/ PostgreSQL), візуалізація (Grafana/ThingsBoard) і аналітика. Дані обробляються алгоритмами sensor-fusion, часовими моделями (прогноз 24-72 год) і алгоритмами виявлення аномалій / PdM, результати яких доступні оператору через дашборди та оповіщення. Інтеграція з існуючою SCADA дозволяє доповнювати керування рекомендаціями з аналітики, не порушуючи критичного контролю PLC. Переваги підходу – реальний час збору даних, підвищена точність вимірювань, прогнозування вироблення й зниження простоїв.

Отже, інтеграція IoT зі SCADA підвищує точність контролю, дозволяє прогнозувати роботу біогазового комплексу та швидко реагувати на відхилення, забезпечуючи стабільність і ефективність виробництва.

Література

1. An overview of process monitoring for anaerobic digestion. Journal/ScienceDirect, 2021. Доступно: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1537511021000957>>.
2. Smart Biogas Plant Monitoring System Using Internet of Things (IoT) Technology. ScitePress, 2022. Доступно: <<https://www.scitepress.org/Papers/2022/119556/119556.pdf>>.
3. The Promotion of Anaerobic Digestion Technology. MDPI, 2024. Доступно: <<https://www.mdpi.com/2073-4441/16/24/3718>>.

Архітектура IoT екосистеми життєзабезпечення фабрики з виготовлення авторської лінійки косметики

В.А. Кундрат, О.С. Бондаренко

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

У сучасних умовах розвитку виробничих технологій дедалі більшої актуальності набуває використання IoT-технологій. Враховуючи актуальність автоматизації для підвищення ефективності виробництва, в роботі пропонується розробка архітектури IoT-системи для фабрики, що займається виготовленням авторської лінійки косметики.

Впровадження інтернету речей у виробництво косметики дозволяє контролювати важливі параметри, такі як мікроклімат, енергоспоживання, якість сировини та безпеку приміщень. Забезпечення стабільності цих параметрів напряду впливає на якість кінцевого продукту, тривалість виробничого циклу та витрати підприємства, що робить застосування IoT-технологій особливо важливим для цієї сфери.

Проектована IoT-система для фабрики косметики передбачає моніторинг виробничого середовища в реальному часі за допомогою датчиків температури, вологості, CO₂, освітленості та руху. Дані надходять на сервер через шлюз, де виконуються їх обробка, зберігання та аналіз. Це створює можливість оперативного реагування на відхилення та забезпечує підтримання оптимальних умов технологічного процесу.

Така система є надійним інструментом для підвищення ефективності та конкурентоспроможності фабрики (Рис. 1).

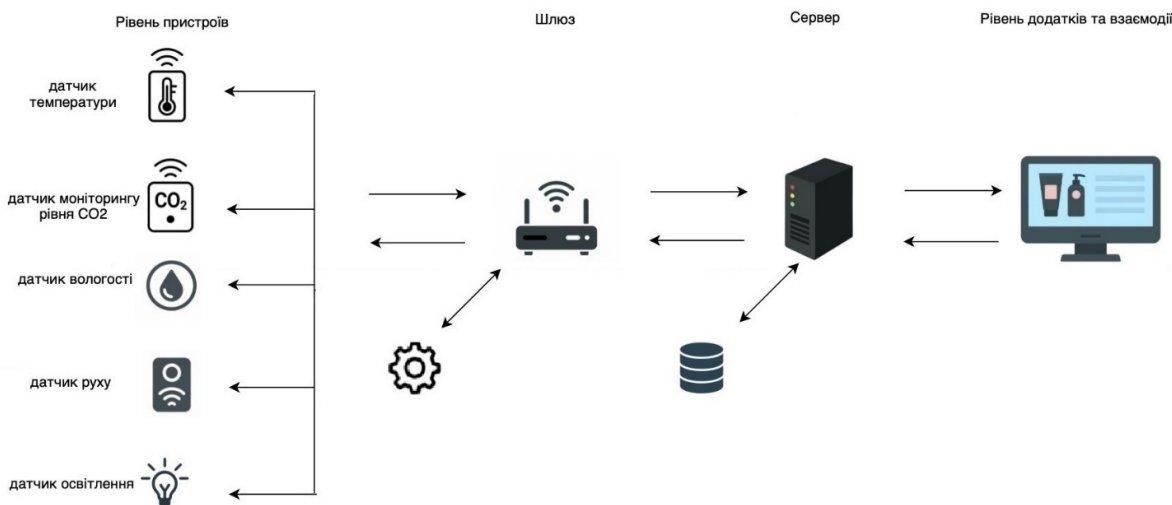


Рис. 1. Архітектура IoT екосистеми життєзабезпечення фабрики з виготовлення авторської лінійки косметики

Апаратна частина системи складається з сенсорів для моніторингу виробничого середовища: датчик AM2320 вимірює температуру та вологість з

високою точністю і низьким енергоспоживанням, датчик MQ135 контролює рівень вуглекислого газу, активуючи вентиляцію при необхідності, а датчик BH1750 автоматично регулює освітленість, забезпечуючи комфорт і енергоефективність. Крім того, датчик руху RCWL-0516 виявляє присутність людей у виробничих зонах, що підвищує безпеку та оптимізує роботу обладнання. Отримані дані обробляються сервером, який взаємодіє з програмним забезпеченням верхнього рівня. Цей рівень відповідає за моніторинг параметрів у реальному часі, генерацію попереджень, формування аналітичних звітів та підтримку прийняття управлінських рішень. Завдяки цьому забезпечується безперервний контроль технологічних умов, скорочення простоїв та підвищення стабільності виробничих процесів [2].

Окрім цього, запропонована архітектура є масштабованою, що дозволяє розширювати систему новими сенсорами та модулями без суттєвих змін у базовій інфраструктурі. Це забезпечує довгострокову гнучкість рішення та можливість його адаптації до зростаючих потреб виробництва.

Система забезпечує можливість автоматичного коригування умов на основі зібраних даних, що підвищує адаптивність фабрики до змін зовнішніх факторів. Додатково вона надає інтерфейс для візуалізації показників, що дозволяє персоналу контролювати стан виробництва без необхідності постійного ручного вимірювання та аналізу.

Запропонована IoT-система для фабрики косметики автоматизує процес моніторингу умов виробництва за допомогою датчиків температури, вологості, CO₂, освітленості та руху, що дає змогу оперативно реагувати на зміни, впливаючи на якість продукції. Використання інтелектуальних алгоритмів для аналізу та прогнозування оптимізує витрати енергії, підвищує безпеку та зменшує вплив людського фактора, що сприяє створенню гнучкої і конкурентоспроможної фабрики, здатної забезпечити високу якість і адаптивність до змін. Крім того, система здійснює моніторинг у реальному часі, забезпечуючи безперервне вдосконалення виробничих процесів.

Актуальність такої системи зростає в умовах постійно змінюваних вимог до виробничих стандартів, підвищення конкуренції та необхідності адаптації до нових технологій у сфері виробництва. Впровадження IoT-рішень стає важливим кроком до забезпечення стабільності, підвищення ефективності та збереження лідерських позицій на ринку.

Література

1. Міщук, Є. та Міщук, Д. 2020. Системи промислової автоматизації на основі IoT. Automation and Information Technology. Київський національний університет будівництва і архітектури.

2. Zheng, W., Liu, M., Liu, C., Wang, D. and Li, K., 2023. Recent Advances in Sensor Technology for Healthcare and Biomedical Applications (Volume II). Sensors, 23(13), p.5949. DOI:10.3390/s23135949.

3. Інформація по датчикам, [online] Доступно: <<https://vseplus.com>> [Дата звернення 8 жовтня 2025].

Архітектура ІОТ екосистеми для комфортного перебування у смарт-готелі

Машевська Є.О., Терещук Г. М.

Київський Національний Університет імені Тараса Шевченка

Розвиток технологій Інтернету речей (ІоТ) стає ключовим напрямом у сфері гостинності, відкриваючи можливості для автоматизації та підвищення комфорту в готелях. Смарт-системи дозволяють керувати освітленням, температурою, вологістю, енергоспоживанням і безпекою в реальному часі, створюючи персоналізоване середовище для кожного гостя. Завдяки цьому готелі можуть знижувати операційні витрати та підвищувати якість сервісу.

На сьогодні в Україні немає комплексних ІоТ-рішень для смарт-готелів, які б повністю інтегрували всі системи комфорту та автоматизації в єдину екосистему. Наш проєкт спрямований на створення саме такого рішення - платформи, що поєднує управління температурою, освітленням, вентиляцією та іншими параметрами кімнати відповідно до індивідуальних вподобань гостей. Система також адаптуватиметься до режиму дня користувача, забезпечуючи максимально комфортні умови.

ІоТ-архітектура смарт-готелю включає рівні автоматизації та моніторингу через датчики температури, вологості, освітленості, руху та безпеки. Усі компоненти об'єднані в мережу та керуються центральним контролером, що оптимізує комфорт гостей і зменшує витрати.

Перший рівень - пристрої - включає сенсори та актуатори, які збирають дані про навколишнє середовище. Сенсори вимірюють температуру, вологість та освітленість, а актуатори автоматично регулюють ці параметри, забезпечуючи оптимальний комфорт для гостей.

Другий рівень - рівень з'єднання - відповідає за передачу даних між пристроями та центральною системою через шлюз, який забезпечує стабільну передачу і попередню обробку інформації. Це зменшує навантаження на основну систему та дозволяє швидко реагувати на зміни чи збої, здійснюючи базову обробку на шлюзі. На третьому рівні - обробка та зберігання даних - сенсори передають інформацію в базу даних для обробки та аналітики, що дозволяє автоматично коригувати умови, такі як температура, освітлення і енергоспоживання, забезпечуючи комфорт і знижуючи витрати.

Останній рівень - додатки та взаємодія - забезпечує взаємодію користувача з системою через інтерфейси для налаштування умов у номері, моніторингу стану системи та комунікації з персоналом.

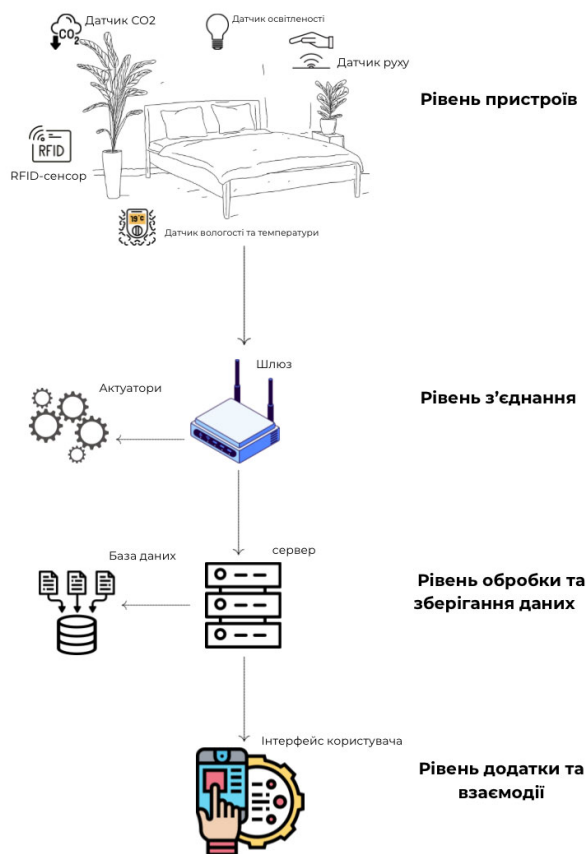


Рис. 1 Архітектура IoT-системи

IoT система смарт-готелю автоматизує життєзабезпечення та дозволяє економити ресурси. Завдяки моніторингу та аналізу умов перебування гостей, система оптимізує використання енергії, знижуючи витрати на електроенергію та покращуючи енергоефективність. Автоматичне налаштування температури, освітлення та інших параметрів створює індивідуальні умови для кожного гостя, підвищуючи комфорт і зменшуючи витрати енергії. Система включатиме застосунок із підключенням IoT-пристроїв: камери, датчики руху, CO2, температури та вологості, а також контролери для дверей, вікон і жалюзів.

Література

1. Xiaoyan Liu , “The evolution of smart hotels”, - доступно : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844024025039> [Дата звернення 6 Жовтня 2025].
2. Vinh Vo Phu, “IoT in the Hospitality Industry: How Does IoT Benefit Hotels?», - Доступно : <https://www.internationaljournalssrg.org/IJEEE/2024/Volume11-Issue10/IJEEE-V11I10P101.pdf> [Дата звернення 6 Жовтня 2025]

IoT система збору даних про споживання електроенергії**С.Б. Миськів, М.Б. Вітер***Національний транспортний університет, Київ, Україна*

Стрімкий розвиток Інтернету речей (IoT) відкриває нові можливості для моніторингу енергоспоживання в реальному часі. Використання смарт-пристроїв, таких як розетки та домашні сенсори з відкритим програмним забезпеченням Tasmota, у поєднанні з хмарними технологіями дозволяє створити гнучкі та недорогі системи для збору деталізованих даних. Перевага цього методу полягає в можливості агрегувати дані з численних пристроїв та доповнювати їх контекстною інформацією, як-от температура, вологість чи час доби.

Метою даного дослідження є демонстрація процесу створення автоматизованої системи збору даних про споживання електроенергії на прикладі IoT девайсів з прошивкою Tasmota та MQTT-брокера Flespi.

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) є легковаговим протоколом обміну повідомленнями, спеціально розробленим для IoT-пристроїв з обмеженими ресурсами. Його переваги – мінімальне навантаження на мережу, підтримка постійного з'єднання та ефективна доставка даних навіть за нестабільного Інтернет-з'єднання. Використання MQTT у представлений системі забезпечує надійний обмін даними між пристроями та сервером, а також спрощує масштабування мережі смарт-розеток без потреби у складній конфігурації.

Оскільки під час роботи системи можливі перебої з електропостачанням, що може призводити до появи пропусків у даних, важливим етапом є попередня обробка. Вона включає агрегацію показників, очищення та заповнення пропусків у часових рядах для забезпечення їх неперервності. До прикладу, дні у які були присутні відключення світла, можуть бути виключені з вибірки або ж використані як окремий датасет для тренування нейронної мережі.

Система побудована на архітектурі, де пристрої передають показники через локальну мережу Wi-Fi на хмарний MQTT-сервер. Далі спеціалізований сервіс, розроблений на ASP.NET Core, підписується на відповідні MQTT-теми, отримуючи дані для подальшої обробки.

Отримані структуровані набори даних зберігаються у форматі CSV або в базі даних, що робить їх придатними для подальшого використання. Таким чином можливе створення адаптивної системи, що перемикається між сценаріями виконання.

Таким чином, представлена система є масштабованим та надійним інструментом для моніторингу електроенергії. Хоча існують виклики, пов'язані із синхронізацією даних та забезпеченням їх повноти, зібрані часові ряди створюють міцну основу для застосування класичних статистичних методів прогнозування таких як ARIMA та SARIMA, так і для більш комплексних гібридних моделей на основі штучного інтелекту.

ІоТ-екосистема забезпечення умов проживання тварин у зоопарку м. Київ**В.М. Михальченко, Г.М. Терещук***Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

У сучасних умовах розвитку технологій ІоТ з'явилася велика кількість рішень для автоматизації процесів управління та моніторингу в різних галузях. Однією з таких галузей є зоопарки, де важливо підтримувати оптимальні умови для тварин. Задача автоматизації цих процесів включає в себе моніторинг температури, вологості та освітленості, що необхідні для комфортного існування тварин. Впровадження ІоТ-рішень дозволяє знизити потребу в ручному втручанні, підвищити ефективність догляду та забезпечити здоров'я тварин. В Україні на даний момент відсутні подібні системи, що робить розробку та впровадження таких рішень актуальними для поліпшення умов утримання тварин у зоопарках [1].

Проаналізувавши доступні варіанти датчиків та програмних рішень для зоопарку, було обрано Milesight EM300-TH для моніторингу температури та вологості через підтримку LoRaWAN, що дозволяє віддалено передавати дані на великі відстані. Для датчика відкриття дверей вибрано Milesight WS301, який також підтримує LoRaWAN і має вбудовану функцію виявлення спроби демонтажу. Для моніторингу рівня освітленості в тераріумах обрано Milesight EM500-LGT, що вимірює інтенсивність світла, важливу для підтримки умов для рептилій [2].

Для програмних рішень як приклади було обрано ZIMS та Zoo-Smart Sensing Systems [3, 4]. ZIMS забезпечує централізоване збереження даних про тварин, а Zoo-Smart Sensing Systems використовує ІоТ-датчики для моніторингу середовища проживання тварин.

Обрані рішення дозволяють створити ефективну систему моніторингу та управління умовами середовища, що забезпечить оптимальні умови для тварин та підвищить рівень автоматизації та безпеки в зоопарку.

Система моніторингу стану середовища для тварин складається з чотирьох рівнів (рис. 1), які взаємодіють для забезпечення ефективного функціонування та управління умовами проживання тварин. На першому рівні використовуються датчики для моніторингу таких параметрів, як температура, вологість, освітленість та відкриття дверей. Актuatorи, які коригують ці параметри в реальному часі, також розміщуються на цьому рівні. Це дозволяє створювати оптимальні умови для тварин.

Дані, зібрані датчиками, передаються через шлюз, який перетворює сигнали з технології LoRaWAN у формат MQTT для ефективної передачі на наступний рівень. LoRaWAN забезпечує зв'язок на великі відстані, а протокол MQTT дозволяє передавати дані з мінімальним навантаженням на мережу.

Дані, що передаються через шлюз, обробляються та зберігаються на центральному сервері в базі даних, що дозволяє зберігати історичні дані для аналізу і виявлення тенденцій, які можуть вказувати на необхідність коригування умов.

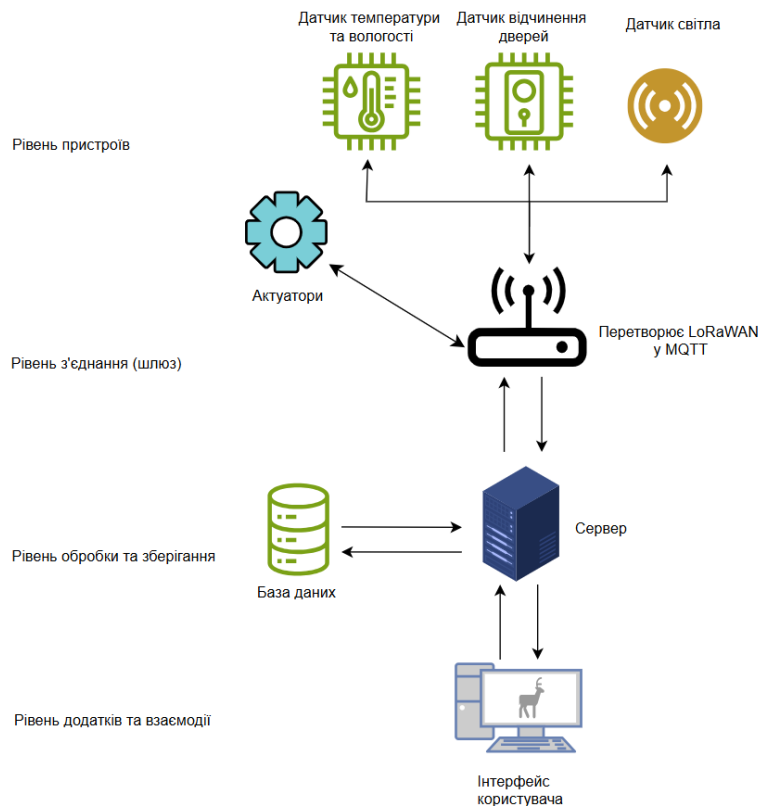


Рис. 1. Архітектура IoT-екосистеми забезпечення умов проживання тварин у зоопарку

Користувач взаємодіє з системою через графічний інтерфейс, доступний через веб- або мобільний додаток.

Майбутнє проектне рішення полягає в розробці інтегрованої IoT-системи для зоопарку, яка забезпечить автоматизований моніторинг і коригування умов середовища для тварин. Реалізація системи забезпечує зручний графічний інтерфейс для користувачів, що дозволяє відслідковувати дані в реальному часі, коригувати умови та отримувати сповіщення при необхідності.

Література

1. IoT in Smart Animal Monitoring Systems - IoT Journal [online] – Доступно: <<https://www.irjweb.com/Smart%20Animal%20Health%20Monitoring.pdf>> [Дата звернення 8 Жовтня 2025].
2. Датчик Milesight EM300-TH, Milesight WS301 та Milesight EM500-LGT [online] – Доступно: <<https://www.milesight.com/>> [Дата звернення 8 Жовтня 2025].
3. Species360 [online] – Доступно: <<https://species360.org/>> [Дата звернення 8 Жовтня 2025].
4. ETH Zurich [online] – Доступно: <<https://pbl.ee.ethz.ch/flagship-projects/zoo-smart-sensing-systems.html>> [Дата звернення 8 Жовтня 2025].

Архітектура IoT-системи моніторингу стану поранених у польових шпиталях

П.А. Невгасима, О.В. Кравченко

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Зростання військових дій та надзвичайних ситуацій робить питання швидкого та якісного надання медичної допомоги особливо актуальним. У шпиталях, де умови є складними та ресурси є обмеженими, ефективність лікування залежить від швидкості рішень і точності діагностики [1].

Використання IoT-технологій у моніторингу пацієнтів забезпечує автоматизований збір і аналіз даних у реальному часі, підвищуючи контроль за життєвими показниками та дозволяючи лікарям своєчасно реагувати на критичні стани за допомогою сповіщень.

Розроблена IoT-система дозволяє лікарям і медичним працівникам отримувати актуальну інформацію про стан пацієнта в реальному часі, автоматично зчитуючи, оброблюючи та передаючи медичні показники пацієнтів.

Створення ефективного прототипу, який демонструє можливість постійного моніторингу життєвих показників навіть у складних польових умовах завдяки використанню надійних сенсорів і стабільному зв'язку між компонентами системи є важливим компонентом у наших реаліях [2].

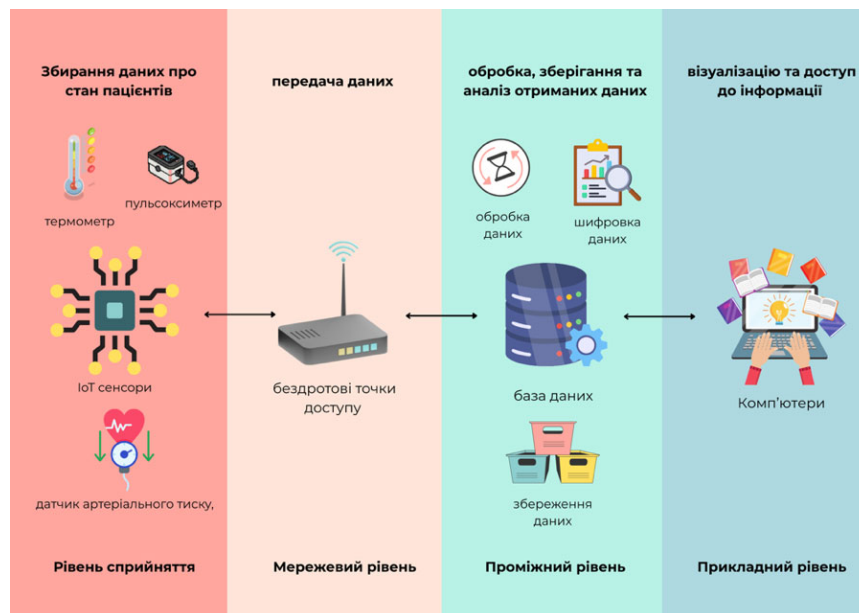


Рис. 1. Архітектурна схема IoT системи моніторингу стану поранених у шпиталях

Архітектура системи складається з чотирьох рівнів: рівень сприйняття до якого входять основні сенсори (пульсоксиметр, термометр, датчик тиску), що зчитують життєві показники пацієнтів. Загалом цей рівень відповідає за

збирання даних про стан пацієнта. Мережевий рівень, що складається з бездротових засобів зв'язку, які передають дані до центрального вузла. Проміжний рівень – серверна частина системи, де відбувається обробка, шифрування, зберігання та аналіз даних. Прикладний рівень, де знаходиться сам інтерфейс користувача, що забезпечує відображення даних, графіків і сповіщень для медичного персоналу.

В цілому система забезпечує повний цикл – від збору та передавання даних до їх візуалізації, що сприяє своєчасному реагуванню на критичні зміни стану пацієнтів.

Запропонована система IoT для моніторингу стану поранених у польових шпиталях має на меті скоротити час прийняття рішень медичним персоналом і зменшити ризик фатальних наслідків через запізнілу реакцію.

Щоб підвищити шанси на збереження життя, автоматизація збору даних, централізованої бази та інтелектуальної аналітики дозволяє оперативно реагувати на критичні зміни у стані пацієнтів. Таким чином, використання IoT-технологій у сфері охорони здоров'я покращує якість медичної допомоги, особливо в умовах обмежених ресурсів і часу.

У майбутньому планується впровадити повноцінну систему, яка включатиме: переносні термометри, які відстежують температуру, пульс, сатурацію та артеріальний тиск; модуль обробки даних, що автоматично аналізує дані та визначає важливі відхилення від норми; базу даних, яка зберігатиме всі параметри пацієнтів для майбутнього аналізу; веб-додаток, який показуватиме життєві показники на графіках і дашбордах, сповіщатиме лікарів та медсестер у разі виявлення небезпечного стану.

Система буде розроблена за принципом модульної архітектури, що дозволить легко розширювати її для підтримки додаткових функцій, таких як встановлення нових сенсорів, інтеграції з іншими медичними інформаційними системами.

В майбутньому, така IoT-система може стати важливим компонентом телемедичних рішень у майбутньому, оскільки вони дозволяють відстежувати стан здоров'я пацієнтів із відстані, проводити аналітику стану здоров'я в реальному часі та реагувати на критичні ситуації негайно.

Загалом, впровадження розробленої IoT-системи сприятиме підвищенню ефективності роботи медичного персоналу, зменшенню людського фактору в процесі моніторингу та підвищенню шансів на збереження життя поранених у польових умовах.

Література

1. A. M. Miotti, S. Tikvina, A. Calzavara, M. Nesoti, E. Zilli. 2024. The importance of healthcare monitoring systems. [online]. Доступно: https://academic.oup.com/eurpub/article/34/Supplement_3/ckae144.2130/7843804.

2. Mohamed A. Abdelfattah, Sina S. Jamali, Navid Kashaninejad and Nam-Trung Nguyen. 2025. Wearable biosensors for health monitoring: advances in graphene-based technologies. [online]. Доступно: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2020/nd/d5nh00141b>.

Використання технологій цифрових двійників та доповненої реальності для підвищення ефективності керування теплоенергетичними установками

В.В. Полупан, П.О. Новаковський

Національний університет харчових технологій

Теплоенергетичні установки (котли, теплообмінники, парові системи) є критичними об'єктами енергозабезпечення харчових виробництв. Традиційні системи автоматизації часто не забезпечують необхідної адаптивності через складну динаміку процесів, зношеність обладнання та відсутність прогнозного керування.

Технологія цифрового двійника дозволяє створити точну математичну модель фізичного об'єкта, синхронізовану з реальним часом за допомогою датчиків і SCADA-систем. Інтеграція доповненої реальності забезпечує візуалізацію параметрів процесу безпосередньо на об'єкті (AR-окуляри або планшет), що значно скорочує час реакції оператора й мінімізує людський фактор [1, 2].

Запропонована концепція базується на трьох взаємопов'язаних підсистемах (рис. 1):

Модель цифрового двійника (DT Model): аналітичне ядро на базі термодинамічних рівнянь та машинного навчання для прогнозування параметрів (тиску, температури, витрат).

Підсистема візуалізації (AR Interface): інтерактивне відображення стану вузлів у 3D із кольоровим маркуванням відхилень.

Підсистема прийняття рішень (Decision Support): алгоритми оптимізації режимів роботи для зменшення питомих енерговитрат.

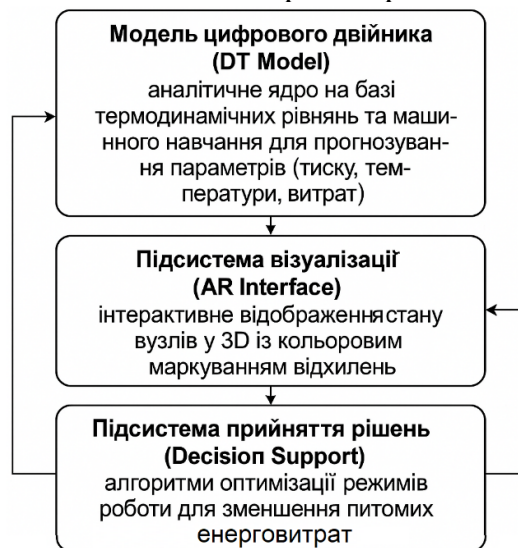


Рис. 1. Схема реалізації концепції підвищення ефективності керування теплоенергетичними установками

Для моделювання використовується платформа MATLAB/Simulink, а для потокової аналітики – Apache Kafka та Node-RED, що забезпечує роботу у режимі реального часу. Результати моделювання наведено у таб.І.

Таб.І

Порівняльна характеристика ефективності

Параметр	Традиційна система	Система з DT + AR	Зміна, %
Час реакції оператора, с	14-18	4-6	–65 %
Похибка вимірювання температури, °С	±3,5	±1,2	–66 %
Енерговитрати на одиницю продукції, кВт·год/т	128	110	–14 %
Час діагностики несправностей, хв	20	7	–65 %

Джерело: власне моделювання на основі експериментів з парогенератором типу ДКВР-2,5/13.

Отримані результати свідчать, що впровадження цифрових двійників у поєднанні з AR-інтерфейсом дозволяє підвищити точність і швидкість керування, забезпечуючи зниження енерговитрат і підвищення загальної надійності системи [3–5].

Технології Digital Twin і Augmented Reality є перспективними інструментами модернізації теплоенергетичних систем підприємств харчової промисловості. Їх інтеграція в автоматизовані системи керування дозволяє реалізувати прогнозне керування параметрами, оптимізувати енергоспоживання та підвищити інформативність операторського контролю. Подальші дослідження доцільно спрямувати на розроблення інтелектуальних алгоритмів самонавчання цифрового двійника та стандартизацію AR-протоколів для промислових середовищ.

Література

Grieves, M., 2014. Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication. Florida Institute of Technology.

Tao, F., Zhang, H., Liu, A. and Nee, A.Y.C., 2019. Digital Twin in Industry: State-of-the-Art, IEEE Transactions on Industrial Informatics, 15(4), pp. 2405–2415.

Kritzinger, W., Karner, M., Traar, G., Henjes, J. and Sihn, W., 2018. Digital Twin in manufacturing: A categorical literature review and classification, IFAC-PapersOnLine, 51(11), pp. 1016–1022.

Azuma, R., 1997. A Survey of Augmented Reality, Presence: Teleoperators & Virtual Environments, 6(4), pp. 355–385.

Литвиненко, О. В., Сокіл А. В., 2023. Моделювання енергетичних систем із використанням цифрових двійників. Наукові вісті НТУУ «КПІ», 4, с. 47–53.

Архітектура розумної IoT-системи клімат-контролю в бомбосховищах**В.Р. Новіков, М.В. Гладка***Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

Надзвичайні ситуації, такі як природні катастрофи чи військові конфлікти, вимагають створення надійних і комфортних умов у бомбосховищах для тривалого перебування людей. Традиційні системи вентиляції та обігріву не забезпечують адаптації до змінних умов, таких як коливання температури або рівня забруднення зовнішнього повітря. Це призводить до надмірного споживання енергії та зниження комфорту. Розумні IoT-системи дозволяють автоматизувати керування кліматом, що робить систему більш енергоефективною та адаптивною до змінних умов [1].

Бомбосховища мають різні вимоги до клімат-контролю, що залежить від їхнього типу та призначення (приватні, громадські чи промислові). Приватні укриття потребують компактних рішень із низьким енергоспоживанням, а великі громадські бомбосховища вимагають масштабної інфраструктури для обробки даних від багатьох датчиків. Складність реалізації полягає в швидкій реакції на зміни кількості людей, рівня вологості і температури, а також обмежений доступ до зовнішнього джерела живлення [2].

IoT-система клімат-контролю в бомбосховищах має модульний підхід, який дозволяє адаптувати рішення до різних сценаріїв використання [3]. Завдяки цій модульності система може інтегруватися і з іншими технологіями, такими як системи безпеки або розумне освітлення, що створить комплексне рішення для бомбосховищ. Використання енергоефективних методів, наприклад рекуперації тепла, зменшує залежність від зовнішніх джерел енергії, що особливо важливо в критичних умовах.

Архітектура системи, зображена на рисунку 1, базується на модульних компонентах, що включають датчики для моніторингу температури, вологості, якості повітря (CO₂, шкідливі гази) та руху, а також модульний контролер Raspberry Pi для обробки даних і керування актуаторами. Виконуючі пристрої, такі як вентилятори, осушувачі/зволожувачі, клапани для блокування зовнішньої вентиляції та обігрівачі, регулюють клімат через команди від контролера. Користувацький інтерфейс, розроблений на Flask, дозволяє клієнтам (ПК, смартфони) через локальну Wi-Fi-мережу моніторити параметри в реальному часі та налаштовувати систему. Локальна база даних зберігає дані для аналізу, а модульна структура дозволяє додавати нові компоненти.

Майбутнє проектне рішення передбачає масштабування системи для різних типів бомбосховищ шляхом додавання модулів і вдосконалення веб-інтерфейсу на Flask для взаємодії з користувачами. Реалізація включатиме в себе розгортання недорогих контролерів із підтримкою бездротових мереж і підключення альтернативних джерел енергії для автономної роботи. Система буде стійкою до збоїв завдяки офлайн-режиму та резервним модулям, що забезпечує її універсальність та надійність в критичних ситуаціях.

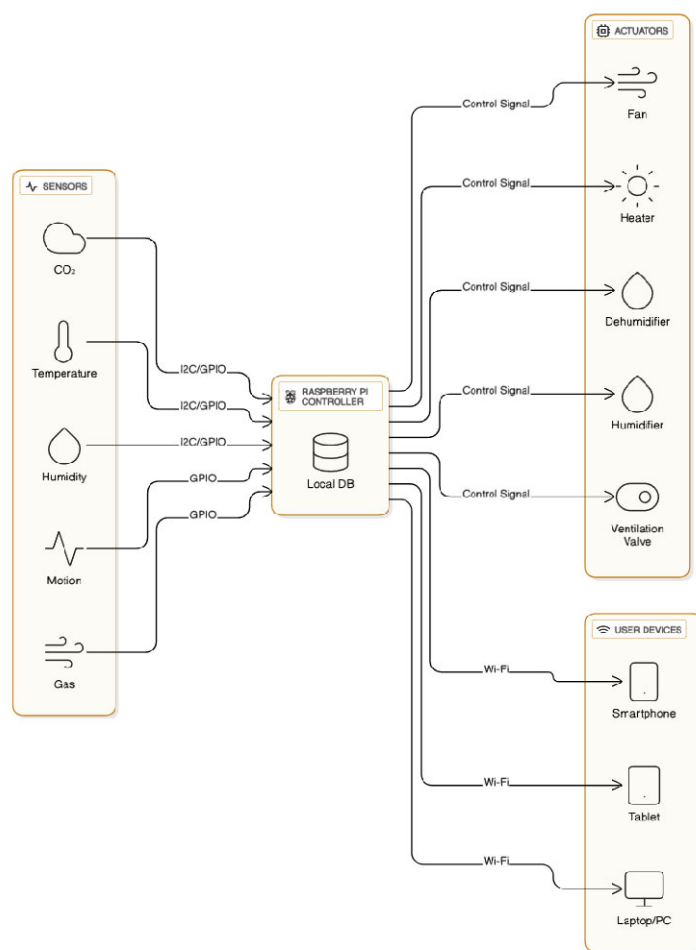


Рис. 1. Архітектура розумної IoT-системи клімат-контролю в бомбосховищах

Запропонована архітектура забезпечує зручність для користувачів завдяки веб-інтерфейсу на Flask, який відображає дані в реальному часі та дозволяє вручну керувати актуаторами.

IoT-системи клімат-контролю в бомбосховищах буде реалізована на мові програмування Python для керування контролером Raspberry Pi, із використанням SQLite для локальної бази даних.

Література

1. Mak, K., 2022. Easy climate monitoring using a Raspberry Pi. Medium [online]. Доступно: <https://medium.com/@makvoid/easy-climate-monitoring-using-a-raspberry-pi-b43fc55b579c> [Дата звернення 2 Жовтень 2025].

2. Smith, J., Brown, T. та Wilson, R., 2023. IoT-Driven Heat Pump Management for Optimal Thermal Comfort. Smart Cities, [online]. Доступно: <https://www.mdpi.com/2624-831X/6/2/33> [Дата звернення 2 Жовтень 2025].

3. Chen, Y., Liu, M. та Zhang, X., 2023. Building energy simulation and its application for building performance optimization: A review of methods, tools, and case studies. Advances in Applied Energy, [online]. Доступно: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666792423000148> [Дата звернення 2 Жовтень 2025].

ГІБРИДНА АРХІТЕКТУРА ПРОАКТИВНОГО КЕРУВАННЯ МОБІЛЬНИМИ РОБОТАМИ: ІНТЕГРАЦІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ З ПРОГРАМОВАНИМИ ЛОГІЧНИМИ КОНТРОЛЕРАМИ

А.О. Носов, М.В. Коржик

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

Сучасне виробництво дедалі більше залежить від мобільних роботів для автоматизації логістичних і технологічних операцій. Проте існуючі алгоритми навігації не забезпечують належного балансу між швидкістю виконання завдань, енергоефективністю та безпекою руху. Традиційні реактивні підходи реагують на зміни постфактум, підвищуючи ризик аварій. Особливої актуальності набуває розробка гібридних архітектур, що поєднують інтелектуальні алгоритми планування з надійними промисловими контролерами.

Запропоновано нову концепцію інтеграції методів штучного інтелекту з програмованими логічними контролерами (ПЛК) для проактивного керування. Вперше обґрунтовано, що поєднання інтелектуальних алгоритмів планування з детермінованими функціями безпеки ПЛК створює якісно новий клас систем керування, які забезпечують одночасно адаптивність, передбачуваність та гарантовану безпеку в режимі реального часу.

Ключовою інновацією є представлення оптимальної проактивної політики як композиції двох взаємопов'язаних підполітик: $\pi^*_{proactive} = \pi_{AI} \circ \pi_{PLC}$.

Ця декомпозиція відображає принцип розділення відповідальності: спочатку застосовується політика ПЛК для забезпечення базової безпеки, а потім результат передається AI-політиці для високорівневого планування, що унеможлиблює обхід механізмів безпеки ПЛК рішеннями AI.

Робота в реальному часі вимагає строгого дотримання часових обмежень. Загальний час реакції системи складається з часу сенсорної обробки, часу прийняття рішення AI, часу верифікації ПЛК та часу фізичної реалізації дії. AI-модуль здатний адаптивно змінювати глибину планування залежно від доступного часу, балансуючи між якістю планування та швидкістю реакції.

Розглянуто практичний сценарій навігації мобільного робота в цеху. Коли датчики відстані фіксують об'єкти на різних відстанях, ПЛК миттєво аналізує дані та виявляє критичні зближення. Відповідно до вбудованої логіки безпеки, ПЛК генерує команду на зниження швидкості, одночасно передаючи інформацію AI-модулю для планування оптимальної траєкторії.

ПЛК забезпечують реакцію на події в реальному часі, негайно обробляючи сигнали від датчиків та виконуючи запрограмовані дії без затримок. Дослідження показують, що використання аварійного вимикача в поєднанні з ПЛК дозволяє зупинити робота менше ніж за 0,5 секунди [1]. ПЛК здійснюють низькорівневий контроль приводів та реалізують аварійні зупинки та інші захисні функції на апаратному рівні [2].

Комбінація ПЛК-контролю з методами навчання з підкріпленням (RL) відкриває нові можливості для проактивного керування. ПЛК забезпечує детерміноване виконання команд, тоді як AI-модулі генерують оптимальні дії та прогнозують зміни оточення [3]. Підхід SafeDRL інтегрує вимоги стандартів безпеки (ISO 10218) в цільову функцію навчання [4].

Переваги гібридної архітектури: гарантована безпека через можливість ПЛК скасувати небезпечні дії; інтелектуальна адаптивність AI в межах безпечного простору дій; масштабованість через додавання нових AI-модулів без зміни базового рівня безпеки; сертифікованість ПЛК-рівня за промисловими стандартами; обчислювальна ефективність через розподіл ресурсів між ПЛК та AI-серверами.

Перспективи досліджень включають розвиток методів верифікації політик RL для гарантії функціональної безпеки; побудову уніфікованих інтерфейсів для взаємодії AI-агентів з контролерами; впровадження цифрових двійників для тестування стратегій керування [5]; створення спеціалізованих мов програмування для підвищення надійності програм для ПЛК [6].

Запропонована гібридна архітектура створює теоретичну та практичну основу для реалізації проактивних систем керування, які поєднують інтелектуальність та здатність до навчання від AI з надійністю та передбачуваністю промислових контролерів. Синергія ПЛК та AI/ML у мобільних роботах підвищує стабільність, безпечність і автономність систем, відкриваючи нові можливості для створення гнучких і безпечних робототехнічних систем для виробництва Industry 4.0. Результати дослідження можуть бути використані при проектуванні автономних мобільних платформ для складських комплексів, виробничих ліній та логістичних центрів нового покоління. Подальший розвиток досліджень планується у напрямку експериментальної верифікації запропонованої архітектури на реальних роботизованих платформах.

Література

1. Saffar, S., Jafar, F.A. та Jamaludin, Z., 2016. Development of PLC Based Navigation System for Mobile Robot. *Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering*, 8(2), p. 29–33.
2. Liu, Z. та ін., 2024. Design of intelligent controller for obstacle avoidance and navigation of electric patrol mobile robot based on PLC. *Scientific Reports*, 14, Article 13476.
3. Roy, R. та ін., 2023. Path Planning and Motion Control of Indoor Mobile Robot under Exploration-Based SLAM. *Sensors*, 23(7), Article 3606.
4. Abbas, A.N. та ін., 2024. Safety-Driven Deep Reinforcement Learning Framework for Cobots: A Sim2Real Approach. *arXiv preprint arXiv:2407.02231*.
5. Zhu, X. та ін., 2022. Robot obstacle avoidance system using deep reinforcement learning. *Industrial Robot*, 49(2), p. 301–310.
6. Rizwan, M., 2024. *Programming for Reliability and Safety in Robotics: The Role of Domain-Specific Languages*. Ліценціатська дисертація. Lund University.

АРХІТЕКТУРА ІoT-ЕКОСИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ МЕДИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ НОВОБРАНЦІВ ПІД ЧАС ТРЕНУВАНЬ

О.М. Рудий, І.І. Борисенко

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Інтенсифікація тренувального процесу новобранців супроводжується значними ризиками для здоров'я, пов'язаними з фізичним перевантаженням. Актуальним завданням є розробка системи безперервного моніторингу ключових фізіологічних показників для запобігання надмірному виснаженню, тепловим ударами та травмам. Ефективним рішенням цієї проблеми є впровадження технологій Інтернету речей (IoT)[1].

Метою даної роботи є розробка архітектури IoT-екосистеми для моніторингу стану здоров'я новобранців у реальному часі. Запропонована архітектура (Рис. 1) базується на тривірневій структурі.

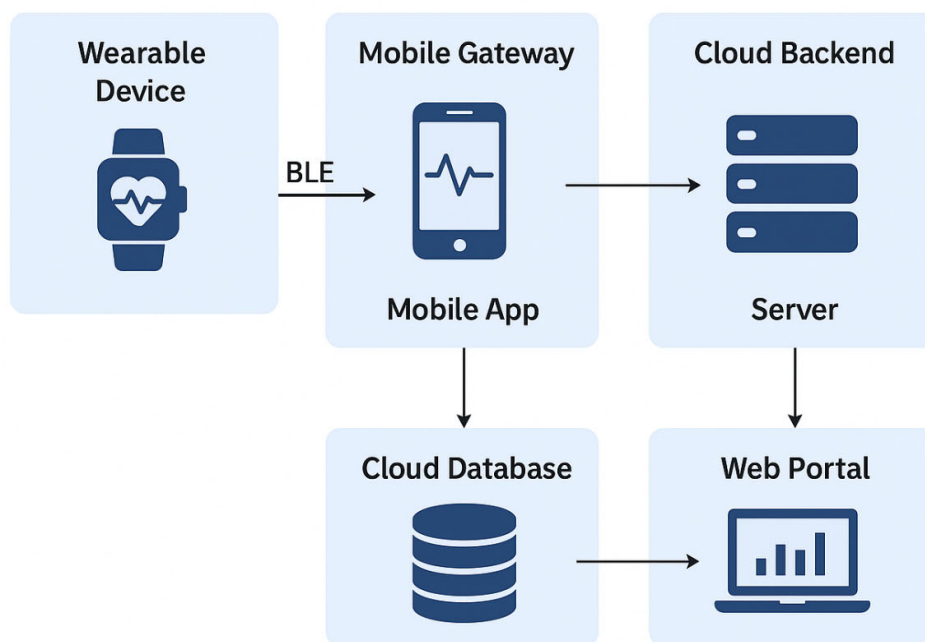


Рис. 1. Архітектура запропонованої IoT-екосистеми

Рівень пристроїв (сенсорний рівень) включає носимі датчики для збору фізіологічних даних: пульсоксиметри (частота серцевих скорочень, сатурація крові), акселерометри (рівень активності), термодатчики (температура тіла) та ЕКГ-сенсори[1].

Мережевий рівень відповідає за передачу даних. Для комунікації між носимими пристроями та шлюзом використовується енергоефективний протокол Bluetooth Low Energy (дальність до 100 м). Для подальшої передачі даних до хмари застосовується технологія LoRaWAN, що забезпечує далекодію (до 10 км) та низьке енергоспоживання[2].

Рівень платформи (хмарний рівень) здійснює зберігання, аналіз та візуалізацію даних. Для обробки великих обсягів інформації в реальному часі використовується архітектура lambda. На цьому рівні застосовуються алгоритми машинного навчання для виявлення аномалій та прогнозування критичних станів[2].

Для оцінки ефективності системи було проведено експериментальне тестування. Результати показали зменшення випадків перевтоми на 35% та запобігання 92% потенційних теплових ударів. Час реакції медичного персоналу на критичні стани скоротився з 5-7 хвилин до 30-40 секунд[3].

Таким чином, запропонована IoT-екосистема довела свою високу ефективність для оперативного моніторингу стану здоров'я новобранців. Основними перевагами архітектури є її масштабованість, енергоефективність та здатність до реального часу. Подальші дослідження мають бути спрямовані на вдосконалення прогнозних моделей та розробку автономних джерел живлення[4].

Як висновок, на практиці система буде реалізована шляхом поетапного впровадження. На першому етапі передбачається розробка спеціалізованого носимого гаджета у формі наручного годинника або нагрудного датчика, що інтегрує необхідні сенсори. Програмне забезпечення буде включати мобільний додаток для відображення даних тренером та веб-інтерфейс для медичного персоналу з функцією автоматичних сповіщень. Для розгортання мережевої інфраструктури на території тренувального полігону будуть встановлені шлюзи LoRaWAN. Фінальним етапом стане інтеграція системи з існуючими медичними базами даних частини та налаштування алгоритмів машинного навчання під конкретні фізіологічні норми та види навантажень. Для масового впровадження необхідно вирішити питання кібербезпеки, стандартизації протоколів обміну даними та забезпечення автономності пристроїв живленням на період тривалих польових тренувань.

Література

1. Chen, X. & Li, Y., 2023. Wearable IoT Systems for Real-time Physiological Monitoring in Military Training. *Journal of Medical Systems*, 47(4), с.45. - <https://doi.org/10.1007/s10916-023-01935-2>
2. Park, S. & Kim, J., 2022. Machine Learning Algorithms for Anomaly Detection in Physiological Data from Wearable Sensors. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 69(8), с.2451-2460. - <https://doi.org/10.1109/TBME.2022.3152287>
3. Kumar, A. et al., 2023. Predictive Modeling of Physical Exhaustion in Military Recruits Using Multimodal Sensor Data. *Scientific Reports*, 13(1), с.6789. - <https://doi.org/10.1038/s41598-023-33856-y>
4. Gonzalez, F. et al., 2023. Edge Computing for Real-time Analysis of Physiological Data in Military Training Environments. *Future Generation Computer Systems*, 142, с.321-335. - <https://doi.org/10.1016/j.future.2023.01.015>

Застосування Big Data та Інтернету речей у Industry 4.0**Ю.О. Самойленко***Національний університет харчових технологій*

Індустрія 4.0 сприяє використанню інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) у виробничих процесах для отримання індивідуальних продуктів, що задовольняють вимогливі потреби нових споживачів. Підхід Індустрії 4.0 трансформує традиційну пірамідальну модель автоматизації на мережеву модель взаємопов'язаних послуг, поєднуючи операційні технології (ОТ) з інформаційними технологіями (ІТ). Ця нова модель дозволяє створювати екосистеми, що забезпечують більш гнучкі виробничі процеси шляхом підключення систем та обміну даними. У цьому контексті хмарні обчислення та великі дані є критично важливими технологіями для використання цього підходу.

Індустрія 4.0 є частиною Інтернету речей (ІоТ), що орієнтована на промисловість. Основні принципи Індустрії 4.0 включають інтелектуальну фабрику, кібернетичну фізичну систему, розширений аналіз, великі дані, хмарні обчислення та доповнену реальність. Великі дані (Big Data) та ІоТ вважаються важливими компонентами Індустрії 4.0. Технологія великих даних характеризується трьома фундаментальними атрибутами: обсягом, швидкістю та різноманітністю. Великі дані переважають останніми роками завдяки своєму потенціалу для отримання цінних знань для покращення прийняття рішень і стають гарячою точкою як в академічних дослідженнях, так і в практичному застосуванні. Величезні обсяги промислових даних все частіше генеруються виробничими підприємствами. Завдяки швидкому розвитку та застосуванню передових сенсорних технологій, інформатики, інтернету, комунікаційних технологій, великих даних, технологій штучного інтелекту (ШІ), інтернету речей (ІоТ) тощо, виробнича галузь стикається з значним стрибком уперед. Інтелектуальна/розумна фабрика працює з використанням передових датчиків та інформаційних технологій; таким чином, на розумній фабриці генеруються та збираються великі обсяги даних, що вимагає технології обробки великих даних для створення інтегрованого середовища, в якому виробничий процес може бути представлений прозоро, а також контролюватися та керуватися ним більш ефективно [1].

Зростання обсягу даних, що надходять з джерел Інтернету речей та інформаційних сервісів, спонукає галузь до розробки нових моделей та розподілених інструментів для обробки великих даних. Останнім часом в ІТ-індустрії спостерігається тенденція до розробки готових бібліотек та моделей програмування на основі потоків даних [1].

Література

1. Costa, C., Mendes, C. & Osaki, R. (2018). Application of Big Data and the Internet of Things in Industry 4.0. *European Journal of Engineering and Technology Research*, 3(11), 20-24. <https://doi.org/10.24018/ejeng.2018.3.11.967/>.

Упровадження елементів доповненої реальності для візуалізації інструкцій з обслуговування промислового обладнання: розробка функціонального прототипу

Я.А. Семенова

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Зростання складності технологічних процесів у рамках парадигми Індустрії 4.0 вимагає інноваційних підходів до керування організаційно-технічними комплексами. Час, необхідний для діагностики, технічного обслуговування та ремонту (MRO), має критичний вплив на загальну операційну ефективність.

Традиційні інструкції, представлені у паперовому чи статичному цифровому форматі (PDF), не є контекстно-залежними та відірвані від реального об'єкта. Це призводить до високого когнітивного навантаження на технічний персонал, збільшення ймовірності помилок під час виконання критичних процедур та збільшення часу простою обладнання.

Доповнена реальність (AR) вирішує цю проблему, накладаючи цифрові інструкції, анімації та 3D-моделі безпосередньо на фізичний об'єкт у робочому середовищі. Це не лише підвищує швидкість MRO-процедур, але й забезпечує високу якість виконання завдань за рахунок інтуїтивної та однозначної візуалізації.

Метою роботи є розробка функціонального прототипу мобільного AR-додатку для демонстрації покрокових, просторово-прив'язаних інструкцій з технічного обслуговування обраного зразка промислового обладнання, а також порівняльна оцінка його ефективності.

Матеріали та методи. Методологія розробки та дослідження прототипу базується на комбінованому підході, який включає:

1. Огляд технологій AR у MRO: аналіз існуючих рішень та вибір оптимальної платформи. Виявлено, що для забезпечення високої точності позиціонування контенту в умовах цеху доцільно використовувати гібридний підхід з акцентом на маркерне відстеження [1] (Marker-based AR).
2. Розробка функціональної архітектури: Створення трикомпонентної структури системи:
 - Backend-сервер / Content Storage: Сховище 3D-моделей та цифрових інструкцій.
 - Модуль авторства контенту: Інструмент для прив'язки AR-інструкцій до CAD-моделей обладнання.
 - Клієнтський AR-застосунок (Unity + Vuforia/AR Foundation): Реалізація логіки рендерингу, відстеження та взаємодії з користувачем на мобільних пристроях.
3. Визначення об'єкта та процедури: В якості об'єкта дослідження обрано промисловий відцентровий насос, а конкретною MRO-процедурою, що

візуалізується, є заміна торцевого ущільнення валу, яка складається з 12 ключових кроків.

4. Реалізація ключового функціоналу: упровадження наступних елементів візуалізації:
 - покрокові 3D-анімації (демонстрація руху вузлів);
 - візуалізація необхідних інструментів;
 - система попереджень (відображення зон небезпеки);
 - просторове позиціонування текстових та графічних підказок.
5. Методика експериментальної оцінки: формування експерименту за участю 20 технічних спеціалістів, поділених на контрольну (паперова інструкція) та експериментальну (AR-додаток) групи. Оцінювані метрики: час виконання завдання (ToT), рівень помилок (ER) та суб'єктивне когнітивне навантаження [2, 3]. У Таблиці 1 представлено очікувані результати експерименту.

Таб. I

Результати тестування

Група	Середній час виконання (хв)	Зниження ToT(%)	Середня кількість критичних помилок
Група А (паперова інструкція)	18.5	–	1.8
Група Б (AR-застосунок)	14.8	20.0%	0.5

Висновки. Розроблений функціональний прототип AR-додатку підтверджує високу життєздатність та ефективність впровадження елементів доповненої реальності для візуалізації інструкцій з обслуговування промислового обладнання. Технології AR є **потужним та економічно виправданим інструментом** для модернізації MRO-процедур.

Практична цінність полягає у створенні основи для масштабованої системи, здатної надавати просторово-прив'язані інструкції та сприяти значному скороченню часу виконання робіт та мінімізації операційних помилок.

Література

1. Billinghurst, M., Clark, A., & Lee, G. (2015). A survey of augmented reality. *Foundations and Trends® in Human–Computer Interaction*, 8(2-3), 73-272.
2. Henderson, S. J., & Feiner, S. (2009, October). Evaluating the benefits of augmented reality for task localization in maintenance of an armored personnel carrier turret. In *2009 8th IEEE international symposium on mixed and augmented reality* (pp. 135-144). IEEE.
3. Wang, X., Love, P. E., Kim, M. J., Park, C. S., Sing, C. P., & Hou, L. (2013). A conceptual framework for integrating building information modeling with augmented reality. *Automation in construction*, 34, 37-44.

Апаратно-програмна система віддаленого контролю параметрів мікроклімату у виробничих приміщеннях

П. Скібель, Ф. Матіко, І. Демків

Національний університет «Львівська політехніка»

Піл час автоматизації підприємств різних галузей промисловості часто виникає завдання автоматизації процесу контролю параметрів у виробничих приміщеннях. Це завдання актуальне для підприємств харчової та переробної промисловості, фармацевтичних виробництв, складських приміщень, теплиць, серверних кімнат. У таких середовищах навіть незначні відхилення температури, вологості чи атмосферного тиску можуть призвести до зниження якості продукції, псування товарів, порушення технологічних процесів або дискомфорту для людей. У цій роботі представлено апаратно-програмну систему контролю параметрів мікроклімату — температури, вологості та атмосферного тиску, розроблену на основі мікроконтролера ESP8266 [1] та IoT технологій. Актуальність проблеми зумовлена потребою у доступних, автономних та надійних системах контролю параметрів мікроклімату у виробничих середовищах.

У системі застосовано цифрові сенсори BMP280 [2] та АНТ10 [3], що забезпечують точне вимірювання параметрів мікроклімату та мають низьке енергоспоживання. Зокрема, похибка вимірювання тиску для сенсора BMP280 становить близько ± 1 гПа, температури — до ± 1 °C; для сенсора АНТ10 похибка вимірювання відносної вологості становить $\pm 2\%$ RH. Завдяки наявності на платі ESP8266 Wi-Fi-модуля, забезпечена бездротова комунікація, що дозволяє реалізувати автономний локальний веб-сервер для віддаленого доступу до параметрів у межах локальної мережі. Для зберігання файлів веб-інтерфейсу (HTML/CSS/JS) використано файлову систему LittleFS, що дає змогу розміщувати фронтенд без необхідності зовнішнього хостингу або додаткових серверів. Схему підключення вимірювальних сенсорів до мікроконтролера представлено на рисунку 1.

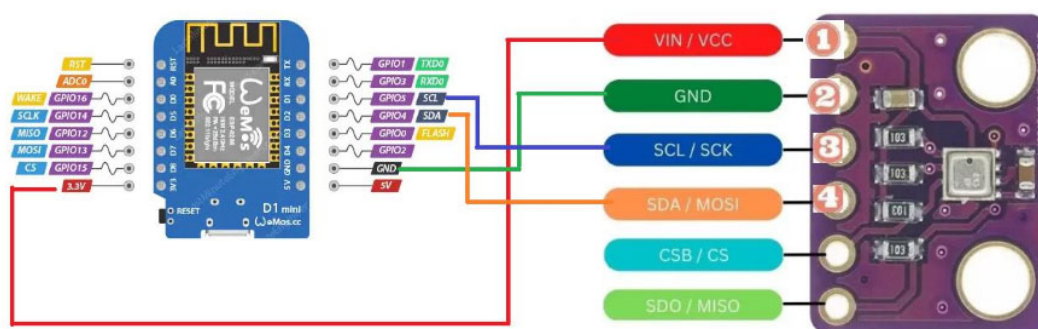


Рис. 1. Схема під'єднання сенсорів BMP280 та АНТ10 до модуля WEMOS D1 mini за допомогою інтерфейсу I²C

Мікроконтролер періодично зчитує дані з датчиків BMP280 та AHT10, порівнює їх із заданими порогоми та оновлює значення у веб-інтерфейсі в реальному часі. У програмі контролера та фронтенді передбачено базові механізми захисту від отримання некоректних даних: перевірка значень на безмежність (NaN), контроль довжини серій значень на графіках, а також обмеження максимального числа повідомлень у буфері. Використання асинхронного веб-сервера AsyncWebServer дозволяє уникнути блокувань основного циклу і обробляти запити паралельно, що формує багатозадачність інтерфейсу й дозволяє працювати із кількома вкладками браузера одночасно в межах локальної мережі. Якщо будь який з параметрів виходить за допустимі межі, система автоматично надсилає сповіщення у WhatsApp за допомогою API CallMeBot, що підвищує оперативність інформування користувача про критичні зміни навколишнього середовища. Такий алгоритм забезпечує автономну роботу пристрою, безперервний збір даних і надійну передачу інформації у зручній формі через веб-інтерфейс і мобільний застосунок.

Веб-інтерфейс дає змогу користувачеві в режимі реального часу переглядати інтерактивні графіки, обирати параметри, змінювати частоту оновлення даних та контролювати поточні значення. Збереження трендів реалізовано за допомогою localStorage, що дозволяє зберігати історію вимірювань навіть після перезавантаження сторінки.

Проведені експериментальні дослідження підтвердили стабільність роботи системи за частоти оновлення 1–10 с та у випадку підключення кількох користувачів у локальній мережі. Порівняльний аналіз із існуючими рішеннями показав, що запропонована система є простою та зручною у користуванні, дешевою та автономною. Її функціональна гнучкість забезпечується поєднанням веб-інтерфейсу для детального аналізу даних та системи миттєвих хмарних сповіщень за допомогою застосунку WhatsApp, що вигідно вирізняє її з-поміж аналогічних рішень [4]. Розроблена система може бути застосована у лабораторних та промислових застосуваннях, а також має потенціал для подальшого масштабування та інтеграції з іншими сервісами збору та зберігання даних.

Література

1. Santos, R., 2024. Getting Started with ESP8266 NodeMCU Development Board. Random Nerd Tutorials. Доступно: <https://randomnerdtutorials.com/getting-started-with-esp8266-wifi-transceiver-review> [Дата звернення 10 листопада 2025]
2. BMP280. (n.d.). BMP280 - Ultra-Low Power Sensor for Barometric Pressure and Temperature. Доступно: <https://www.bosch-sensortec.com/media/boschsensortec/downloads/datasheets/bst-bmp280-ds001.pdf> [Дата звернення 10 листопада 2025]
3. AOSONG, n.d. AHT10 Temperature and Humidity Sensor Datasheet. Доступно: <https://altronics.cl/uploads/AHT10.pdf> [Дата звернення 10.11.2025]
4. Patnaikuni, D., 2017. A comparative study of Arduino, Raspberry Pi and ESP8266 as IoT development board. International Journal of Advanced Research in Computer Science, 8(9), pp.2350–2352. Доступно: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:54900594> [Дата звернення 10.11.2025]

Сучасні підходи штучного інтелекту до децентралізованого керування роєм автономних мобільних роботів: переваги та недоліки

А. С. Стороженко, М.С. Романов

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

У сучасній робототехніці децентралізоване керування роєм автономних мобільних роботів (AMR) на основі штучного інтелекту (ШІ) є ключовим для вирішення складних завдань у динамічних середовищах, таких як логістика, моніторинг чи пошуково-рятувальні операції. На відміну від централізованих систем, децентралізовані підходи дозволяють кожному агенту приймати рішення автономно на основі локальної інформації та взаємодії з сусідами, що підвищує стійкість і масштабованість. Цей огляд фокусується на трьох сучасних ШІ-методах: децентралізованому мультиагентному навчанні з підкріпленням на основі актор-критик (Decentralized Actor-Critic MARL), темпорально-різницевих методах (TD Learning) та комунікаційно-орієнтованому MAPPO (Comm-MAPPO). Аналіз базується на перевагах і недоліках після впровадження, з акцентом на реальні сценарії застосування в роях AMR.

Перший підхід — децентралізоване MARL на основі актор-критик (AC), адаптоване для кооперативних завдань у середовищах з розрідженими винагородами [1]. Цей метод моделює взаємодію агентів через рівноваги Стекельберга, де кожен AMR оцінює спільні завдання та індивідуальні витрати за допомогою двох критиків: для командних винагород і локальних втрат. Ключова особливість — повна децентралізація тренування та виконання, без центрального сервера, що дозволяє AMR координуватися peer-to-peer. Після впровадження перевагами є висока швидкість конвергенції (перевершує MADDPG на 20-30% у симуляціях) та масштабованість для великих роїв (до 50 агентів), особливо в логістиці, де AMR оптимізують траєкторії без затримок [1]. Однак недоліки включають високу варіативність винагород, що ускладнює стабільність у реальних умовах з шумом сенсорів, та чутливість до неточностей моделей опонентів, що може призвести до субоптимальних рішень у динамічних сценаріях, таких як уникнення перешкод [1].

Другий підхід — темпорально-різницеве навчання (TD Learning), зокрема алгоритми SARSA та Q-learning, інтегровані в децентралізовані рої AMR для самоорганізації [2]. Ці модель-free методи оновлюють значення Q-функцій на основі локальних взаємодій, дозволяючи агентам вчитися оптимальним політикам через винагороди за завдання, як-от розподіл ресурсів чи навігація. У swarm robotics TD Learning підтримує емерджентну поведінку без глобального контролю, з оновленнями на кшталт $Q(s, a) \leftarrow Q(s, a) + \alpha [r + \gamma \max_{a'} Q(s', a') - Q(s, a)]$ для off-policy навчання [2]. Перевагами після впровадження є адаптивність до динамічних середовищ (наприклад, AMR адаптуються до змін попиту в складах) та масштабованість, оскільки кожен робот навчається автономно, зменшуючи комунікаційний overhead на 40% порівняно з

централізованими системами [2]. Недоліки ж полягають у високій обчислювальній складності для великих роїв (потребує потужних процесорів на борту AMR), проблемах трансферу знань між завданнями та етичних ризиках автономних рішень, що вимагає додаткових механізмів безпеки [2].

Третій підхід — Comm-MAPPO (Communication-enabled Multi-Agent Proximal Policy Optimization), що розширює MAPPO за допомогою механізмів обміну повідомленнями для координації в роях AMR [4]. Алгоритм використовує увагу (attention) для динамічного формування протоколів комунікації, дозволяючи агентам ділитися станами лише з релевантними сусідами. Це забезпечує централізоване тренування з децентралізованим виконанням, оптимізуючи спільні політики в задачах, як-от колективна навігація [4]. Після впровадження перевагами є прискорення навчання (до 25% швидше за базовий MAPPO) та ефективна координація в гетерогенних роях, де AMR з різними можливостями (швидкість, сенсори) досягають кращої синхронізації [4]. Однак недоліки включають чутливість до затримок мережі (latency), що погіршує точність у реальних AMR-системах з шумом, та підвищену обчислювальну складність через attention-модулі, обмежуючи застосування в ресурсобідних сценаріях [4].

Підсумовуючи, розглянуті III-підходи — Decentralized AC MARL, TD Learning та Comm-MAPPO — значно посилюють децентралізоване керування роями AMR, пропонуючи стійкість і адаптивність для промислових застосувань. Проте виклики, як-от стабільність і обчислювальні витрати, вимагають гібридних рішень та подальших досліджень для подолання sim-to-real gap. Ці методи обіцяють революцію в робототехніці, але потребують балансу між автономією та надійністю.

Література

1. Gabler V., Wollherr D. (2024) Decentralized multi-agent reinforcement learning based on best-response policies [online]. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/robotics-and-ai/articles/10.3389/frobt.2024.1229026/full>.
2. Rana M.M., Ibrahim U.M. (2024) Exploring the Role of Reinforcement Learning in Area of Swarm Robotic [online]. URL: <https://ejece.org/index.php/ejece/article/view/619>.
3. Cheruiyot K., Kiprotich N., Kungurtsev V., Mugo K., Mwirigi V., Ngesa M. (2025) A Survey of Multi Agent Reinforcement Learning: Federated Learning and Cooperative and Noncooperative Decentralized Regimes [online]. URL: <https://arxiv.org/pdf/2507.06278>.
4. Liang J., Miao H., Li K., Tan J., Wang X., Luo R., Jiang Y. (2025) A Review of Multi-Agent Reinforcement Learning Algorithms [online]. URL: <https://www.mdpi.com/2079-9292/14/4/820>.
5. Pugliese P. (2021) Decentralized control for multi-robot systems with event-triggered communications [online]. URL: <https://webthesis.biblio.polito.it/18251/1/tesi.pdf>.

Переваги та недоліки децентралізованого управління роєм роботів**А. С. Стороженко, М.С. Романов***Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

У сучасній робототехніці децентралізоване управління роєм роботів (swarm robotics) набирає все більшої актуальності як парадигма, натхненна колективною поведінкою соціальних комах, таких як мурахи чи бджоли. На відміну від централізованих систем, де є єдиний центр керування, децентралізований підхід передбачає автономне прийняття рішень кожним агентом на основі локальної інформації та взаємодії з сусідами. Це дозволяє рою виконувати складні завдання, як-от пошуково-рятувальні операції, моніторинг середовища чи логістика, без залежності від глобального контролера [1].

Однією з ключових переваг децентралізованого управління є його висока масштабованість (scalability). У системах з великою кількістю агентів (від десятків до тисяч) відсутність центрального вузла уникає "вузьких місць" у обробці даних, дозволяючи легко додавати чи видаляти роботів без перебудови всієї архітектури. Наприклад, у моделях на основі стигмергії (stigmergy), де агенти залишають "сліди" в середовищі для непрямої комунікації, рій ефективно масштабується, забезпечуючи розподіл завдань у динамічних сценаріях, таких як форражування чи картографування [1]. Дослідження показують, що такі системи досягають до 80% покращення продуктивності в умовах дефіциту ресурсів чи сенсорних збоїв, завдяки локальним адаптаціям [1]. Крім того, децентралізований підхід підвищує стійкість (robustness) до відмов: якщо один робот виходить з ладу, рій продовжує роботу за рахунок надмірності (redundancy), на відміну від централізованих систем, де збій центрального елемента паралізує весь процес [2]. Це особливо цінно в критичних застосуваннях, де паралельне виконання завдань прискорює досягнення цілей [2]. Іншою суттєвою перевагою є адаптивність (adaptivity) до змін середовища. У гетерогенних роях, де агенти мають різні можливості (наприклад, швидкістю чи сенсорами), децентралізоване керування дозволяє динамічно балансувати між дослідженням (exploration) та експлуатацією (exploitation) ресурсів. Дослідження в рамках CMOMMT (Cooperative Multi-Robot Observation of Multiple Moving Targets) демонструють, що введення швидших агентів покращує відстеження евазивних цілей без зміни базової стратегії, якщо оптимізувати параметри зв'язку (connectivity) [3]. Це забезпечує гнучкість: рій реагує на перешкоди чи нові завдання локально, мінімізуючи затримки комунікації. Аналогічно, алгоритми на основі позиційного керування (position-based control), що покладаються лише на координати сусідів, без обміну орієнтаціями, спрощують апаратну реалізацію та дозволяють самоорганізацію в колективний рух (translation чи rotation) з випадкових стартових станів [4]. Такі методи роблять рої автономними, зменшуючи витрати на складні сенсори, і прогнозують динаміку за допомогою симуляцій з

гаусівським шумом, що добре узгоджується з експериментами на платформах e-Ruck [4]. Загалом, децентралізоване управління сприяє низькій вартості (low cost) та простоті: кожен агент — простий і дешевий, а емерджентна поведінка (emergent behavior) виникає з локальних правил [2].

Децентралізоване управління роєм має суттєві недоліки, пов'язані з координацією та реалізацією. Дослідження показують, що гетерогенність не гарантує покращення — надмірна експлуатація швидкими агентами може погіршити баланс, вимагаючи точного налаштування параметрів, як-от довжини пам'яті чи зв'язку [3]. Комунікаційні виклики: хоча непряма комунікація (implicit communication) зменшує навантаження, в щільних роях виникають затримки чи інтерференція. Експериментальні обмеження, як маргінальна стабільність алгоритмів, спричиняють персистентні осциляції в орієнтаціях, зменшуючи точність колективного руху [4]. Крім того, чутливість до гіперпараметрів та шуму робить системи вразливими: неоптимальні налаштування призводять до повільної конвергенції чи Zeno-ефекту в event-triggered комунікації [5]. Ще одним недоліком є вразливість до безпеки (security vulnerability): відсутність централізованого контролю полегшує атаки зловмисних агентів чи хакерство [2]. У великих роях обчислювальне навантаження на локальні рішення зростає, а залежність від топології графа зв'язку (communication graph) може деградувати продуктивність при слабкій конективності. Нарешті, перехід від симуляцій до реальних тестів (sim-to-real gap) обмежений шумом сенсорів та затримками, що вимагає додаткових модифікацій [4].

У висновку, децентралізоване управління роєм роботів пропонує значні переваги в масштабованості, стійкості та адаптивності, роблячи його перспективним для складних динамічних завдань, але вимагає подолання недоліків координації, комунікації та стабільності. Майбутні дослідження мають фокусуватися на гібридних підходах, інтегруючи ШІ для оптимізації параметрів, аби максимізувати потенціал swarm robotics у промисловості та екстрених ситуаціях [1, 3].

Література

1. Bossens D.M., Ramchurn S., Tarapore D. (2022) Resilient Robot Teams: a Review Integrating Decentralised Control, Change-Detection, and Learning [online]. URL: <https://d-nb.info/1264746636/34>.
2. Gupta S., Surse G. (2025) Swarm Robotics: Architecture, Applications, and Future Prospects [online]. URL: <https://www.irjet.net/archives/V12/i7/IRJET-V12I702.pdf>.
3. Kwa H.L., Babineau V., Philippot J., Bouffanais R. (2022) Adapting the Exploration-Exploitation Balance in Heterogeneous Swarms: Tracking Evasive Targets [online]. URL: <https://arxiv.org/pdf/2207.13523>.
4. Zheng Y., Huepe C., Han Z. (2022) Experimental capabilities and limitations of a position-based control algorithm for swarm robotics [online]. URL: <https://sss.bnu.edu.cn/docs/2024-05/f728fc83a8414f39bfc6983024cb1189.pdf>.

АРХІТЕКТУРА ІОТ-СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПОРТУ м. ЧОРНОМОРСЬК

Н. В. Сторожук, І.І. Борисенко

Київський Національний Університет імені Тараса Шевченка

Розвиток технологій Інтернету речей (IoT) відіграє важливу роль у забезпеченні сталого розвитку та екологічної безпеки припортових територій. Система моніторингу екологічних показників у порту м. Чорноморськ створює можливість для безперервного збору, аналізу та візуалізації даних про стан довкілля. Вона спрямована на контроль рівня забруднення повітря, води, шумового фону та метеорологічних параметрів у реальному часі. Застосування IoT-підходу дозволяє автоматизувати процес збору даних, своєчасно виявляти відхилення від норм та оперативно реагувати на потенційні екологічні загрози [1].

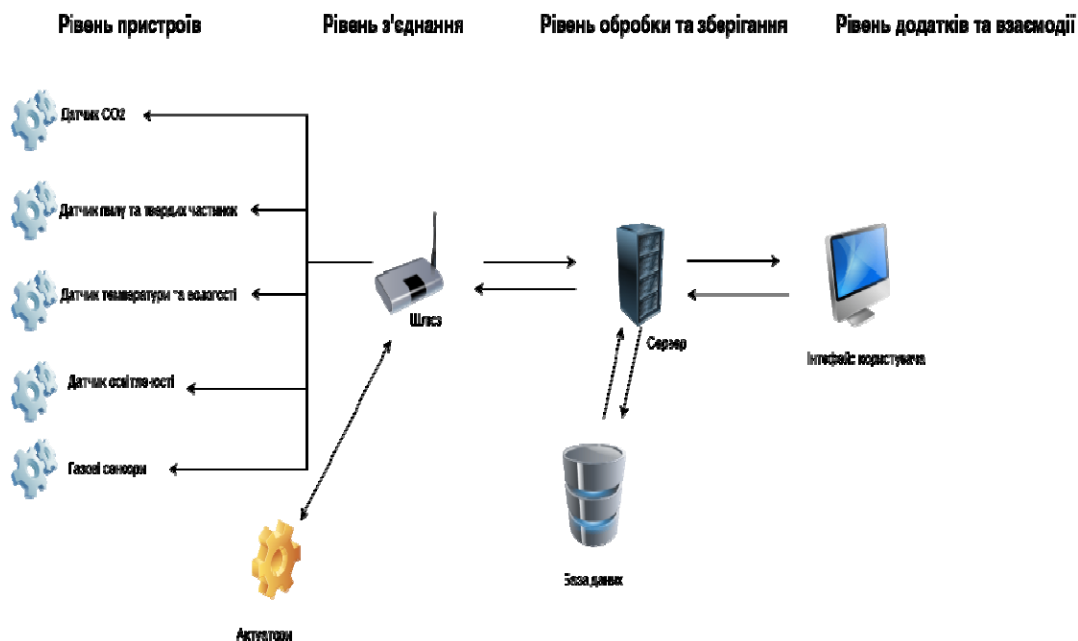


Рис. 1– Архітектура IoT-системи

IoT-система моніторингу екологічних показників побудована за багаторівневою архітектурною схемою, що включає різноманітні сенсори для безперервного збору даних про стан навколишнього середовища в порту. На рівні пристроїв використовуються спеціалізовані сенсори для вимірювання кількох ключових параметрів, що впливають на екологічну ситуацію. До таких параметрів належать:

1. **Сенсори концентрації шкідливих речовин:** Ці сенсори використовуються для моніторингу рівня забруднення повітря, виявлення речовин.
2. **Сенсори температури та вологості:** Вимірюють поточні кліматичні умови, що можуть впливати на стабільність екосистеми в порту.
3. **Сенсори швидкості вітру:** Вимірюють швидкість та напрямок вітру, що є важливим параметром для оцінки впливу атмосферних явищ на повітряне та водне середовище.
4. **Сенсори рівня шуму:** Ці сенсори дозволяють оцінювати рівень шумового забруднення в порту, що має велике значення для здоров'я людей та тварин, що знаходяться в районі порту.
5. **Сенсори якості води:** Сенсори для визначення якості води оцінюють рівень забруднення водойм, в тому числі рівень рН, концентрацію розчиненого кисню, солоність та наявність токсичних речовин.

Дані, що збираються сенсорами, передаються через бездротові зв'язки (LoRaWAN, Wi-Fi, LTE) до шлюзів, які виконують первинну фільтрацію та обробку даних.

На рівні додатків система надає користувачам можливість переглядати екологічні показники в реальному часі, налаштовувати порогові значення, формувати звіти та отримувати сповіщення про перевищення нормативів [2].

Таким чином, IoT-система моніторингу екологічних показників порту м. Чорноморськ є ефективним інструментом для підвищення екологічної безпеки, оптимізації управління природними ресурсами та зменшення негативного впливу портової діяльності на довкілля.

Література:

1. IOT-based Environmental Monitoring System for Smart. Springer.
Retrieved from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13762-019-02375-1>
2. Environmental Monitoring using IoT. International Journal of Computer Science and Mobile Computing. Retrieved from: <https://www.ijcsmc.com/docs/papers/July2020/V9I7202022.pdf>

Архитектура Smart-системи для забезпечення автономного енергоспоживання ЖК "Gravity Park"

В. І. Туркова, О.В. Кравченко

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Однією з актуальних проблем сучасного житлового середовища є зростання потреби в автономному та економному енергопостачанні. Традиційні методи контролю споживання електроенергії не забезпечують достатньої прозорості та адаптивності, тому використання інтелектуальних IoT-пристроїв дозволяє підвищити ефективність управління ресурсами [1].

Smart-система розроблялася енергозабезпечення для житлового комплексу «Gravity Park». Розроблена система орієнтована на підвищення ефективності використання електроенергії, безперервність живлення та формування інтегрованої смарт-екосистеми міського простору. Моделювання показало високу швидкість обміну даними, стабільність роботи та можливість масштабування для обслуговування великої кількості користувачів.

Запропонована структура Smart-системи (див. рисунок 1) складається з чотирьох функціональних рівнів: сенсорного, комунікаційного, серверного та аналітичного.

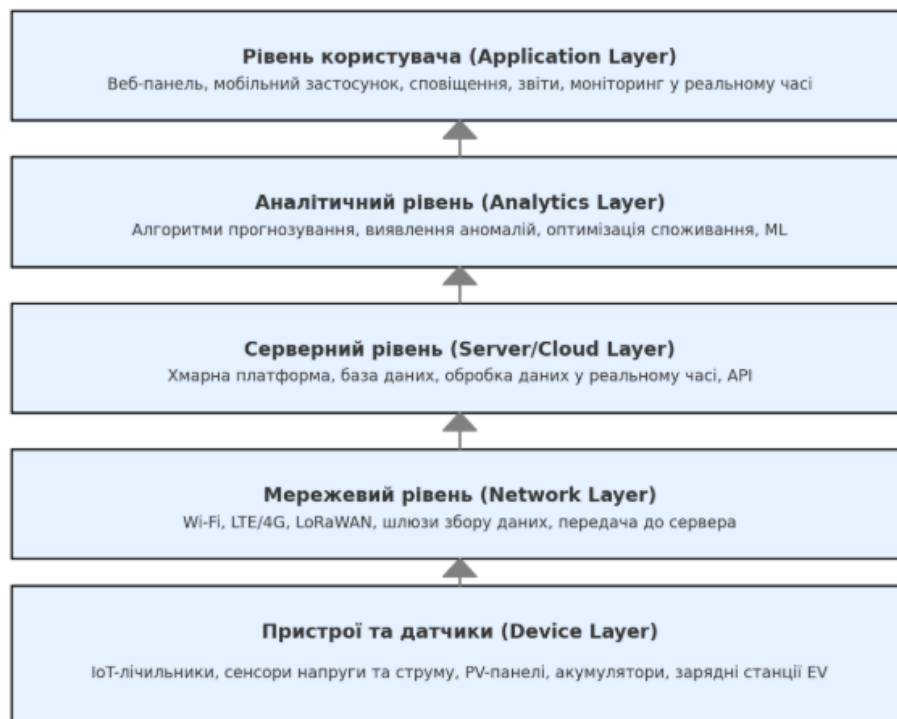


Рисунок 1 - Архітектура Smart-системи ЖК «Gravity Park»

Сенсорний рівень охоплює IoT-лічильники, датчики напруги, струму та температури, які передають інформацію через бездротові канали зв'язку Wi-Fi, LTE або LoRaWAN [2]. Серверна частина реалізується на основі контейнеризованих сервісів у хмарному середовищі (Docker, Kubernetes), що гарантує гнучкість розгортання та стійкість до збоїв. На аналітичному рівні здійснюється обробка потоків даних у режимі реального часу, побудова прогнозів споживання та виявлення аномалій за допомогою алгоритмів машинного навчання [3].

Інформаційна база системи включає логічно пов'язані таблиці, які забезпечують узгоджене зберігання та доступ до даних. Завдяки вбудованим алгоритмам аналізу система автоматично реагує на аварійні ситуації, здійснюючи сповіщення користувачів через push, SMS або e-mail повідомлення. Тестування показало, що середній інтервал оновлення даних становить 5 секунд, а система здатна підтримувати роботу понад 10 000 одночасних користувачів [4].

Запропоноване рішення є масштабованою та інтегрованою платформою, сумісною з існуючими міськими енергомережами. Надалі можливе розширення її функціональності через підключення відновлювальних джерел енергії, адаптивних тарифних моделей і штучного інтелекту для оптимізації енергоспоживання в межах концепції «розумного будинку».

Джерела

1. Лободзинський В. Ю. (2023). Вплив системи Smart Grid на національну енергосистему України. Енергетика: економіка, технології, екологія. [online]. URL: <https://energy.kpi.ua/article/download/259182/255897/596564>
2. Мороз О. М. та ін. (2017). Smart Grid системи та технології: використання технологій для підвищення ефективності електропостачання споживачів. ХНТУСГ. [online]. URL: <https://ela.kpi.ua/bitstreams/28da594c-e484-4592-8d3d-e8e4e32e07e3/download>
3. Паламасевич М. Б., Савка О. В., Лепак Т. А. (2024). Вплив смарт-технологій на економічний розвиток та енергоефективність національної економіки. Академічні візії. [online]. URL: <https://academy-vision.org/index.php/av/article/download/1293/1211/1226>
4. Андрієнко Б. Я. (2024). Смарт-енергосистема: підходи, можливості та виклики. EVD Journal. [online]. URL: <https://www.evd-journal.org/download/2024/1-2/02-Andrienko.pdf>

Архітектура роботизованої IoT системи контролю ділянки міської дороги

Я.Ю. Федоренко, І.Р. Пархомей

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

У контексті зростання урбанізації та інтенсивності руху транспортних засобів підтримання належного стану дорожньої інфраструктури стає пріоритетним завданням муніципальних служб. Інтеграція IoT-систем та алгоритмів штучного інтелекту дозволяє отримувати актуальні дані про стан дорожнього покриття, що є основою для розробки проактивних стратегій обслуговування.

Основним викликом у моніторингу дорожнього покриття є динамічність процесів деградації: стан доріг може змінюватися під впливом погодних умов, навантаження та часу, а виявлення дефектів потребує високої точності. Традиційні методи інспекції, які базуються на періодичних оглядах, не забезпечують оптимальних рішень у таких умовах. Крім того, існують технічні обмеження, такі як висока вартість обладнання, складність обробки великих обсягів візуальних даних або недостатня інтеграція між різними системами моніторингу.

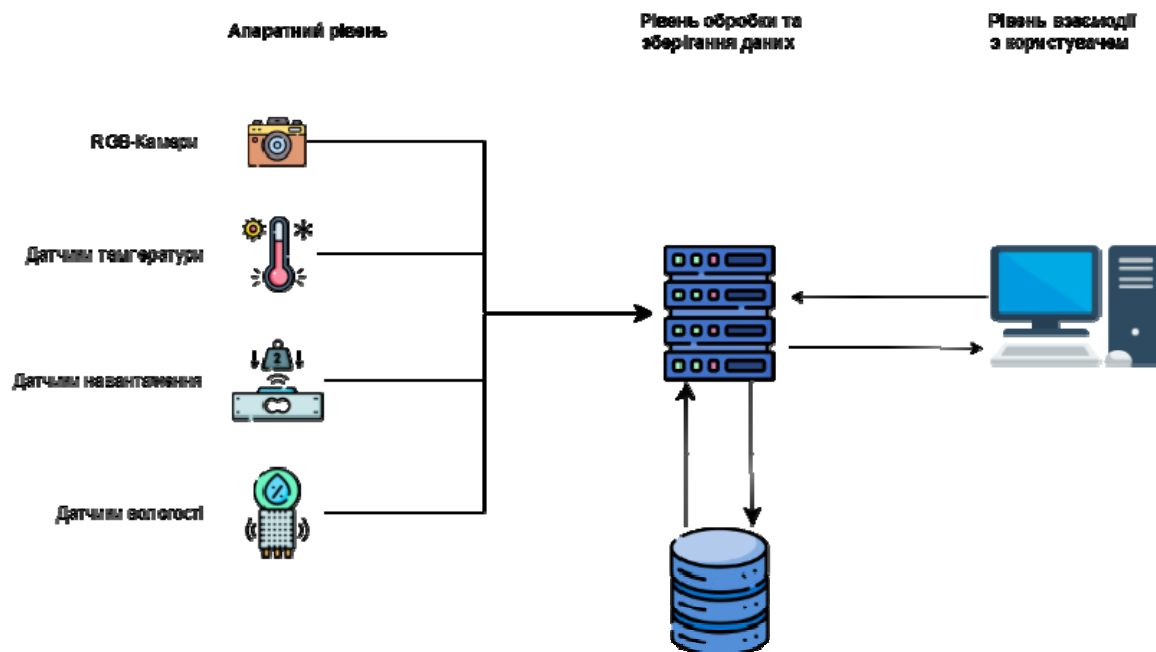


Рисунок 1 - Архітектура роботизованої IoT системи контролю стану ділянки міської дороги

Запропонована система базується на трирівневій архітектурі (Рис. 1), що включає апаратний рівень з набором сучасних сенсорів, рівень обробки та зберігання даних, а також рівень взаємодії з користувачем. Апаратний рівень включає RGB-камери Hikvision DS-2CD2T86G2-4I для візуального моніторингу з роздільною здатністю 8 Мп, термальні датчики MLX90640 для контролю температурних аномалій покриття, тензометричні сенсори TE Connectivity FX1901 для вимірювання навантаження та деформацій, датчики вологості

Campbell Scientific CS650 для моніторингу водонасичення підгрунтя, та ультразвукові датчики для визначення глибини дефектів. Використання сенсорів різних типів дозволяє отримувати мультимодальну інформацію, яка є основою для комплексної оцінки стану дорожнього покриття.

Оптимізація системи контролю базується на таких ключових аспектах як безперервний моніторинг, багатопараметрична діагностика, швидкість обробки даних та адаптивність. Безперервний моніторинг забезпечує цілодобове відстеження стану дорожнього покриття за допомогою розподіленої мережі сенсорів, що є основою для виявлення дефектів на ранніх стадіях розвитку. RGB-камери забезпечують візуальний контроль у реальному часі, що є критично важливим для виявлення поверхневих пошкоджень. Багатопараметрична діагностика аналізується для визначення типу, розміру та критичності дефектів завдяки інтеграції даних від різних типів сенсорів.

Реалізація базується на використанні алгоритмів штучного інтелекту, зокрема глибокого навчання. Модель навчена на спеціалізованому датасеті RoadDamage, що містить понад 15000 анотованих зображень дефектів різних типів. Впроваджено п'ятирівневу класифікацію подій за критичністю: інформація, попередження, помилка, критично, аварія. Це дозволяє пріоритизувати реагування на виявлені проблеми та оптимізувати розподіл ресурсів для ремонту [1, 2, 3].

Для успішного впровадження необхідно враховувати інтеграцію з існуючими системами управління дорожнім господарством, надійність передачі даних та масштабованість. IoT-система повинна бути сумісною з муніципальною інфраструктурою, включаючи системи диспетчеризації та баз даних дорожніх активів. Надійність передачі даних забезпечується за рахунок використання технології 4G для передачі відеопотоків високої якості. Масштабованість дозволяє розширювати мережу моніторингу на нові ділянки без значних додаткових витрат.

Розроблена система контролю міських доріг сприяє підвищенню безпеки руху та ефективності обслуговування дорожньої інфраструктури. Подальший розвиток передбачає впровадження складніших алгоритмів, які враховують вплив кліматичних змін, інтеграцію з системами управління трафіком та індивідуальні характеристики різних типів покриття.

Література

1. Arya D., Maeda H., Ghosh S. K., Toshniwal D., Sekimoto Y. (2021) 'RoadDamage Detection Using Deep Neural Networks with Images Captured Through a Smartphone', Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, vol. 36, pp. 1-15.
2. Zhang L., Yang F., Zhang Y. D., Zhu Y. J. (2016) 'Road crack detection using deep convolutional neural network', IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), pp. 3708-3712.
3. Maeda H., Sekimoto Y., Seto T., Kashiwayama T., Omata H. (2018) 'Road Damage Detection and Classification Using Deep Neural Networks with Smartphone Images', Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, vol. 33, p. 1127.

Архітектура IoT-системи моніторингу та раннього попередження про повені у гірських регіонах України

Н.С. Цирук, С.В.Палій

Київський національний університет ім. Т.Г. Шевченка

Зростання частоти екстремальних погодних явищ, зокрема повеней, у гірських регіонах України вимагає сучасних систем моніторингу. Традиційні методи недостатньо оперативні, тому виникає потреба в автоматизованих IoT-рішеннях [2, 3].

Метою розробки є створення автоматизованої системи, що використовує IoT для збору, аналізу та передачі даних (рівень води, опади) у реальному часі для своєчасного виявлення загроз.

Запропонована система може складатися з датчиків (рівня води Ultrasonic HC-SR04, вологості ґрунту, тиску BME280, дощомір), контролера (ESP32/Arduino) для збору даних та передачі їх на сервер (Django, PostgreSQL) за протоколом MQTT [1, 5]. Аналітичний модуль на сервері визначає ризики, порівнюючи дані з пороговими значеннями, та надсилає сповіщення (SMS, push) рятувальним службам. Можлива симуляція показників для тестування.

Прототип доводить, що мережа сенсорів [4] дозволяє формувати точніші сповіщення. Дані, що візуалізуються у вебінтерфейсі, підвищують ефективність моніторингу, дозволяють зменшити шкоду від повеней і забезпечують основу для інтеграції з системами цивільного захисту.

Архітектура системи є трирівневою: рівень сприйняття (сенсори, контролери), мережевий рівень (передача даних) [1] та прикладний рівень (серверний аналіз, візуалізація, сповіщення).

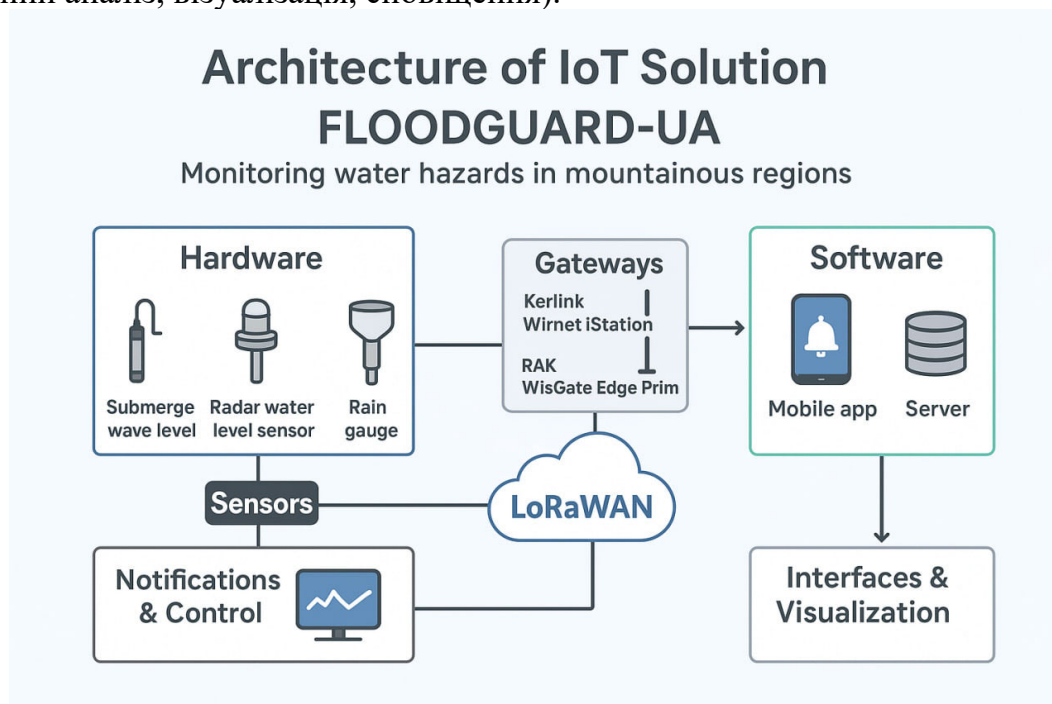


Рис. 1. Архітектура IoT-системи FLOODGUARD-UA

Використання архітектури FLOODGUARD-UA довело свою ефективність. У майбутньому планується розширення системи, зокрема шляхом впровадження алгоритмів машинного навчання для прогнозування та додавання нових сенсорних вузлів [2].

Подальший розвиток передбачає створення централізованої бази даних для накопичення історичних показників, що дозволить будувати довгострокові моделі та прогнозувати підтоплення з випередженням у кілька годин або днів.

Модульна архітектура дозволяє інтеграцію з національними метеорологічними та геологічними центрами, а також розширення функціоналу без зміни основної структури.

Практична реалізація системи сприятиме точному прогнозуванню, оптимізації роботи рятувальних служб та скороченню матеріальних збитків, а також буде корисною для науковців, що досліджують кліматичні зміни. Загалом впровадження таких IoT-рішень [3, 4] підвищує безпеку населення та може стати основою для національної інтелектуальної платформи екологічного моніторингу України.

Література

1. Shah, H., 2022. Routing in Internet of Things: A review. Journal of Communications and Media, [online]. Доступно: https://www.researchgate.net/publication/384076146_Routing_in_Internet_of_Things_A_review [Дата звернення 8 Жовтень 2025].
2. IoT Sensing for Advanced Irrigation Management: A Systematic Review, 2023. Sensors Journal, [online]. Доступно: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11991392/> [Дата звернення 8 Жовтень 2025].
3. Smart Irrigation Technologies and Prospects for Enhancing Water Use Efficiency, 2021. MDPI Water, [online]. Доступно: <https://www.mdpi.com/2624-7402/7/4/106> [Дата звернення 8 Жовтень 2025].
4. Research and Development of an IoT Smart Irrigation System for Farmland using LoRa and EC-IoT architecture, 2022. MDPI Electronics, [online]. Доступно: <https://www.mdpi.com/2073-4395/15/2/366> [Дата звернення 8 Жовтень 2025].
5. Efficient Secure Routing Mechanisms for the Low-Powered WSN-IoT, 2021. MDPI Sensors, [online]. Доступно: <https://www.mdpi.com/2079-9292/12/3/482> [Дата звернення 8 Жовтень 2025].

Архітектура ІОТ системи моніторингу у безпеки шахти

В.М. Чечет, В.А. Дружинін

Київський національний університет ім. Т.Г. Шевченка

Гарантування безпеки працівників у підземних умовах є критичним завданням для вугільних підприємств. Традиційні системи контролю не забезпечують швидкого реагування на критичні зміни, зокрема підвищення концентрації газів чи зниження рівня кисню. Застосування технологій Інтернету речей (ІОТ) дозволяє реалізувати безперервний збір даних і їхній аналіз у реальному часі, що підвищує рівень захисту та ефективність управління шахтою [1].

У підземних шахтах середовище змінюється миттєво — параметри тиску, температури, вологості та концентрації газів залежать від технологічних процесів і геологічних умов. ІОТ-рішення дають змогу інтегрувати різноманітні сенсори в єдину платформу, що забезпечує відображення поточного стану шахти та попередження персоналу про небезпеку. Існуючі рішення, як-от HELIX Mining Platform (MST Global) [1], HxGN GeoMonitoring Hub (Hexagon) [2] та Industrial Asset Tracking (Softengi) [3], підтверджують ефективність підходів до побудови багаторівневих систем моніторингу у промислових умовах.

Архітектура ІОТ-системи моніторингу безпеки шахти побудована за чотирирівневою моделлю (Рис. 1).

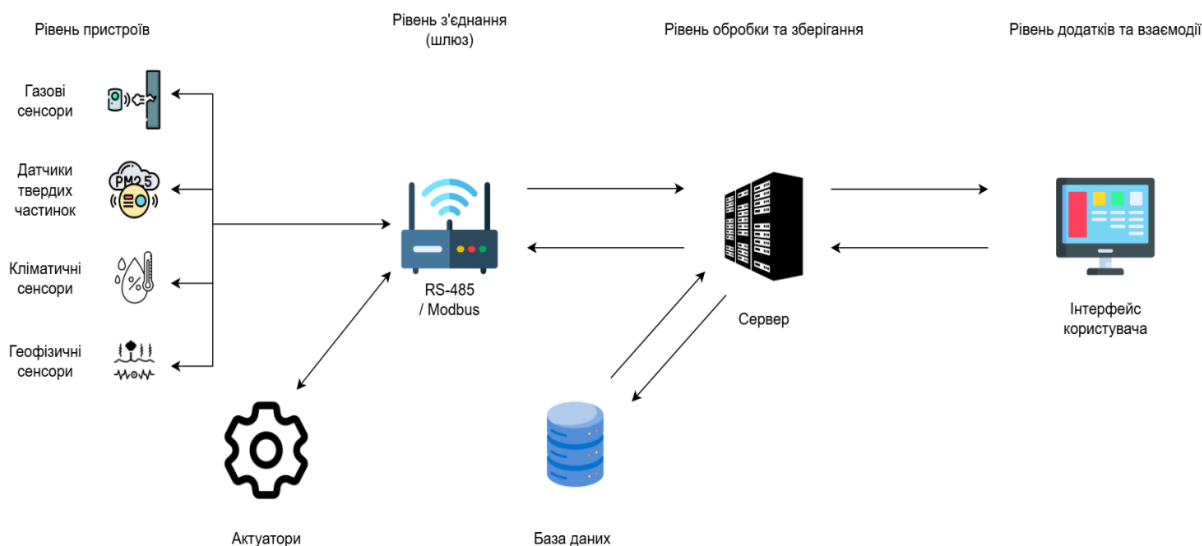


Рис 1. - Архітектура ІОТ системи моніторингу безпеки шахти

На рівні пристроїв здійснюється безперервний збір даних про параметри шахтного середовища за допомогою газових, пилових, кліматичних, вібраційних і сейсмічних сенсорів, що дозволяє відстежувати концентрації небезпечних газів, запиленість повітря, температуру, вологість, тиск і навіть мікросейсмічну активність у реальному часі [4]. Сенсорні модулі розміщуються у ключових технологічних точках шахти, де вони формують мережу

моніторингу, здатну виявляти критичні зміни ще до виникнення аварійної ситуації. Дані з пристроїв надходять до шлюзів, які виконують функції об'єднання каналів зв'язку, конвертації протоколів (RS-485, 4–20 mA → Modbus TCP/IP, OPC UA), а також первинної фільтрації та нормалізації сигналів [1, 3]. Завдяки цьому забезпечується стабільна передача інформації навіть у складних підземних умовах із високим рівнем електромагнітних перешкод. Серверна частина системи агрегує отримані показники, проводить аналітику, виявляє відхилення від нормативних значень і прогнозує потенційно небезпечні сценарії, реалізуючи концепцію «єдиного центру даних», аналогічну до рішення HxGN GeoMonitoring Hub [2]. Зібрані дані зберігаються у централізованій базі, що дозволяє проводити довгостроковий аналіз тенденцій, формувати звіти та підвищувати точність прогнозів. На верхньому рівні система надає диспетчерам вебінтерфейс із інтерактивною картою шахти, автоматичними сповіщеннями, журналом подій та аналітичними графіками, що відображають стан об'єктів у реальному часі [3, 5]. Інтерфейс інтегрується з корпоративними ERP-платформами, забезпечуючи оперативне управління інцидентами, ведення архівів і оптимізацію рішень щодо безпеки персоналу.

Можна зазначити, що запропонована архітектура IoT-системи моніторингу безпеки шахти забезпечує комплексний контроль параметрів середовища, своєчасне реагування на загрози та високу сумісність із сучасною промисловою інфраструктурою. Подальший розвиток передбачає впровадження інтелектуальних алгоритмів аналізу, машинного навчання для прогнозування небезпечних ситуацій та розширення функціоналу взаємодії з користувачами через мобільні застосунки. Такий підхід підвищує ефективність управління безпекою шахт і зменшує ризики аварій. У перспективі система буде доповнена модулями автоматичного керування вентиляцією та енергопостачанням на основі отриманих даних, що дозволить не лише виявляти загрози, а й запобігати їм у реальному часі. Також можливе розширення архітектури шляхом інтеграції з хмарними сервісами для централізованого аналізу даних із кількох шахт, формуючи єдину екосистему промислової безпеки нового покоління.

Література

1. MST Global, 2023. HELIX Mining Platform. [online]. Доступно: <https://mstglobal.com/iot-for-mining> [Дата звернення: 8 жовтня 2025].
2. Hexagon / Leica Geosystems, 2023. HxGN GeoMonitoring Hub. [online]. Доступно: <https://leica-geosystems.com> [Дата звернення: 8 жовтня 2025].
3. Softengi, 2022. Industrial Asset Tracking — IoT solution for industrial safety. [online]. Доступно: <https://softengi.com/projects/industrial-asset-tracking-iot-solution-on-guard-of-coal-mines/> [Дата звернення: 8 жовтня 2025].
4. King Pigeon, 2023. S372 Coal Mine Safety Monitoring Solution. [online]. Доступно: <https://www.itsolution.com/itsolutions/s372-coal-mine-safety-monitoring-solution-c00107c1.html> [Дата звернення: 8 жовтня 2025].
5. Triax Technologies, 2023. Spot-r Safety System. [online]. Доступно: <https://www.triaxtec.com/industries/mining> [Дата звернення: 8 жовтня 2025].

Впровадження інтелектуальних моделей керування та контролю якості у процесах цифрового друку ТОВ «Пакотек» в умовах Індустрії 4.0

Паола Чінкуе

Інститут поліграфії та медійних технологій НУ «Львівська політехніка»

Сучасне поліграфічне виробництво характеризується високою варіативністю параметрів друку (температура, тиск, вологість, швидкість перенесення фарби тощо), що ускладнює забезпечення стабільної якості продукції. Для малотиражного цифрового друку особливо важливим є швидке переналаштування обладнання та автоматичне прогнозування дефектів без участі оператора [1].

Модернізація засобів автоматизації та цифрової трансформації процесів поліграфічного виробництва, зокрема із залученням технологій Індустрії 4.0, дозволяють значно підвищити виробничу потужність оперативної поліграфії [2, 3]. Особливу увагу тут привертає впровадження інтелектуальних систем прогнозування якості друку, оптимізації технологічних параметрів та розробці цифрових моделей керування в компанії ТОВ «ПАКОТЕК», діяльність якої поєднує поліграфію, цифровий друк і IT-рішення [4]. Тому актуальним є створення інтелектуальних систем технічного зору, контролю якості та оптимізації параметрів, що працюють на основі штучного інтелекту, ПоТ і нечіткої логіки.

Метою дослідження є розробка концепції впровадження інтелектуальних моделей керування та контролю якості друку для підвищення точності, стабільності та ефективності процесів сублімаційного, DTF-друку й машинної вишивки, для чого запропоновано розгорнути систему трирівневої інтеграції елементів автоматизації в поліграфічному виробництві ТОВ «ПАКОТЕК»:

Операційний рівень: датчики кольору, камери технічного зору, сенсори температури й вологості, приводи систем подачі матеріалу.

Контрольний рівень: алгоритми аналізу зображень, машинне навчання для виявлення дефектів друку, прогнозування якості сублімаційного переносу, адаптивне керування швидкістю та температурою.

Аналітичний рівень: нечітка логіка для прийняття рішень, цифрові двійники процесів друку, ПоТ-платформа для збору даних і візуалізації параметрів у реальному часі.

Запропонована структура забезпечує гнучке самонавчання на основі накопичених даних, що дозволяє оперативно підлаштовувати режими друку під зміну матеріалів або зовнішніх умов.



Рис. 1. Ієрархічна структура інтелектуальної системи керування процесом цифрового текстильного друку ТОВ «ПАКОТЕК»

Таким чином, запропонована архітектура інтелектуальних моделей керування дозволяє підвищити точність прогнозування якості поліграфічної продукції та зменшити кількість браку. Розроблена концепція інтелектуальної системи керування якістю друку на основі штучного інтелекту та нечіткої логіки можуть бути використані у створенні індустріальних цифрових лабораторій та навчальних полігонів для підготовки фахівців з інженерії та цифрового виробництва [3].

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бондаренко І. М. 2023. Інтелектуальні системи у поліграфічному виробництві. Львів: Видавництво ЛНУ.
2. Galkin V., Ivanov O. 2022. Smart Printing and IIoT: Integration Concepts for Industry 4.0. *Journal of Digital Manufacturing*, Vol. 5(3).
3. Cinque P. 2025. Non-reference quality control for studying technological processes of intellectual production. *Youth Science: Innovations and Global Challenges*, Vol. 2.
4. Пакотек. Офіційний сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: packotek.com.ua

IoT технології в задачах автономного керування безпілотним автомобілем

О.А. Шумейко, Д.Ю. Вигівський

Національний транспортний університет, Київ, Україна

Інтернет речей (IoT) - це загальна концепція мережі фізичних об'єктів ("речей"), оснащених датчиками, програмним забезпеченням та можливостями підключення, які дозволяють їм збирати та обмінюватися даними.

З метою забезпечити взаємодію між автономними транспортними засобами, звичайними автомобілями, дорожньою інфраструктурою, іншими пристроями та пішоходами для підвищення безпеки, ефективності та комфорту дорожнього руху була розроблена концепція екосистеми підключених автономних транспортних засобів (Connected Autonomous Vehicles Ecosystem, CAVE). CAVE – це комплексна система, що поєднує як підключені транспортні засоби (Connected Vehicles, CV), так і автономні транспортні засоби (Autonomous Vehicles, AV).

Основні функції та переваги CAVE полягає у підвищенні безпеки, оптимізації дорожнього руху, зниження впливу на навколишнє середовище, збільшенні комфорту пасажирів тощо.

Обмін даними дозволяє автомобілям заздалегідь отримувати інформацію про небезпечні ділянки, пробки або аварії, що допомагає запобігати дорожньо-транспортним пригод. Екосистема сприяє більш ефективному управлінню потоками транспорту, зниженню заторів і, як наслідок, зменшенню часу в дорозі. Більш плавний рух і оптимізація маршрутів ведуть до підвищення паливної ефективності та зниження викидів шкідливих речовин. Автономне водіння та підключені сервіси забезпечують більш комфортне пересування, дозволяючи пасажирам займатися іншими справами під час поїздки.

Таким чином, CAVE це не просто окремі автомобілі, а інтегрована мережа технологій, спрямована на трансформацію всієї транспортної системи.

Основна мета екосистеми CAVE використання принципів IoT в контексті транспорту: до "речей" у системі належать самі транспортні засоби, дорожня інфраструктура (світлофори, дорожні знаки, камери, датчики погоди), системи паркування та навіть персональні пристрої пішоходів. Всі вони оснащені датчиками і модулями зв'язку. Датчики в автомобілях і на дорогах постійно збирають величезні обсяги даних про навколишнє середовище, місцезнаходження, швидкість, стан дорожнього полотна, погодні умови тощо. Зібрані через IoT дані передаються до централізованих систем обчислень для аналізу з використанням штучного інтелекту. На основі цього аналізу автономні транспортні засоби приймають рішення про навігацію, гальмування, зміну смуги руху тощо. Таким чином CAVE використовує інфраструктуру IoT для реалізації функцій прийняття рішень.

Інтернет речей (IoT) як інструмент цифрової трансформації

І.В.Ющук

Національний університет харчових технологій

Сучасне суспільство переживає етап глибокої цифрової трансформації, у центрі якої знаходяться інноваційні технології. Одним із ключових напрямів цієї трансформації є Інтернет речей (Internet of Things, IoT) — технологічна концепція, яка забезпечує взаємозв'язок мільярдів пристроїв і систем у глобальну мережу обміну даними.

Інтенсивне впровадження IoT-технологій сприяє розвитку розумних міст, промисловості, сільського господарства, медицини, енергетики та систем екологічного моніторингу. Використання датчиків, хмарних обчислень, штучного інтелекту та великих даних дозволяє створювати гнучкі системи управління. Такі системи керування підвищують якість життя, знижують енергоспоживання та забезпечують раціональне використання ресурсів.

Проведений аналіз сучасних наукових джерел і практичних розробок у сфері Інтернету речей (IoT) підтверджує, що впровадження IoT-систем стало одним із ключових чинників четвертої промислової революції (рис. 1) [1]. Системи формують інтелектуальну інфраструктуру, здатну забезпечити ефективне управління ресурсами, автоматизацію виробничих процесів та підвищення економічних показників.

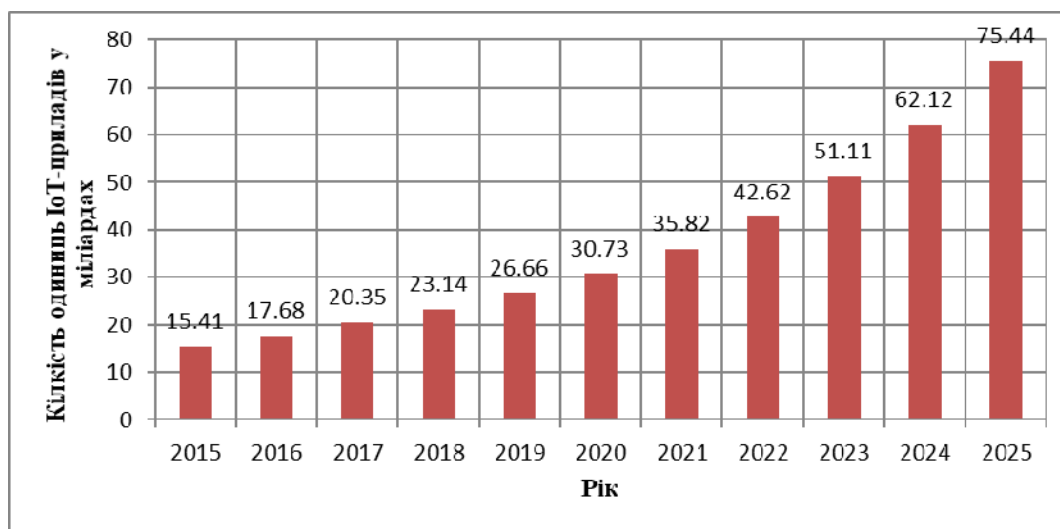


Рис 1. Кількість підключених IoT-приладів з 2015 по 2025 рік

У сфері енергетики впровадження IoT-технологій у системи «розумних» енергомереж (smart grids) сприяє раціональному використанню електроенергії, оптимізації розподілу навантажень і інтеграції відновлюваних джерел енергії. Завдяки інтелектуальним лічильникам, сенсорам і аналітичним платформам

забезпечується двосторонній обмін даними між постачальниками та споживачами [2].

У промисловості IoT відкриває нові можливості для автоматизованого виробництва, контролю якості та підвищення безпеки праці. Виробничі процеси, що базуються на IoT-сенсорах і системах машинного навчання, дають змогу своєчасно виявляти несправності, зменшувати енергоспоживання та витрати сировини. Це сприяє розвитку концепції «розумного підприємства» та переходу до гнучкого, енергоефективного виробництва.

У сільському господарстві застосування IoT-систем дозволяє реалізовувати точне землеробство (precision agriculture). Завдяки мережам сенсорів і системам супутникового моніторингу підвищується ефективність поливу, підживлення та контролю за станом ґрунту. Це забезпечує раціональне використання водних і мінеральних ресурсів, зменшує втрати врожаю та сприяє продовольчій безпеці.

Розумні міста є ще одним важливим напрямом застосування IoT-технологій. IoT-рішення інтегруються в транспорт, житлово-комунальні системи, безпеку та екологічний моніторинг. Системи «розумного транспорту» дозволяють регулювати трафік у реальному часі, зменшуючи затори й викиди CO₂, а розумне освітлення та управління відходами забезпечують енергозбереження і підвищення комфорту.

Проте швидке зростання кількості підключених IoT-пристроїв, за прогнозами понад 125 мільярдів одиниць до 2030 року, створює також низку глобальних критичних проблем. Високі енергетичні витрати на виробництво та утилізацію електронних пристроїв спричиняють зростання кількості електронних відходів. Лише близько 20 % такого сміття нині переробляється, тоді як решта потрапляє на звалища, створюючи загрозу для довкілля. Значною проблемою залишається дефіцит рідкісних металів, які використовуються у виробництві мікроелектроніки.

Зростання кількості підключених пристроїв збільшує ризики несанкціонованого доступу до інформації та маніпуляцій у критично важливих системах. Підвищення рівня захищеності даних, розроблення нових протоколів автентифікації та децентралізованих моделей зберігання інформації є ключовими умовами довіри до цифрових технологій. Безпека та етичність використання даних мають розглядатися як складові загальної концепції IoT-технологій.

Література

1. Statista (2025) База встановлених пристроїв, підключених до Інтернету речей (IoT), у всьому світі з 2015 по 2025 рік. [Онлайн] Доступно на: <https://www.statista.com/statistics/471264/iot-number-of-connected-devices-worldwide/> (Дата звернення: 09 Листопада 2025).
2. А.Н. Bagdadee, L. Zhang, M. Saddam Hossain Remus. (2020) A brief review of the IoT-based energy management system in the smart industry. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol.1056, pp.443-459. DOI:10.1007/978-981-15-0199-9_38

Інтеграція методів нечіткого розпізнавання ситуацій в ПоТ-системи для оптимізації енергоефективності

Ющук П.О. Сідлецький В.М.

Національний університет харчових технологій

Сучасне промислове виробництво постає перед з важливою задачею, пов'язаною з нераціональним використанням енергетичних ресурсів. Це призводить до значних фінансових витрат, зниження конкурентоспроможності та забруднення навколишнього середовища. В умовах глобальної енергетичної нестабільності, зростання вартості енергоресурсів та загострення екологічних проблем, підприємства змушені переглядати традиційні підходи до управління енергоспоживанням. Особливо актуальною ця проблема є для України, де питома енергоемність валового внутрішнього продукту залишається однією з найвищих у Європі.

Для вирішення цих завдань актуальним стає впровадження інноваційних цифрових рішень. У цьому контексті промисловий Інтернет речей (ПоТ) привертає особливу увагу. ПоТ являє собою інноваційний підхід до цифрової трансформації виробництва. ПоТ-технологія поєднує апаратні пристрої (датчики, контролери, приводи) з програмним забезпеченням та хмарними аналітичними платформами.

ПоТ створює можливості для безперервного моніторингу ключових енергетичних параметрів. Однак сам по собі не надає повноцінного механізму розуміння та оцінювання ситуацій, у яких перебуває енерготехнологічний об'єкт.

Нечіткі методи розпізнавання ситуацій стають тим інтелектуальним компонентом, який дає змогу інтерпретувати необроблені технологічні дані в термінах, зрозумілих для прийняття керуючих рішень: «ефективний режим», «неефективне горіння», «перевантаження», «передаварійна ситуація», «робота на низькому ККД». Інтеграція цих методів у ПоТ-системи дозволяє не лише фіксувати поточні значення параметрів, а й виявляти відхилення, класифікувати складні стани виробничих установок і пропонувати оптимальні керуючі впливи.

У реальному виробничому процесі дані від датчиків являються неповними, зашумленими, неоднозначними або навіть суперечливими. Традиційна булева логіка оперує жорсткими, бінарними значеннями "ІСТИНА/НЕПРАВДА". Така логіка є неефективною, оскільки не може врахувати всі нюанси та призводить до частих перемикачів. Нечітка логіка застосовується для ефективної роботи в таких умовах невизначеності.

Нечітке розпізнавання ситуацій (FSR) не є окремою технологією, а являє собою методологію системного аналізу та управління. Цей метод використовує математичний апарат теорії нечітких множин та нечіткої логіки. Її головна мета – ідентифікація поточного стану, тобто "ситуації", складної динамічної системи на основі неточних, неоднозначних та неповних вхідних даних.

На відміну від традиційної булевої логіки, яка оперує чіткими, бінарними значеннями, нечітка логіка працює з поняттям ступеня належності.

FSR надає математичний інструментарій для кодифікації евристичних, лінгвістичних правил у чітку базу знань IF-THEN.

Наприклад:

Якщо навантаження котла високе і вміст O_2 низький, то ситуація: неефективне згоряння (ступінь належності μ).

Це дозволяє створити обчислювальну модель, створюючи таким чином гібридний інтелект.

Інтеграція FSR забезпечує перехід від реактивного управління до проактивного та адаптивного енергоменеджменту. Наукові дослідження, які фокусуються на застосуванні нечіткої логіки в енергоменеджменті, демонструють потенціал вищої економії енергії (до 41.96%). Це може значно підвищити ефективність базової IoT-системи.

Для вирішення задачі розпізнавання ситуацій методологічно обґрунтованим є використання системи нечіткого висновку типу Мамдані. Алгоритм Мамдані є інтуїтивним, прозорим та легко інтерпретується людиною та ідеально підходить для моделювання експертних знань і класифікації ситуацій.

Метод FSR трансформує IoT-систему в інструмент проактивного управління, здатний не лише збирати дані, але й інтерпретувати складний промисловий контекст. Це є необхідною умовою для досягнення максимальної енергоефективності. Інтеграція методів Нечіткого Розпізнавання Ситуацій у системи промислового Інтернету речей для оптимізації енергоефективності є важливим кроком в енергоменеджменті та забезпечує перехід від простої автоматизації до когнітивного та адаптивного управління підприємством. Це надає системі ряд фундаментальних переваг, які значно перевищують можливості стандартної IoT-архітектури.

Література

1. GeeksforGeeks, 2025. *Fuzzy Logic | Introduction*. [online] Доступно: <https://www.geeksforgeeks.org/artificial-intelligence/fuzzy-logic-introduction/> [Дата звернення 16 Листопад 2025].
2. MathWorks, n.d. *Mamdani and Sugeno Fuzzy Inference Systems*. [online] Доступно: <https://www.mathworks.com/help/fuzzy/types-of-fuzzy-inference-systems.html> [Дата звернення 16 Листопад 2025].
3. Imamguluyev, R., Imanova, T., Nabiyeva, C., Poladova, U. та Amirova, R., 2024. *Fuzzy logic-based energy management in IoT-Enabled buildings*. [online] Доступно: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2024/31/e3sconf_iccsei2023_01009.pdf [Дата звернення 16 Листопад 2025].
4. Hol, M. та Bilgin, A., 2016. *A Fuzzy Logic Approach for Anomaly Detection in Energy Consumption Data*. [online] Доступно: <https://staff.fnwi.uva.nl/b.bredeweg/pdf/BSc/20152016/Hol.pdf> [Дата звернення 16 Листопад 2025].

Штучний інтелект у дослідженні ринку нерухомості

О. А. Шумейко, О. А. Ємець

Національний транспортний університет, Київ, Україна

Ринок нерухомості переживає найбільше за десятиліття технологічне зрушення, і ключову роль у цьому процесі відіграє штучний інтелект (ШІ). Алгоритми вже змінюють звичні процеси — від оцінки вартості та прогнозування цін до віртуальних турів та автоматизації угод. Компанії та інвестори розглядають ці технології як інструмент скорочення витрат та джерело нових конкурентних переваг.

Зростання ринку та перші результати. Перші дослідження застосування штучного інтелекту в нерухомості відносяться до 2018 року [1]. У Філадельфії тоді за допомогою алгоритмів soon-to-market detection було придбано два об'єкти загальною вартістю \$26 млн. Цей приклад показав, що технології можуть використовуватися не тільки для аналізу даних, але й для прийняття реальних інвестиційних рішень.

До 2024 ШІ вже увійшов у повсякденну практику. Алгоритми застосовуються для автоматичної оцінки та прогнозування цін, підбору об'єктів та управління портфелем.

Венчурні інвестиції в PropTech-компанії на базі штучного інтелекту досягли рекордних \$3,2 млрд, що підтверджує інтерес інвесторів до цієї сфери [2].

Довгострокові прогнози також вказують на зростання. За даними Precedence Research, до 2032 року обсяг ринку генеративного ШІ в нерухомості може досягти \$1,047 млн. за середньорічного зростання 11,52%. JLL Research відносить AI та generative AI до трьох технологій, які вплинуть на ринок в найближчі роки [3].

Останнім часом інтерес до застосування технології ШІ в оціночній практиці став виявлятися і у вітчизняних фахівців. Наприклад, у роботі 2024 року [4] оцінку житлової нерухомості здійснено за допомогою машинного навчання.

Література

1. Stevenson S. (2018) Modeling Housing Market Fundamentals: Empirical Evidence of Extreme Market Conditions, *Real estate Economics*, vol. 36.
2. Boya Z. (2019) An Empirical Analysis of the Factors Affecting Real Estate Price under the Background of Loose Monetary Policy, *Advances in Economics, Business and Management Research*.
3. Bhardwaj C. (2025) AI in Real Estate: 16 Powerful Applications with Real Examples, *Appinventiv*, September 18. URL : <https://appinventiv.com/blog/ai-in-real-estate>.
4. Pinchuk M. (2024) *Application of artificial intelligence to predict the market value of housing*. Kyiv : Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Kyiv, Ukraine.

5

СЕКЦІЯ

***ІНФОРМАЦІЙНІ
СИСТЕМИ
КЕРУВАННЯ
У ВИРОБНИЦТВІ
ТА ОСВІТІ***

Information management systems as a key factor in improving the efficiency of the educational process in Kazakhstan

L. Alzhanova

Almaty Technological University

N. Zaiets

Berliner Hochschule für Technik

Today, Kazakhstan operates management information systems at the state and departmental levels. These systems are used for centralized data collection, monitoring, and management decision-making at the highest level of education administration, as well as at the regional and local levels. The main purpose of the education management information system (EMIS) is to collect, store, process, and analyze statistical reports and data on the education system [1, 2].

EMIS are designed to automatically input data from regional education departments to the national level. The system covers information on preschool institutions, the composition of educational organizations, and student populations, enabling strategic planning and monitoring of the state of education in the regions. One of the key systems is the National Educational Database (NOBD/Big Data), a system for collecting, processing, and analyzing big data in education, used for comprehensive analysis and supporting fact-based management decisions [3, 4].

Tab. I

Education management information systems

Name	Functional
National Educational Database (NEDB) / Big Data	collection, processing, and analysis of big data in education
Electronic Government Portal (Egov.kz)	government services related to education (online enrollment of children in schools and kindergartens, licensing and accreditation of organizations)
Electronic magazine and diary “E-kundelik”	an electronic system for keeping track of student progress and communication between the school, students, and parents
Bilimland.kz is one of the largest digital educational platforms in Kazakhstan.	a wide range of electronic educational resources, including the Online Mektep platform for distance learning, virtual laboratories and educational videos (TWIG Bilim) for schoolchildren and students
National Open Education Platforms (MOOCs) - MOOCs.kz	Massive open online courses (MOOCs) developed by leading universities in Kazakhstan to improve the accessibility and quality of higher education and continuing education
Skill.enbek.kz	a platform focused on additional education and retraining of specialists

The Electronic Government information system (Egov.kz) is integrated with the national government services portal eGov.kz and provides electronic services in education. The system facilitates functions such as online enrollment of children in schools and preschools, as well as the licensing and accreditation of educational institutions [5, 6].

The implementation of management information systems (MIS) is an important area of digital transformation in education, optimizing the educational process, improving the quality of administration, and enabling informed, data-driven management decisions. Management information systems in education perform a wide range of functions, encompassing not only academic but also administrative activities, leading to increased transparency and efficiency in educational institutions.

In Kazakhstan, a number of management information systems (MIS) and educational platforms are used in the education sector, aimed at automating administrative processes and improving the quality of education [7].

Below are platforms directly related to the educational process, providing access to content, distance learning, and electronic document management within educational institutions.

Thus, information management systems in Kazakhstan cover all levels – from public administration and statistical data collection (ISM, NOBD) to the direct organization of the educational process (E-Kundelik, Bilimland). Despite their significant advantages, their effective operation poses a number of challenges: ensuring reliability and information security, developing methods for evaluating system effectiveness, and enhancing the digital competence of teaching staff. Looking ahead, the development of intelligent technologies, including elements of artificial intelligence, for predicting academic performance and automated generation of educational content is particularly important.

References

1. *Information and Analytical Center: System for Education Data Analysis (SEDA)* (2025) [online]. URL : <https://seda.iac.kz/about>.
2. United Nations ESCAP (2025) *Kazakhstan Education System Digitalization* [online]. URL : https://www.unescap.org/sites/default/files/Kazakhstan_6.pdf.
3. Profit Day Education Forum (2017) *Digital Education in Kazakhstan: Trends and Solutions* [online]. URL : <https://profitday.kz/pdf/education2017/1-1.pdf>
4. Ministry of Education of the Republic of Kazakhstan (2021) *Education Management Information System (EMIS): Overview and Development Strategy*. Astana : Ministry of Education.
5. OECD (2020) *Education Policy Outlook: Kazakhstan*. Paris : OECD Publishing. URL : <https://www.oecd.org/education>.
6. E-Government of the Republic of Kazakhstan (eGov.kz) (2025) *Digital Transformation and Public Services in Education* [online]. URL : <https://egov.kz>
7. Zhaxylykova N., Sarsembayeva G. (2022) Digitalization of the Education System in Kazakhstan: Problems and Prospects, *Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*, 3(397), 45–53.

Implementation of ERP Systems in the Food Industry: Experience and Prospects

M. Hrama

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

The food industry is increasingly facing challenges related to production efficiency, supply chain complexity, regulatory compliance and rapidly changing consumer demands. Enterprise Resource Planning (ERP) systems have emerged as essential tools for addressing these challenges, providing integrated platforms that unify financial, operational, procurement, production and distribution processes. The implementation of ERP solutions in the food sector allows companies to improve visibility, streamline workflows, optimize resource utilization and enhance overall decision-making capabilities.

Experience from leading food enterprises demonstrates that ERP systems facilitate the consolidation of data across multiple departments, creating a single source of truth for management. By integrating inventory management, procurement, production scheduling, quality control and sales planning, ERP systems reduce redundancies, minimize errors and enable real-time monitoring of operational performance. E. g., accurate tracking of raw material inventories and production batches improves planning accuracy and helps prevent shortages or overstock situations, which are particularly critical in industries with perishable products.

Another important aspect of ERP implementation is quality and regulatory compliance. Food manufacturers must adhere to strict safety standards, traceability requirements and reporting obligations. ERP systems support these processes by enabling digital record-keeping, automated reporting and end-to-end traceability of raw materials and finished products.

From operational perspective, ERP systems contribute to greater efficiency by automating routine tasks, facilitating workflow coordination and providing predictive insights. Advanced ERP platforms incorporate analytics and artificial intelligence tools that can forecast demand, optimize production schedules and identify potential bottlenecks. This allows companies to respond quickly to fluctuations in market demand, reduce waste and maintain high levels of service quality.

Looking forward, the prospects for ERP systems in the food industry are closely linked to digital transformation and Industry 4.0 initiatives. The integration of ERP platforms with IoT devices, digital twins, and advanced data analytics will further enhance operational visibility, enable predictive maintenance, and support adaptive decision-making in real time.

In conclusion, the implementation of ERP systems in the food industry has proven to be a transformative step toward achieving operational excellence, regulatory compliance and strategic agility. By combining experience with emerging technologies, food companies can leverage ERP platforms not only as administrative tools but also as strategic instruments for innovation, sustainability and long-term competitiveness.

Intelligent Systems for Demand Forecasting and Production Planning

M. Hrama

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

In today's competitive and rapidly changing market environment, accurate demand forecasting and efficient production planning have become critical factors for the success of manufacturing and food industry enterprises. Traditional planning methods, which often rely on historical averages and manual adjustments, struggle to keep pace with fluctuating consumer preferences, seasonal variations, and dynamic supply chain conditions. Intelligent systems that integrate machine learning, artificial intelligence, and advanced analytics offer a transformative approach, enabling companies to make data-driven decisions, optimize resource allocation, and minimize waste while ensuring timely delivery of products.

Intelligent demand forecasting systems leverage large-scale, heterogeneous data sources, including sales records, market trends, social media activity, weather conditions, and economic indicators, to generate accurate predictions of future demand. Machine learning models such as regression algorithms, time-series analysis, neural networks, and ensemble methods can detect complex patterns and nonlinear relationships within the data, providing insights that surpass traditional forecasting techniques. These predictions allow managers to plan production volumes more precisely, align procurement schedules with expected demand, and reduce the risk of stockouts or overproduction, which is especially critical in industries with perishable goods.

By analyzing real-time production data, equipment performance, and workforce availability, these systems can generate optimal production schedules, allocate resources efficiently, and identify potential bottlenecks before they affect operations. Integration with ERP systems, IoT devices, and supply chain management platforms further enhances coordination across departments, ensuring that procurement, production, and distribution are fully synchronized.

Another key advantage of intelligent planning systems is their ability to adapt to changing conditions. This adaptability is essential for responding to sudden market shifts, unexpected disruptions in supply chains, or evolving consumer preferences. Additionally, these systems support scenario analysis and "what-if" simulations, allowing decision-makers to evaluate the impact of different strategies and select the most effective course of action.

In the long term, the combination of AI-driven demand forecasting and production planning contributes to greater operational efficiency, cost reduction, and sustainability. By minimizing waste, optimizing resource use, and ensuring timely fulfillment of customer demand, intelligent systems strengthen competitiveness and resilience in dynamic industrial environments. As these technologies continue to evolve, they will become foundational components of smart manufacturing ecosystems, enabling highly responsive, data-driven, and strategically agile production operations.

Knowledge Management Information Systems in Higher Education Institutions

M. Hrama

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

In contemporary higher education, the effective creation, organization, dissemination, and utilization of knowledge are essential for ensuring academic excellence, research innovation, and institutional competitiveness. Knowledge Management Information Systems (KMIS) have emerged as crucial tools for facilitating these processes, enabling universities and colleges to capture both explicit and tacit knowledge, streamline information flows, and support data-driven decision-making at all levels of institutional operations.

KMIS in higher education institutions integrate multiple functionalities, including digital repositories, collaborative platforms, learning management systems, research databases, and communication tools. These systems allow faculty, researchers, and administrative staff to access relevant information efficiently, share expertise across departments, and preserve critical institutional knowledge. By systematically organizing research outputs, course materials, administrative records, and best practices, KMIS help prevent the loss of valuable intellectual resources, particularly in cases of staff turnover or organizational restructuring.

One of the key benefits of KMIS is their ability to support collaborative knowledge creation and innovation. Through shared digital workspaces, discussion forums, and project management tools, faculty and students can engage in joint research, interdisciplinary projects, and problem-solving initiatives. This data-driven approach enhances strategic planning and improves the overall quality of education and research outputs.

KMIS also play a critical role in enhancing teaching and learning processes. Adaptive learning technologies integrated within KMIS can personalize educational content based on individual learning styles, performance metrics, and progress tracking, thereby improving learning outcomes and supporting student success.

Furthermore, knowledge management systems enhance administrative efficiency by automating routine processes, facilitating evidence-based decision-making, and supporting institutional governance. For example, analytics generated by KMIS can inform resource allocation, faculty workload management, and accreditation compliance, ensuring that higher education institutions operate more effectively and responsively.

In conclusion, the implementation of Knowledge Management Information Systems in higher education institutions is a strategic approach to capturing, leveraging, and disseminating intellectual capital. By integrating technology with knowledge-oriented organizational practices, KMIS support academic innovation, operational efficiency, and continuous improvement, ultimately fostering a culture of knowledge sharing, collaboration, and sustainable institutional development.

Development of an AI-Based CRM System for Optimizing Sales Processes in the Transport Sector

S. Korzh

Sumy State Pedagogical University named after A.S. Makarenko, Sumy, Ukraine

V. Gavrylenko

2National Transport University, Kyiv, Ukraine

In modern business, the sales department plays a critically important role. The efficiency of sales managers directly affects a company's revenue growth and competitiveness. The implementation of digital technologies and AI in sales processes is already showing tangible results: according to McKinsey, companies that have automated and optimized their sales processes using technologies such as CRM, analytics, and machine learning achieve productivity gains of about 10–15% [1].

The use of AI makes it possible to build a more flexible and data-driven organization, where routine operations are automated, allowing managers to focus on building relationships with clients. Surveys of Ukrainian companies show that more than 90% of employees have experience using AI at work, and 55% use it regularly. Therefore, the development of AI-based software tools for sales departments is relevant both globally and in the Ukrainian context [2,3].

The sales department in the transport sector (logistics, freight, and passenger transportation) generates a significant share of companies' income, so its efficiency directly impacts competitiveness.

At the same time, the transport industry is actively undergoing digital transformation. Global technologies (AI, the Internet of Things, blockchain) expand companies' capabilities, lower market entry barriers, and intensify competition. E. g., digital freight booking platforms allow users to instantly check availability and current rates, compare carrier offers, and confirm deliveries immediately [3].

AI-driven analytics algorithms in transport analyze historical data and external factors (such as seasonality, market demand, and fuel prices), enabling accurate forecasting of transportation volumes and resource planning. Thus, the combination of modern CRM systems and predictive analytics opens new opportunities for optimizing sales in the transport sector [4].

References

1. Heider C., Chen J. (2025) *Generative AI: Training ChatGPT as a sales assistant* [online], Simon-Kucher. URL : <https://www.simon-kucher.com/en/insights/generative-ai-training-chatgpt-sales-assistant>.

2. Zendesk (2025) *The Role of AI and Machine Learning in Sales in 2025* [online]. URL : <https://www.zendesk.com/sell/features/ai-for-sales>.

3. InsideSales.com (2025) *AI in sales optimization*. URL : <https://www.insidesales.com>.

4. Drift (2025) *AI-powered conversational marketing platform*. URL: <https://www.drift.com/>

Model of an Individualized Learning System Based on Data Analytics and Artificial Intelligence

A. Kotvytska, M. Hrama, O. Sedykh

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

In modern schools, the educational process is mostly carried out at the same pace for all students, which does not take into account their individual educational needs, abilities and speed of learning. At the same time, digital educational platforms accumulate large amounts of data on the performance, dynamics of learning, interests and difficulties of schoolchildren. As researchers note, the integration of artificial intelligence technologies into education opens up opportunities for deep personalization and increasing the efficiency of the educational process. The use of these data in combination with artificial intelligence algorithms creates opportunities for the development of a personalized, practice-oriented learning system. The aim of the study is to form a model that optimizes the educational process and creates effective educational trajectories for each student.

The data sources are electronic journals and educational systems that record the pace of task completion, the level of skill development, typical errors and progress in various subjects. Artificial intelligence models already used in the educational sector demonstrate the effectiveness of such approaches in systematizing information and building accurate forecasts. The work uses Big Data processing technologies, machine learning (clustering, forecasting, recommendation models), and adaptive content generation mechanisms. The system begins the analysis from grade 5, accumulating long-term educational patterns and forming possible learning profiles.

The implementation of the model provides a flexible, individualized distribution of the educational load: extending time for complex topics, reinforcing subjects that the student is best at, and reducing overload in areas that do not match his abilities. Based on analytics, the system can form different groups of students and create effective schedules using artificial intelligence algorithms: one group attends mathematics, while the other - the Ukrainian language, which increases the quality and productivity of lessons. This approach contributes not only to increasing the efficiency of teaching, but also to creating additional jobs for subject teachers, since the model provides for the specialization of teachers even in primary school.

The integration of artificial intelligence and big data analytics into school education transforms the traditional learning process into an intelligent, flexible and adaptive system. The model creates new opportunities for the development of pedagogical personnel and allows to form competitive graduates, prepared for high-quality education in higher educational institutions and professional activity. Further research should be aimed at developing algorithms for building adaptive schedules, assessing the effectiveness of personalized learning and determining ethical principles of working with big data.

Implementation of a Learning Management System Based on Big Data Analytics

A. Kotvytska, M. Hrama, O. Sedykh

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

Modern higher education institutions are actively implementing electronic systems to support the educational process, in particular Moodle, “Electronic Campus” and other learning management systems (Learning Management Systems, LMS).

However, in most cases, these systems mainly perform the function of repositories of educational materials - lectures, tests, deadlines and other resources. At the same time, they generate significant amounts of data on students' educational activity: frequency of login to the system, viewing materials, speed of passing tests, etc. Such information arrays are an example of big data, the potential of which in the field of education remains insufficiently realized.

The aim of the study is to increase the efficiency of the educational process by implementing analytical mechanisms in the LMS to personalize learning and optimize teaching activities.

The source of data is the LMS, in particular indicators of time spent on pages, the number of test attempts, deadlines for passing practical tasks and previous learning results. The Apache Spark platform was used to process large amounts of information, and machine learning methods (clustering and forecasting) were used for analysis. Clustering allows to identify groups of students by behavioral patterns, and predictive models - to determine the risk of academic failure.

The obtained results indicate the effectiveness of using analytical models in learning support systems. The developed system demonstrated about 85% accuracy in identifying students in the “risk group” long before the start of the examination period. This allows teachers and supervisors to provide the necessary assistance in a timely manner. In addition, the integration of analytics ensures the adaptability of the educational process. In case of difficulties with a certain topic, the system can automatically offer additional materials, simplified tasks or alternative resources for learning. Teachers, in turn, receive summary reports, for example: “70% of students did not master topic 5”, which allows you to promptly adjust training courses and teaching methods.

The integration of big data analytics into traditional LMSs transforms them from simple systems for storing educational materials into intelligent learning management systems. This approach contributes to the personalization of the educational process, increasing student motivation and teaching efficiency. Further research should be aimed at resolving issues of ethics and data confidentiality, as well as expanding analytical functionality, in particular, including the analysis of text messages from forums to identify the emotional state and level of student engagement. The development of such systems is a promising direction for improving digital education in Ukraine.

Automation of energy monitoring in the field of production with the help of IoT and greenhouse systems

A. Kotvytska, O. Sedykh

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

The increasing complexity of industrial production processes and the growing emphasis on energy efficiency and sustainability have created an urgent need for automated energy monitoring systems. The integration of the Internet of Things (IoT) with greenhouse and smart production systems represents a transformative approach, enabling real-time data collection, analysis, and optimization of energy consumption across industrial facilities. This approach reduces operational costs and contributes to environmental sustainability by minimizing energy waste and carbon emissions.

IoT-based energy monitoring systems consist of interconnected sensors, smart meters, and communication networks that continuously track energy usage across production lines, equipment, and auxiliary systems. These sensors capture detailed information, including electricity, gas, and water consumption, as well as temperature, humidity, and operational load. By transmitting this data to centralized or cloud-based analytics platforms, managers gain real-time visibility into energy flows and can detect inefficiencies or anomalies that may indicate equipment malfunction or suboptimal operation. Automated control systems adjust these parameters dynamically, ensuring that energy-intensive processes operate at optimal conditions while maintaining product quality and safety standards.

Advanced analytics and machine learning algorithms play a critical role in the automation of energy monitoring. These systems can identify patterns in historical and real-time data, forecast energy demand, and recommend or implement optimization strategies. Predictive maintenance is another key benefit, as deviations in energy consumption often indicate wear or malfunction of equipment. By addressing these issues proactively, facilities can reduce unplanned downtime, lower repair costs, and extend the lifespan of machinery.

The combination of IoT and greenhouse-style control systems also enables integration with broader smart factory and Industry 4.0 initiatives. Real-time energy data can be linked with production scheduling, inventory management, and supply chain logistics, creating a fully interconnected ecosystem that maximizes operational efficiency. Furthermore, visualization dashboards and automated reporting enhance decision-making and support regulatory compliance regarding energy usage and environmental impact.

The automation of energy monitoring through IoT and greenhouse systems provides a comprehensive and intelligent approach to energy management in production environments. By combining real-time sensing, adaptive control, predictive analytics, and integration with broader industrial systems, these technologies not only optimize energy consumption and reduce costs but also promote sustainability, reliability, and innovation in modern manufacturing operations.

Distance Learning Systems and Educational Process Management: Current Trends

A. Kotvytska, O. Sedykh

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

The rapid digitalization of education has accelerated the adoption of distance learning systems and advanced tools for education management. Driven by technological innovations, increased access to the Internet, and changing expectations of students and educators, modern educational institutions are increasingly relying on digital platforms to deliver instruction, monitor learning outcomes, and optimize administrative operations. Distance learning systems expand access to education and enhance flexibility, personalization, efficiency in teaching and learning processes.

Current trends in distance learning emphasize the integration of learning management systems (LMS), virtual classrooms, video conferencing platforms, and collaborative tools that facilitate real-time communication between educators and learners. These systems allow instructors to design, organize, and deliver course content in a variety of formats, including text, video, interactive simulations, and assessments. Advanced LMS platforms also enable detailed tracking of student engagement, performance analytics, and adaptive learning pathways, allowing educators to tailor instruction to individual needs and improve learning outcomes.

In addition to instructional delivery, distance learning systems increasingly focus on comprehensive management of educational processes. Administrative functionalities include enrollment management, curriculum planning, scheduling, and resource allocation. By centralizing these processes in integrated platforms, institutions can reduce operational inefficiencies, ensure compliance with academic standards, and enhance transparency in administrative decision-making. Furthermore, data collected through these systems provides valuable insights into teaching effectiveness, student progress, and institutional performance, supporting evidence-based improvements in pedagogy and governance.

Artificial intelligence and data analytics are shaping the next generation of distance learning systems. AI-powered tools support personalized learning, automated grading, predictive analytics for identifying at-risk students, and intelligent content recommendations. Similarly, analytics dashboards help administrators and educators monitor institutional metrics, identify trends, and implement interventions proactively. The integration of AI with remote learning platforms facilitates a more responsive, adaptive, and learner-centered educational environment.

In conclusion, distance learning systems and educational process management platforms represent a transformative shift in modern education. By combining technological innovation, data-driven decision-making, and personalized learning strategies, these systems support improved educational outcomes, operational efficiency, and accessibility. Their continued development is essential for building flexible, inclusive, and intelligent learning environments that meet the evolving demands of students, educators, and society.

Percolation theory using Python

D. Novak

Kyiv National University of Technologies and Design

Percolation theory represents a fundamental framework in statistical physics and network science that describes the behavior of connected clusters in random systems [1]. This work presents a comprehensive Python-based implementation for studying percolation phenomena, focusing on both site and bond percolation models. The theoretical foundation of percolation begins with a lattice structure where each site or bond is randomly occupied with probability (p). As the occupation probability increases from zero to one, a dramatic transition occurs at a critical threshold (p_c) where a spanning cluster first connects opposite edges of the system [2, 3]. For two-dimensional square lattices, site percolation exhibits a critical probability of approximately 0.5927, while bond percolation shows p_c near 0.5. These values represent universal constants that are independent of system size in the thermodynamic limit. Figure 1 illustrates three characteristic regimes of site percolation, showing how the cluster structure evolves from isolated sites at low occupation probability through the critical transition to a dominant spanning cluster at high probability.

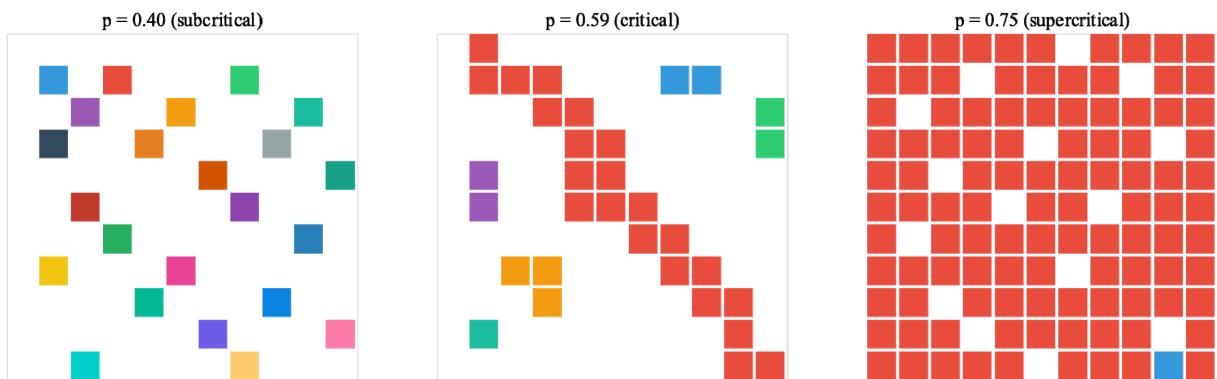


Fig. 1. Three percolation states

The Python implementation utilizes NumPy for efficient array operations and Matplotlib for visualization of percolation configurations. The core algorithm employs the Hoshen-Kopelman cluster labeling technique, which identifies connected components through a single-pass scan with union-find data structures. This approach offers computational complexity of $O(N \log N)$ for an N -site lattice, making it suitable for studying systems up to several thousand sites per dimension. The computational study reveals several important behaviors near the critical point. As the system size L increases, the percolation transition becomes sharper, approaching a true phase transition in the infinite limit. NetworkX enables graph-theoretic analysis where the percolation lattice is treated as a network, facilitating calculations of shortest paths, betweenness centrality, and other topological measures. Furthermore, Numba just-in-time compilation can accelerate the most computationally intensive

loops by factors of ten to one hundred, enabling studies of larger systems. The finite-size scaling analysis provides deeper insights into critical behavior. Fig. 2 demonstrates the characteristic sigmoid shape of the percolation transition curve, with the sharpening effect that occurs as system size increases from small lattices to larger ones.

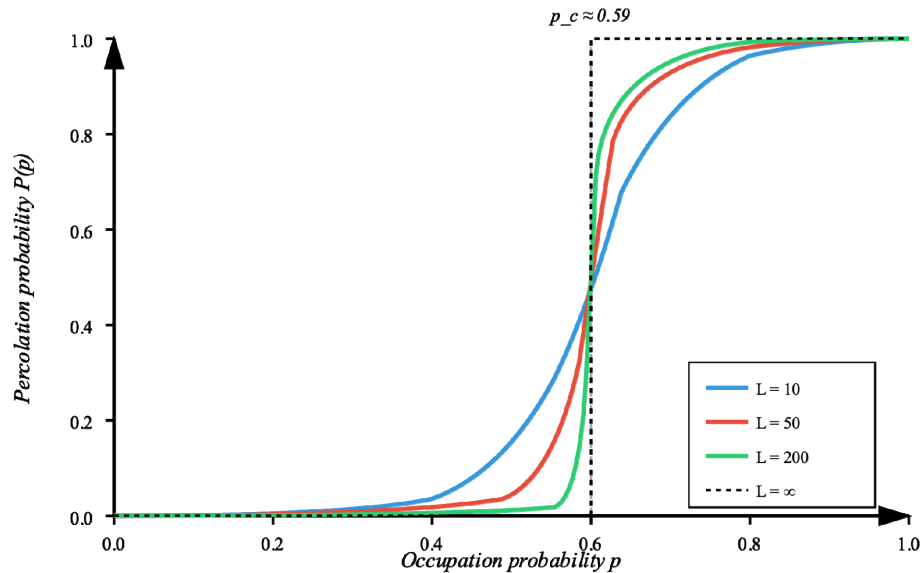


Fig. 2. Three percolation states

By simulating lattices of various sizes L and measuring the percolation probability near p_c , one can extract the critical exponents through data collapse techniques. Wrapping probability, which measures whether a cluster wraps around periodic boundaries, offers an alternative order parameter with reduced finite-size effects compared to the standard percolation strength. These measurements require averaging over many independent realizations to achieve statistical significance, typically hundreds to thousands of configurations per parameter point. This Python-based approach to percolation theory demonstrates how modern computational tools make complex physical phenomena accessible for research and education. The combination of efficient numerical algorithms, clear visualization, and flexible parameter exploration enables systematic investigation of critical phenomena. The code framework presented here serves as a foundation for extensions including directed percolation, continuum percolation, and percolation on complex networks.

Such studies continue to reveal new applications across disciplines ranging from epidemic spreading to forest fire propagation to electrical network analysis.

References

1. Stauffer D., Aharony A. (1994) *Introduction to Percolation Theory*. 2nd ed. London : Taylor & Francis.
2. Newman M. E. J., Ziff R. M. (2001) Fast Monte Carlo algorithm for site or bond percolation. *Physical Review E*, 64(1), p. 016706.
3. Saberi A. A. (2015) Recent advances in percolation theory and its applications [online], *Physics Reports*, 578, pp. 1–32. URL : <https://doi.org/10.1016/j.physrep.2015.03.003>.

Management Information Systems in Production and Education

A. Pozeichuk, M. Hrama

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

Modern society is at the stage of digital transformation, which covers all spheres of human activity - from industry to education. One of the key areas of this transformation is the implementation of information management systems (ISMs), which allow to increase the efficiency of process management, automate routine operations and improve the quality of managerial decision-making. Information systems are becoming the basis not only for production management, but also for educational institutions that adapt to the new requirements of the digital economy.

The study used analytical and comparative methods, analysis of modern publications and practical cases on the application of ISMs in industry and education. A generalization of approaches to the implementation of ERP, CRM and LMS systems was carried out, and their role in the digital transformation of organizations was also considered.

Information management systems in production provide:

- Automation of production processes. ERP (Enterprise Resource Planning) systems allow to plan resources, control supply, accounting of materials and labor resources in real time.
- Improving the efficiency of quality management. Integration of ISK with monitoring systems provides control of technological parameters and timely detection of deviations.
- Optimization of management decisions. The use of analytical modules allows you to predict risks, reduce losses and increase productivity.

In the educational sphere, management information systems contribute to:

- Organization of distance learning. LMS platforms (Learning Management System) provide for the creation of electronic courses, testing, and monitoring of student progress.
- Administrative automation. Electronic document management and scheduling systems increase the efficiency of administration.
- Personalization of learning. Data analytics allows you to adapt the educational process to the individual needs of students.

At the same time, the implementation of ISK is associated with a number of challenges: the need for qualified IT specialists, high implementation costs, cybersecurity and data protection issues.

Management information systems are a key tool for increasing efficiency in both production and education. Their implementation contributes to the automation of processes, improving the quality of management decisions and ensuring sustainable development of organizations. A promising direction for further research is the integration of IMS with artificial intelligence technologies and big data analysis, which will allow creating adaptive management systems of a new generation.

Collecting High-Quality Data to Improve the Efficiency of Lanzug Vacancies

O. Sedykh

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

Today, the effectiveness of job vacancies and recruitment campaigns depends significantly on the quality and depth of the data used to target, attract, and evaluate candidates. For Lanzug, optimizing vacancy effectiveness requires a systematic approach to collecting, analyzing, and applying high-quality data to recruitment processes. Properly managed data enables organizations to reach suitable candidates, improve hiring decisions, reduce recruitment cycles, and enhance workforce quality.

Collecting comprehensive data involves both internal and external sources. Internal data includes historical recruitment outcomes, candidate profiles, hiring timelines, retention statistics, and performance metrics. This information allows the identification of patterns in successful hires, enabling HR teams to tailor vacancy descriptions, screening criteria, and sourcing strategies to attract candidates who are more likely to succeed within the organization. External data, including labor market trends, competitor hiring practices, and candidate behavior on professional networks, provides insights into current talent availability and expectations, ensuring that Lanzug's vacancies remain competitive and appealing.

The application of modern digital tools and analytics platforms is critical in managing and interpreting recruitment data. Applicant Tracking Systems (ATS), combined with advanced analytics, can organize candidate information, track engagement metrics, and evaluate the performance of various recruitment channels. Machine learning models can further enhance recruitment effectiveness by predicting which candidates are most likely to perform well based on historical hiring data and observed behavioral patterns. These insights help refine vacancy content, prioritize outreach efforts, and optimize the allocation of recruitment resources.

High-quality data also enables targeted recruitment marketing. Data-driven personalization of job advertisements and communication improves candidate engagement and application rates while reducing the time and cost associated with finding suitable talent.

Metrics such as application conversion rates, time-to-hire, candidate quality, and employee retention provide actionable insights into which aspects of the recruitment process work well and which require improvement. Over time, this iterative approach to data collection and analysis ensures that Lanzug vacancies evolve in alignment with organizational goals and market dynamics.

In conclusion, collecting and leveraging high-quality recruitment data is a strategic imperative for improving the effectiveness of Lanzug vacancies. By integrating historical insights, market intelligence, and advanced analytics, organizations can optimize candidate targeting, streamline hiring processes, and enhance overall workforce performance, ensuring a sustainable competitive advantage in talent acquisition.

Integration of ERP and CRM Systems in Manufacturing Companies

O. Sedykh

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

In modern manufacturing companies, achieving operational efficiency, customer satisfaction, and strategic agility requires seamless integration of business processes across multiple functions. Enterprise Resource Planning (ERP) and Customer Relationship Management (CRM) systems are two critical technologies that support these objectives, each focusing on different aspects of organizational operations. ERP systems streamline internal processes, including production planning, inventory management, procurement, finance, and human resources, while CRM systems focus on customer interactions, sales management, marketing, and service. Integrating ERP and CRM enables manufacturing companies to unify data, enhance decision-making, and create a holistic view of both internal operations and customer engagement.

The integration of ERP and CRM systems provides several key advantages. First, it ensures data consistency and eliminates silos between production and customer-facing departments. For instance, real-time visibility into inventory levels and production schedules allows sales teams to provide accurate delivery timelines and pricing information to customers. Similarly, insights from customer interactions, purchasing history, and demand trends feed back into production planning and supply chain management, ensuring that manufacturing resources are aligned with actual market demand.

Another significant benefit is the enhancement of operational efficiency. In addition, integrated systems support predictive analytics and reporting, enabling managers to identify potential bottlenecks, optimize resource allocation, and make proactive adjustments to production schedules based on real-time market feedback.

Customer satisfaction and relationship management also improve significantly through integration. By providing a 360-degree view of customers, integrated systems empower marketing and sales teams to develop targeted campaigns, optimize product launches, and enhance post-sales support, leading to higher loyalty and long-term revenue growth.

Furthermore, the integration of ERP and CRM supports strategic decision-making by providing a unified platform for analytics and forecasting. Managers can assess operational performance, financial metrics, and customer trends in a single interface, facilitating data-driven decisions that align production capabilities with business objectives.

In conclusion, integrating ERP and CRM systems in manufacturing companies represents a strategic approach to improving operational efficiency, enhancing customer engagement, and strengthening competitive advantage. By bridging internal processes with customer insights, organizations can achieve better coordination, informed decision-making, and sustainable growth in a dynamic industrial environment.

Smart Classrooms and Next-Generation Educational Platforms

O. Sedykh

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

The evolution of digital technologies has transformed the education, giving rise to smart classrooms and next-generation educational platforms that redefine teaching, learning, and administrative management. Smart classrooms combine interactive hardware, digital content, and networked systems to create immersive and adaptive learning environments, while modern educational platforms integrate cloud-based services, learning analytics, and artificial intelligence to support personalized and efficient education. Together, these technologies enhance engagement, collaboration, and academic performance in both traditional and remote learning contexts.

A key feature of smart classrooms is the integration of interactive devices such as digital whiteboards, touchscreens, tablets, and sensor-enabled equipment that facilitate real-time interaction between instructors and students. These tools enable dynamic presentations, multimedia content delivery, and collaborative exercises, fostering active learning and critical thinking. Additionally, smart classrooms often incorporate Internet of Things (IoT) devices and environmental sensors to monitor classroom conditions such as lighting, temperature, and occupancy, optimizing comfort and creating an environment conducive to learning.

Next-generation educational platforms complement smart classroom technologies by providing centralized, cloud-based access to learning materials, assessments, communication tools, and administrative functions. These platforms support adaptive learning, allowing content and exercises to be personalized based on individual student progress, performance metrics, and learning preferences. AI and machine learning algorithms can analyze student behavior and outcomes, offering recommendations for targeted interventions, curriculum adjustments, and skill development, thereby enhancing academic success and reducing dropout rates.

Collaboration and communication are significantly enhanced through these platforms. Features such as discussion forums, virtual classrooms, shared workspaces, and video conferencing enable students and teachers to interact beyond the physical classroom, supporting blended and fully remote learning models. Integration with learning management systems (LMS) ensures that educational content, progress tracking, and assessment records are centralized, accessible, and easily analyzed for continuous improvement.

In conclusion, the combination of smart classrooms and next-generation educational platforms represents a transformative shift in education. By merging interactive physical environments with advanced digital tools, institutions can deliver personalized, collaborative, and data-driven learning experiences. These innovations not only enhance student engagement and learning outcomes but also support efficient administration, continuous improvement, and the development of a modern, adaptable educational ecosystem prepared to meet the evolving demands of learners and educators.

Architecture of an information management system based on API for distributed e-commerce complexes

K. Senko

Taras Shevchenko Kyiv National University

Modern e-commerce systems, particularly in specialised sectors like the trade of eco-products, are evolving from traditional monolithic platforms into complex, distributed organisational-technical complexes.

These complexes, such as agricultural cooperatives, involve multiple independent partner nodes (producers, storefronts) that must interface with a central management system.

This distributed model introduces significant challenges in maintaining data consistency, managing complex organisational processes (like user membership), and controlling technical business logic (like order fulfilment) across all nodes.

Traditional architectures are often insufficient for managing this level of interconnected complexity.

The relevance of this problem is heightened in sectors like eco-product sales, which directly relate to the food industry.

In such systems, it is critical to ensure reliable information flow and control between the central cooperative and its partners to manage supply chains, verify product origins, and handle memberships.

This creates a demand for a flexible, scalable, and robust software architecture that can serve as the primary information and software support for managing the entire complex.

The purpose of this work is to present an API-driven architecture designed to manage a distributed e-commerce complex.

We analyse the architecture of a real-world system designed for a cooperative structure, where individual partner e-commerce sites (nodes) are integrated with a Central Cooperative Database (CCD).

In this model, the Application Programming Interface (API) is not merely a data conduit; it functions as the fundamental software mechanism for information management and control over the distributed organisational-technical system.

The proposed architecture consists of two primary components: the central control system (the CCD) and the distributed partner nodes (individual e-commerce websites). The link between them is a JSON-based API that enforces the business and organisational logic of the complex.

This API-first approach aligns with modern trends in decoupled and microservice-based architectures, which prioritise flexibility and scalability. We analyse this control function by examining key methods defined in the system's API specification.

First, the system provides control over *organisational processes*. This is demonstrated by the register method. When a new user registers on a partner website, that node does not simply create a local account. It is required to call the central API,

transmitting specific, legally-significant data fields such as `surname_gen` and `name_gen` (genitive case of name and surname).

This data is used by the CCD for the automated generation of legal documents, such as the membership application. Thus, the API acts as the software control for managing the complex organisational process of admitting new members.

Second, the architecture facilitates control over *business processes*. This is shown in the design of the document management flow.

A partner node can use the `getUserDocsNoSign` method to query the CCD and determine if a user has outstanding documents awaiting signature.

Based on the response from this API call, the partner node is designed to apply a control action—for example, blocking the user from initiating new purchases until the required documents are signed.

This ensures that all nodes in the complex adhere to the central rules of operation.

Third, the API manages *data synchronisation and control*. Methods such as `getUserContacts` and `setTlg` illustrate this principle.

The partner node delegates the task of communication channel verification (e.g., for a Telegram account) to the central system.

It can then retrieve the verified contact information using `getUserContacts`. This architectural choice centralises data verification, ensuring a single, authoritative source of truth for user data and preventing data fragmentation across the distributed network.

In conclusion, the proposed API-driven architecture provides a scalable and robust solution for the information management of distributed e-commerce complexes.

By abstracting the core organisational and technical logic into a central API, the system effectively decouples the partner storefronts from the central management logic.

This allows for greater flexibility and independent development of partner nodes, while simultaneously ensuring system-wide data integrity and centralized control.

This model proves significantly more effective for managing complex organisational-technical systems, like an eco-products cooperative, than traditional monolithic approaches.

References

1. Ahmed R., Hassan M. (2025) Microservices and Event-Driven Architecture in Modern E-commerce Systems. [online], *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 25(2), pp. 1663–1670. URL : https://journalwjarr.com/sites/default/files/fulltext_pdf/WJARR-2025-1663.pdf.

2. Akinleye D., Olaoye G., Joseph O. (2023) Headless Commerce Architecture for Seamless Integration [online], *International Journal for Multidisciplinary Research*, 6(6). URL : <https://www.ijfmr.com/papers/2024/6/33706.pdf>.

3. Samoylenko H. T., Selivanova A. V. (2023) Distributed Information Systems in E-Commerce, *Mathematical Machines and Systems*, (2), pp. 69–74.

Інформаційна система аналізу ринку комп'ютерних ігор

О. Ю. Анісімов, О. В. Харкянен

Національний університет харчових технологій

Нині відеоігри є впливовою і важливою частиною сфер культури і комп'ютерних технологій. Ігрове індустрію як за популярністю, так і за доходами можна порівняти з індустріями музики та кіно. Відеоігри використовуються не тільки для розваги, а також як навчальні засоби та симуляції, елементи ж ігрового дизайну інтегруються у неігрові контексти.

У процесі дослідження розроблена спеціалізована інформаційна система для моніторингу і аналізу ринку відеоігор. Її створено у вигляді додатку з використанням мови програмування Python, графічного фреймворку Qt і системи керування базами даних SQLite. Для інтеграції Qt в Python застосована бібліотека PySide, а для інтеграції SQLite в Python — бібліотека sqlite3.

Масив даних з інформацією і різноманітними характеристиками відеоігор базується на відкритих даних популярного інтернет-магазину ігор Steam, вивантажених за допомогою Steam Spy API. Початковий набір даних завантажений у форматі JSON і переведений у формат бази даних SQLite, структура якої складається з 10 таблиць.

Важливим пріоритетом при створенні додатку було забезпечення користувача легким, інтуїтивно зрозумілим графічним інтерфейсом. Додаток дозволяє формувати вибірки даних і подавати їх у зручному вигляді (Рис. 1):

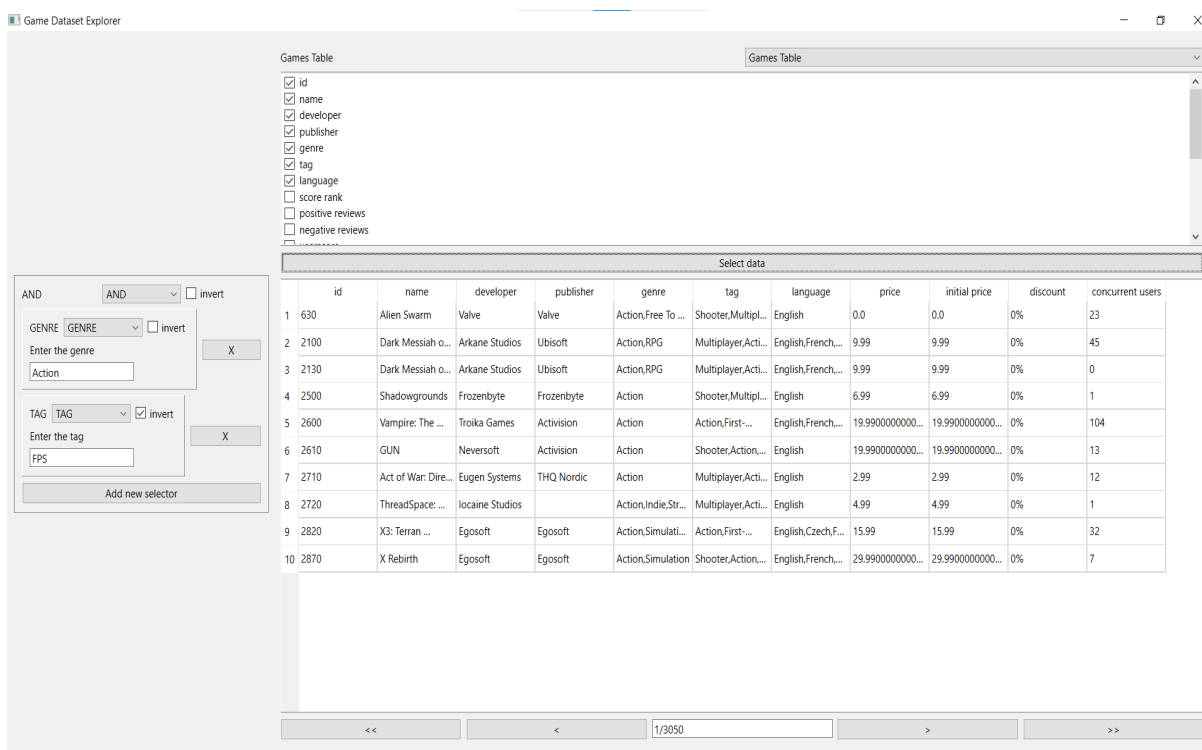


Рис. 1. Інтерфейс додатку для аналізу ринку комп'ютерних ігор

Інтерфейс містить два основні елементи: селектор (selector) і візуалізатор (visualiser).

Селектор відповідає за умови для формування набору даних. У формі завжди присутній основний селектор, а селектори типів «AND» і «OR» можуть мати дочірні. Селектор можна інвертувати, натиснувши на галочку «invert», і тоді умова буде протилежна вказаній.

У селектора також є функція «return_value» для повернення структури даних, що описує задану умову. Функція «buildQuery» формує на базі отриманої структури даних частину запиту SQL, що може бути розміщена у секції «WHERE».

Селектор може бути наступних типів: «AND», «OR», «COMPARISON», «GENRE», «DEVELOPER», «PUBLISHER», «LANGUAGE», «TAG», «NONE», «ALL».

Візуалізатори зазвичай мають параметри, що може обирати користувач і кнопку «Select Data», що формує запит SQL по типу візуалізатора, його параметрів та функції buildQuery на базі умови основного селектора. На основі результатів запиту створюється представлення, вигляд якого залежить від типу візуалізатора.

Візуалізатор може бути наступних типів: «Games Table», «Bar Chart», «Relation Table», «None».

Серед переваг розробленої інформаційної системи є легкість вибору різноманітних комбінацій параметрів відеоігор для аналізу за допомогою селекторів та інтуїтивна зрозумілість даних, що подаються користувачу з використанням візуалізаторів.

До недоліків можна віднести:

- незручності при використанні візуалізатора «Bar Chart» через наявність занадто схожих кольорів, відсутність підписів і підказок щодо стовпців графіку;

- кольори клітин таблиці при використанні візуалізатора «Relation Table» представляють деяку інформацію, але залежності між цією інформацією і кольорами не завжди очевидні для користувача, що ускладнює її аналіз;

- додаток іноді працює досить повільно, особливо при використанні візуалізатора «Relation Table».

Подальший розвиток інформаційної системи передбачає оновлення бази даних; формування набору даних на основі декількох джерел, виправлення виявлених недоліків, оптимізацію роботи програми, додавання нових селекторів і візуалізаторів тощо.

У цілому, використання інформаційної системи надає користувачу можливість зручно та оперативно аналізувати та візуалізувати великі обсяги інформації про комп'ютерні відеоігри.

Література

1. The Qt Company Ltd. (2025) *PySide6.QtWidgets* [online]. URL : <https://doc.qt.io/qtforpython-6/PySide6/QtWidgets/index.html>.

2. SQLite (2025) *Documentation* [online]. URL : <https://sqlite.org/docs.html>.

Розроблення інформаційної системи логістики доставки продукції для ТОВ «АЛАРІТ Т»

Д. В. Баляс, Н. В. Ліманська

Національний університет харчових технологій

Розроблення та впровадження інформаційної системи для управління логістикою доставки продукції для ТОВ «АЛАРІТ Т» стає, фактично, центральним інструментом, що забезпечує комплексну автоматизацію ключових етапів роботи.

Це стадії, починаючи від моменту прийому клієнтського замовлення та його подальшої оперативної обробки менеджером, і до фінального формування найбільш ефективних маршрутів, а також постійного контролю за їхнім виконанням.

Основна прерогатива — це значне скорочення часу, який раніше витрачався на рутинну обробку даних, зведення до мінімуму ризику людських помилок, а також суттєве підвищення якості обслуговування кінцевих клієнтів.

В архітектуру системи закладено два основні рівні доступу з чітким розмежуванням функціоналу.

Клієнтський рівень (орієнтований на партнерів, як-от магазини, кіоски та кафе) надає користувачам системи можливість зручно переглядати актуальний асортимент, легко оформлювати нові замовлення, детально аналізувати історію попередніх закупівель, а також швидко повторювати вже зроблені раніше замовлення.

Водночас, адміністративний рівень призначений для менеджера з логістики, який отримує повний контроль: він бачить усі наявні заявки, може їх підтверджувати чи вносити корективи, оперативно генерувати маршрутні листи, формувати необхідні аналітичні звіти та здійснювати повний контроль за роботою водіїв на лінії.

Ключовим функціональним елементом системи є блок маршрутної оптимізації.

Спираючись на географічні адреси клієнтів, програма самостійно вибудовує найкоротший та найефективніший шлях доставки, точно вказуючи необхідну послідовність точок заїзду, орієнтовний час прибуття та загальну відстань (Рис. 1).

Загальний очікуваний економічний ефект полягає у суттєвому розвантаженні логістичного відділу.

Завдяки автоматизованому оформленню, прискоренню обробки замовлень та оптимізації планування маршрутів, очікується підвищення ефективності логістики на 20–35% за рахунок скорочення часу на доставку та зниження операційного навантаження на штатний персонал.

Це створює надійну основу для подальшого сталого росту ТОВ «АЛАРІТ Т» та зміцнення його конкурентних позицій на ринку.

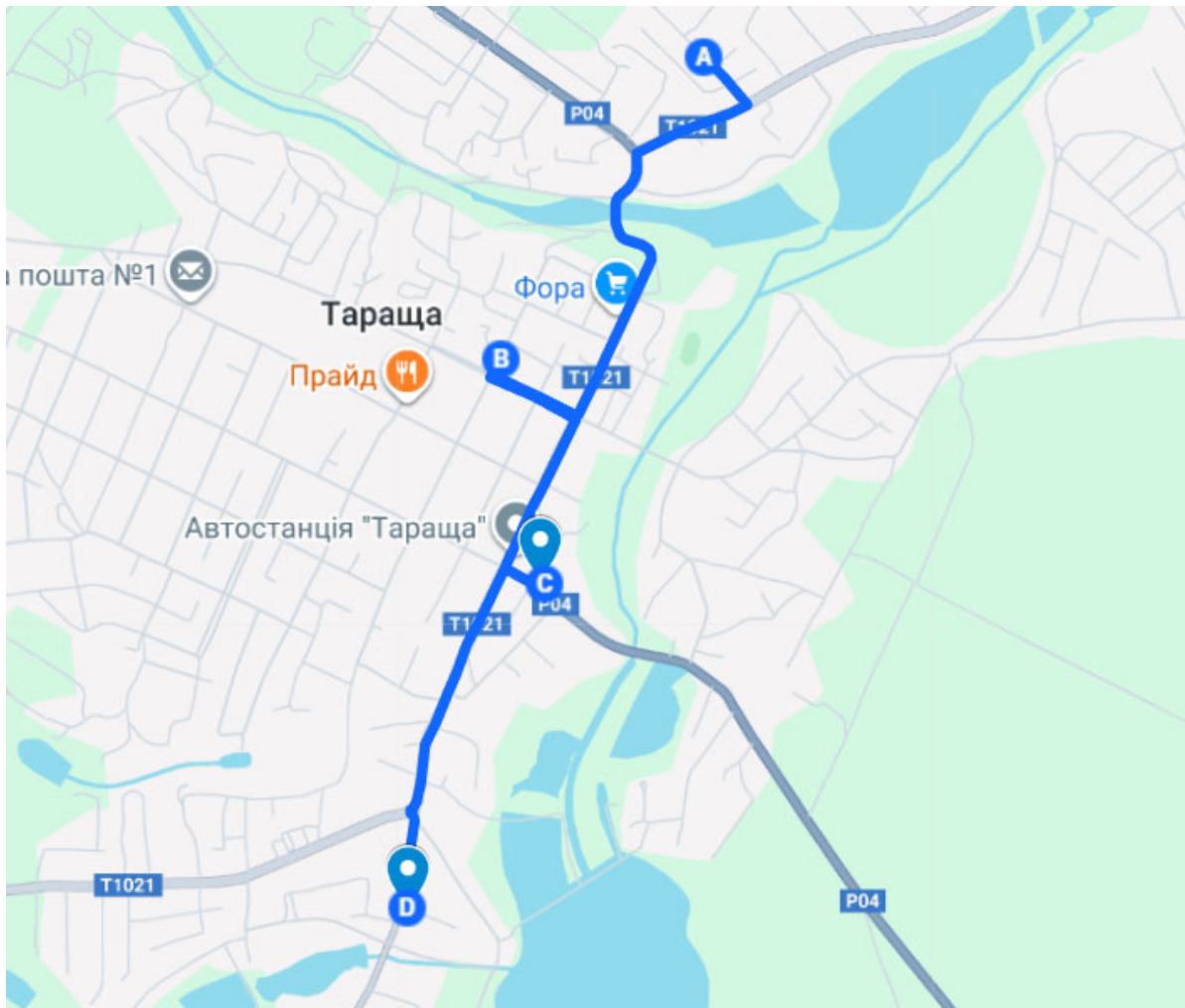


Рис. 1. Візуалізація маршруту доставки продукції ТОВ «АЛАРІТ Т»

Література

1. Wang L., Liu X., Wang X., Jiang Y. (2025) Location optimization of cold chain logistics parks based on Bayesian probability theory and K-means clustering analysis in China, *Scientific Reports*, vol. 15, no. 1, pp. 1–25. DOI : <https://doi.org/10.1038/s41598-025-23591-x>.

2. Chen Y. (2025) Optimizing the efficiency and cost of enterprise logistics warehouse: From the perspective of green supply chain management, *Innovation and Green Development*, vol. 4, no. 5, p. 100296.

3. Беценко Н. О., Костіков М. П. (2024) Підсистема підтримки та контролю діяльності автотранспортного підприємства, *Матер. І-ї міжнар. наук.-практ. конф. «Інформаційні системи та технології: результати та перспективи»*, 6 бер. 2024 р., К. : ФІТ КНУТШ, с. 332–333.

4. Беценко Н. О., Костіков М. П. (2024) Розроблення систем керування транспортними засобами з використанням технології AUTOSAR, *Наук. пр. Першої міжнар. наук.-практ. конф. «Штучний інтелект та інформаційні технології»*, 3–4 червня 2024 р. (Київ, Україна). К. : НУХТ, с. 145–146.

Інформаційна система обліку точки продажу морозива**О. І. Безверхий, М. Д. Зайцев***Національний транспортний університет, Київ, Україна*

Малий і середній бізнес, зокрема точки продажу морозива, стикаються з потребою у швидкому, зручному та точному обліку товарів, продажів та фінансових операцій. Впровадження автоматизованих систем обліку стає важливим інструментом для оптимізації роботи та підвищення конкурентоспроможності. Створення ефективної системи обліку дозволить автоматизувати процеси контролю залишків товару, реєстрації продажів та аналізу даних. Це сприятиме підвищенню точності обліку, зменшенню кількості помилок і покращенню обслуговування клієнтів. Метою роботи є розробка додатку для автоматизації обліку точки продажу морозива.

Для досягнення поставленої мети був застосований метод проектування програмного забезпечення, що базується на трирівневій клієнт-серверній архітектурі. Клієнтська частина реалізована у вигляді мобільного додатку в середовищі Android Studio з використанням мови Java та XML для опису інтерфейсу користувача. Цей вибір забезпечує високу продуктивність та стандартну сумісність із платформою Android[1]. Серверна частина (бекенд) розроблена на мові Python з використанням високопродуктивного асинхронного веб-фреймворку Sanic[2]. Використання асинхронного фреймворку було ключовим рішенням для створення швидкого RESTful API, здатного ефективно обробляти одночасні запити від точок продажу. Взаємодія між клієнтом та сервером відбувається за допомогою JSON-запитів. Рівень даних реалізовано на базі реляційної системи управління базами даних PostgreSQL. PostgreSQL обрано завдяки її надійності, масштабованості та потужній підтримці складних запитів, необхідних для аналітики продажів та управління залишками. Реалізації програмного продукту передував етап формального проектування, що включав моделювання варіантів використання (Use-Case) для визначення функціональних вимог та проектування реляційної схеми бази даних (ERD) для забезпечення цілісності та точності облікових даних. Інформаційна система реалізована як мобільний додаток на Android. Система підтримує чітке розмежування доступу на основі ролей: «Працівник» (касир) та «Адміністратор». Проведене комплексне тестування підтвердило коректну та стабільну роботу всіх модулів системи. Було валідовано ключові сценарії: авторизація, створення та оплата замовлення, автоматичне оновлення залишків на складі, генерація аналітичних звітів та управління доступом працівників.

Література

1. Phillips B., Stewart C., Marsicano K. (2017) *Android Programming: The Big Nerd Ranch Guide* : 3rd ed. Big Nerd Ranch, 720 p.
2. Sanic Community Organization (2025) *Sanic Build fast. Run fast* [online]. URL : <https://sanic.dev/en>.

Хмарні технології як основа масштабованих ІТ-рішень для бізнесу**М. Ю. Богуславський, В. В. Левченко, В. В. Гавриленко***Національний транспортний університет, Київ, Україна***О. С. Бондар, Н. І. Ляшко, В. С. Ляшко***Інститут кібернетики ім. В. М. Глушкова НАН України, Київ, Україна*

Хмарні технології стали фундаментом розвитку сучасних інформаційних систем, забезпечуючи гнучкість, відмовостійкість та швидке масштабування обчислювальних ресурсів. Для бізнесу це означає можливість будувати цифрову інфраструктуру без значних початкових вкладень у власне обладнання та без необхідності підтримувати складні локальні серверні комплекси. Однією з ключових переваг хмарних рішень є еластичність навантаження, завдяки якій компанії можуть оперативно збільшувати чи зменшувати обсяг ресурсів відповідно до поточних потреб. Це особливо важливо у сферах, де навантаження має нерівномірний характер: наприклад, у електронній комерції, у фінансових застосунках або в аналітичних системах, що обробляють дані у пікові години.

Для ілюстрації впливу еластичного масштабування можна використати просту модель (1), яка показує залежність часу обробки задачі T від кількості виділених обчислювальних одиниць n :

$$T = T_0 / n, \quad (1)$$

де T_0 — час виконання задачі на одному ресурсі. Ця модель відображає ідеальний випадок лінійного прискорення, яке, хоча й не завжди досягне у реальних умовах, добре демонструє принцип: збільшення доступної потужності дає змогу суттєво скорочувати час обробки великих масивів даних та пришвидшувати бізнес-процеси.

Окрім масштабування, важливою властивістю хмарних платформ є висока відмовостійкість. Хмарні провайдери використовують географічно розподілені центри обробки даних, що дозволяє системам продовжувати роботу навіть у разі збоїв в окремих вузлах. Це значно підвищує доступність сервісів порівняно з традиційними локальними інфраструктурами. Важливу роль відіграє й модель оплати за спожиті ресурси.

Отже, хмарні технології формують інфраструктурну основу цифрової трансформації бізнесу. Їх застосування забезпечує швидке масштабування, високу надійність, оптимізацію витрат та гнучкість у побудові сучасних інформаційних систем. Подальший розвиток хмарних сервісів визначатиме ефективність ІТ-рішень та конкурентоспроможність організацій у майбутньому.

Література

1. Armbrust M. et al. (2010) A View of Cloud Computing, *Communications of the ACM*.
2. Mell P., Grance T. (2011) The NIST Definition of Cloud Computing, *NIST Special Publication*.
3. Erl T., Puttini R., Mahmood Z. (2013) *Cloud Computing: Concepts, Technology & Architecture*. Prentice Hall.

Поширення військової лексики в українському медіапросторі

Д. С. Бондарчук, М. П. Костіков

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

З початком війни мова суспільства адаптується до нових реалій, і військова лексика проникає у повсякденне життя. Військові терміни входять і в медіапростір — їх використовують у новинах і публіцистичних статтях, на телебаченні та в інтернеті. Окрім того, сама військова термінологія активно поповнюється новими мовними одиницями, які потребують аналізу.

Метою цієї роботи є виявити стилістичні особливості лексики профільного українськомовного ЗМІ — порталу «Мілітарний», який із 2009 року висвітлює новини у сфері національної оборони [2]. Особливу увагу приділено порівнянню цієї лексики з мовним наповненням текстів довоєнного періоду неспеціалізованого видання «Експрес».

Власне, матеріалом для дослідження військової лексики стали тексти з порталу «Мілітарний», що містить різні розділи — текстові новини, статті, блоги та відеоконтент. Як джерело текстів обрано секцію «Статті». На перший погляд, вони здавались достатньо великими та майже однаковими по обсягу, що й підтвердилося: кожен текст містив приблизно 1000 словоформ. Але ручне копіювання і редагування статей із сайту — це тривалий і не ефективний процес. Для його оптимізації було використано автоматичне збирання даних із вебсторінок, або ж просто вебскрейпінг [3]. Його було реалізовано мовою програмування Python, і всього за декілька секунд роботи програма зібрала десятки й сотні статей. Так було з'ясовано, що з початку повномасштабного вторгнення до кінця березня 2024 року на порталі було опубліковано 283 статті.

Така кількість текстів виявилася зовеликою для обробки, тож ми зосередились на 45 статтях, виданих у першій половині 2024 року. Вони були завантажені на лінгвістичний портал «MOVA.info» у новостворену папку «портал Мілітарний» у розділ «Публіцистика». Ми обрали саме «MOVA.info» завдяки його функціоналу, який дозволяє автоматично визначати граматичні параметри тексту [1].

Щоб з'ясувати стилістичні особливості, було застосовано порівняльний метод для аналізу подібностей і відмінностей між текстами із сайту, що спеціалізується на військовій справі, та звичайного інформаційного ресурсу для масової аудиторії. Таким неспеціалізованим виданням став «Експрес» зі статтями, опублікованими до 2014 року. Про дату випуску цих матеріалів свідчили їх назви, де згадувалися політичні фігури початку 2010-х. Тоді як у заголовках текстів «Мілітарного» часто зустрічається найменування різних видів військової зброї та техніки. Ця особливість підкреслює тематику публікацій і привертає увагу саме зацікавленого читача.

Однією з можливостей «MOVA.info» є створення динамічних частотних словників, які допомагають виділяти найбільш уживані групи слів. При порівнянні частотних словників, відсортованих за семантикою, було виявлено,

що найбільш поширеними класами слів «мирної» лексики є власні імена та топоніми, тоді як військова лексика має значну перевагу у вживанні слів, що стосуються інструментів і пристроїв. До того ж, у текстах «Мілітарного» спостерігається менше унікальних словоформ, що доводить вузьку тематику військової публіцистики, тоді як лексика «Експреса» більш різноманітна та зосереджена на соціальних і політичних аспектах.

Проте абсолютної межі між загальноновживаною та військовою лексиками не існує, адже в текстах обох видань можна зустріти і власні імена, і топоніми, й інструменти, хоч і в меншій кількості залежно від спрямованості. Тобто особливістю спеціалізованої галузі є термінологія, яка забезпечує номінацію професійних понять. У випадку військової лексики терміни використовуються для найменування озброєння та самих військових дій.

Важливо зазначити, що внаслідок тісної співпраці із західними країнами військову лексику дуже активно поповнюють неологізми. Оскільки це нові слова, то в ході дослідження для пошуку неологізмів у лінгвістичному корпусі насамперед було відсортовано необроблену лексику. Найчастіше нерозпізнаними лексемами виявились скорочені назви одиниць вимірювання, такі як *км*, *мм*, *кг* тощо. Така велика їх кількість викликана тим, що в текстах аналізуються технічні характеристики озброєнь.

Також часто зустрічались назви військової техніки, записані латинкою, наприклад: *Leopard*, *Patriot*, *Bradley* — які є частиною нової реальності, де українська армія використовує іноземну техніку. Крім того, частина неологізмів не є назвами предметів чи явищ, які нещодавно з'явилися у загальному вжитку. Скоріше, це новий семантичний відтінок до вже відомих понять. Наприклад, слово *пакет* зараз часто означає набір військової, гуманітарної або фінансової допомоги, або ж *Міраж* — французький багатоцільовий винищувач.

Отже, українськомовна військова публіцистика наразі переживає етап активного розширення та поповнення різноманітними термінами. Аналіз статей порталу «Мілітарний» показав значне збагачення української мови саме новими назвами техніки та зброї. Це може бути як надання нового значення певному слову, так і пряме запозичення з інших мов. Така динаміка поширення військової лексики свідчить про актуалізацію потреби в її використанні через війну в Україні, а також демонструє способи інтеграції в українську мову нових термінів, необхідних для висвітлення воєнних дій.

Література

1. Лінгвістичний портал «*MOVA.info*» [online]. URL : <http://www.mova.info>.
2. Портал «Мілітарний» [online]. URL : <https://mil.in.ua/uk>.
3. Perez M. (2023) What is Web Scraping and What is it Used For? [online]. Parsehub. URL : <https://www.parsehub.com/blog/what-is-web-scraping>.
4. Кулдошина М. С., Костіков М. П. (2023) Можливості застосування комп'ютерної лінгвістики у військовій справі, *Матер. X Міжнар. наук.-техн. інтернет-конф. «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами»*, 24 листоп. 2023 р., К. : НУХТ, с. 101–102.

Вебфреймворк автоматизації процесів в інформаційних освітньо-організаційних системах

В. В. Борщова, Є. О. Зайцев

Київський національний університет ім. Тараса Шевченка

Підвищення ефективності управління навчальним закладом передбачає об'єднання розрізнених освітніх та адміністративних процесів в єдиному цифровому середовищі. Це дає змогу забезпечити прозорість роботи, підвищити якість обміну інформацією та спростити взаємодію між структурними підрозділами.

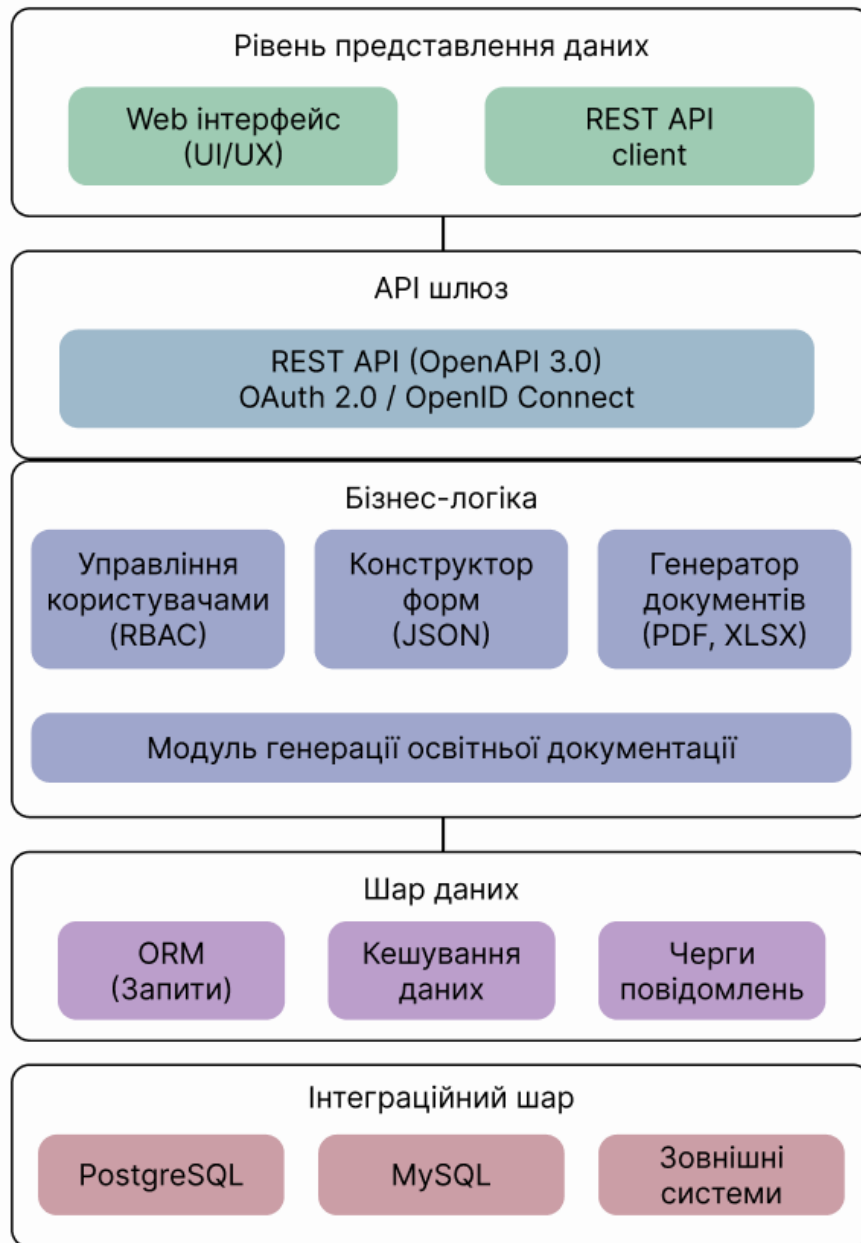


Рис. 1. Структурна схема вебфреймворку

Одним із напрямів вирішення цього завдання є розроблення веборієнтованого фреймворку, який автоматизує типові процеси управління даними, документообігом та користувацькими сервісами.

Такий підхід дозволяє централізовано організувати інформаційні потоки, забезпечити контроль доступу та інтеграцію з наявними системами. На рис. 1 представлено структурну схему запропонованого фреймворку.

Основа системи побудована на принципах розділення відповідальності [1], що включає рівень представлення даних, шар бізнес-логіки, модуль доступу до даних та інтеграційний шар.

Ключовими функціональними компонентами є система управління користувачами з RBAC-моделлю авторизації, конструктор електронних форм із JSON-конфігурацією, механізм генерації документів із підтримкою PDF та XLSX форматів, спеціалізований модуль генерації освітньої документації на основі академічних даних, а також API-шлюз для об'єднання з зовнішніми системами.

Система забезпечує широкі інтеграційні можливості через REST API [2] з документацією OpenAPI 3.0, підтримує протоколи автентифікації OAuth 2.0 та OpenID Connect, містить стандартизовані конектори для інтеграції з LMS і кадровими модулями.

Архітектура фреймворку дозволяє масштабувати окремі компоненти незалежно [2], забезпечує гнучку конфігурацію бізнес-процесів та підтримує роботу з реляційними базами даних PostgreSQL і MySQL.

Технічна реалізація передбачає використання контейнеризації для розгортання окремих модулів [2], кешування даних для підвищення продуктивності та механізмів черг повідомлень для асинхронної обробки запитів, забезпечить високу доступність системи, зручність супроводу та можливість адаптації під специфічні вимоги конкретних навчальних закладів.

Запропоноване рішення формує основу для створення комплексних інформаційних систем управління освітнім середовищем нового покоління, які інтегрують автоматизацію документообігу, кадрові процеси, аналітичні модулі моніторингу ефективності діяльності та електронні сервіси підтримки студентів і викладачів.

Подальший розвиток підходу може включати впровадження інтелектуальних інструментів аналітики даних, машинного навчання для прогнозування освітніх показників і розширення функціоналу за рахунок інтеграції з національними освітніми платформами та системами електронного урядування.

Література

1. Fowler M. (2002) *Patterns of Enterprise Application Architecture*. Addison-Wesley Professional, pp. 17–22.
2. Fielding R. T. (2000) *Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures* : Doctoral dissertation. University of California, pp. 76–85.
3. Newman S. (2021) *Building Microservices: Designing Fine-Grained Systems*. Sebastopol : O'Reilly Media, pp. 145–152.

Проектування електронного словника для порівняння англійського та українського молодіжного сленгу

А. Д. Василевська, М. П. Костіков

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

У лінгвістиці сленг завжди відігравав помітну роль та мав значний вплив на мовну культуру. Зараз особливо актуальним є дослідження англійського та українського молодіжного сленгу, адже сучасна комунікація дедалі частіше відбувається в глобальному цифровому просторі.

Така його популярність є водночас і проблемою, позаяк постійне оновлення сленгових виразів ускладнює їхнє розуміння та переклад [1, 2].

Крім того, брак актуальних перекладних словників призводить до труднощів у пошуку відповідників для англійських сленгових одиниць. Через це перекладачі стикаються з проблемами відтворення емоційного забарвлення або культурного підтексту, що може призвести до втрати автентичності реплік і стилістичних особливостей тексту [3].

Враховуючи вищезазначене, було вирішено розробити перекладний словник англійського молодіжного сленгу з українськими відповідниками. При успішній реалізації таке дослідження допоможе спростити аналіз сленгових одиниць у сучасних англійських серіалах з урахуванням культурних і соціальних відмінностей між англійською та українською мовами.

В цілому електронні словники будуються на подібних принципах до традиційних друкованих видань, однак мають свою специфіку порівняно з ними. Ці особливості мають бути відображені як у структурі бази даних проєктованих засобів, так і в алгоритмах роботи, логіці та коді додатків, а також у інтерфейсі користувача [4–5]. Крім того, це може впливати і на вибір технологій програмної реалізації [6].

Для досягнення поставлених цілей у нинішньому дослідженні було вирішено обрати наступні складові системи.

1. Основний словник сленгових одиниць із англійськими словами, українськими відповідниками та прикладами контекстуального вживання. Цей набір даних може бути сформовано на основі субтитрів до серіалу («Riverdale» із бази OpenSubtitles) і містити не менш ніж 250 одиниць із можливістю подальшого розширення.

Для опрацювання цього матеріалу можна використовувати спеціально розроблений Python-скрипт, який дозволить автоматично зіставляти оригінальні й перекладені репліки, виокремлювати сленгові одиниці та аналізувати їхню частотність.

2. Частотність сленгу, а саме статистику використання кожної одиниці в англійських субтитрах. Це зокрема кількість появ і контекст, що також додатково записуватиметься в таблицю Excel. На основі цієї бази можна формувати топ-10 найуживаніших слів і в подальшому проводити частотний аналіз.

Це також буде ефективно і для порівняльного аналізу, оскільки тут буде міститися інформація про перекладацькі стратегії, де для кожної сленгової одиниці буде зазначено тип перекладу. Надалі це дозволить визначати найефективніші підходи для збереження емоційного та стилістичного забарвлення.

Додатковий аналіз включатиме в себе частину, яка шукає та виводить інформацію про слова, які траплялися більше одного разу, щоби краще зрозуміти, які з них є справді важливими для серіалу та стилю мовлення персонажів.

Передбачені особливості майбутньої системи також можуть включати:

- зручний графічний інтерфейс користувача, створений на основі бібліотеки Tkinter, який забезпечуватиме швидкий пошук, сортування та перегляд сленгових одиниць;
- під'єднання модуля візуалізації частотності, що відображатиме статистику використання у вигляді діаграм або графів.

У перспективі розроблена система може стати основою з навчальними функціями або інтерактивними ресурсами для перекладачів і студентів лінгвістичних спеціальностей. Це сприятиме не лише вивченню молодіжного сленгу, але й розвитку технологій, що поєднують лінгвістику, програмування та перекладознавство.

Література

1. Бондаренко К. (2009) Співвідношення сленгової лексики української та англійської мов: лексикографічний та перекладацький аспекти, *Наукові записки. Серія: філологічні науки (мовознавство)*, вип. 81(3), с. 141–146.

2. Victor T. (2011) Unconventional English in a conventional setting: the genesis and joy of the New Partridge Dictionary of Slang and Unconventional English, *Revista Alicantina de Estudios Ingleses*, no. 24, p. 275.

3. Добровольська А. Ю., Сегін Л. В. (2016) Особливості функціонування сленгу в американському кінотексті (на матеріалі серіалу «Теорія великого вибуху»), *Вісник студентського наукового товариства Донецького національного університету*, вип. 8, с. 117–120.

4. Арсеній О. М., Костіков М. П. (2020) Розроблення електронного словника технічних термінів польської мови, *Матер. 86 міжнар. наук. конф. молодих учених, аспірантів і студ. «Наукові здобутки молоді — вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті»*, 2–3 квітня 2020 р., К. : НУХТ, ч. 2, с. 390.

5. Сірко В. С., Ярох А. А., Костіков М. П. (2024) Конвертація Словника українських морфем Л. М. Полюги в електронну версію, *Наук. пр. Першої міжнар. наук.-практ. конф. «Штучний інтелект та інформаційні технології»*, 3–4 червня 2024 р. (Київ, Україна). К. : НУХТ, с. 364–365.

6. Костіков М. П. (2025) Використання веб-технологій для реалізації електронного морфологічного словника польської мови, *Матер. 2-ї міжнар. наук.-практ. конф. «Інформаційні системи та технології: результати і перспективи» (IST 2025)*, 5 бер. 2025 р., К. : ФІТ КНУТШ, с. 411–414.

**Аналіз сучасних методів виявлення та усунення аномалій
в інфокомунікаційних мережах в умовах високого навантаження**

О. С. Велігурський

*Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій,
Київ, Україна*

Інфокомунікаційні мережі (ІКМ) є основною частиною цифрової інфраструктури, що забезпечує обмін інформацією. Постійне збільшення обсягу передачі даних призводить до суттєвого підвищення навантаження на мережу та появу аномальних подій, зокрема через поширення відеостримінгових сервісів, використання хмарних технологій та зростання кількості пристроїв. Особливо актуальним стає критичний аналіз сильних і слабких сторін наявних підходів і пошук альтернатив. Методи розпізнавання мережових відхилень здебільшого ґрунтуються на статистичних принципах, сигнатурному аналізі, простих евристичках або фіксованих порогових значеннях. Вони добре працюють з типовими шаблонами аномальних подій, та втрачають ефективність у швидкозмінних і непередбачуваних середовищах. Розпізнавання нетипових подій не завжди виявляють нові або приховані типи аномалій, демонструють високу кількість хибнопозитивних спрацьовувань і часто не масштабуються до великих і розподілених мережових середовищ. Також є більш інноваційні рішення, такі як: методи на основі кластеризації, ентропійного аналізу, дерев рішень, байєсівських моделях та нейромережах. Дослідження наявних підходів не лише дозволить ідентифікувати обмеження та вразливості існуючих методів, але й сформулювати вимоги до нових поколінь інтелектуальних систем виявлення та усунення аномалій.

Мета — порівняти сучасні способи ідентифікації та усунення аномальних подій в ІКМ в умовах високого навантаження та сформулювати вимоги до перспективних рішень, здатних забезпечити вищу точність, адаптивність і стабільну роботу в умовах змінного мережового середовища. Аномалії в ІКМ традиційно розглядаються як нетипові прояви у поведінці системи. Є різні визначення цього терміну, проте у цій роботі аномалія визначається як стійке або короткочасне, але структурно значуще відхилення параметрів мережового трафіку та поведінкових патернів від встановленої або динамічно адаптованої моделі нормального функціонування системи. Це допоможе довести необхідність дослідження адаптивних моделей, які здатні працювати в умовах реального часу та пікового навантаження. Особлива увага присвячена наявним способам виявлення аномальних подій, які можна поділити на кілька основних категорій. Кожна з них має власні переваги, недоліки та області застосування: статистичні, сигнатурні, порогові, гібридні методи та методи кластеризації, на основі графів та машинного навчання. Попри широке розмаїття, більшість із них мають спільні недоліки: відсутність адаптивності, низька точність у непередбачуваних ситуаціях, високий рівень хибнопозитивних спрацьовувань, недостатня масштабованість і складність інтерпретації результатів.

Проведено порівняння підходів до виявлення аномалій за критеріями ефективності. Оскільки високонавантажені мережі характеризуються великими обсягами переданих даних, змінними умовами та постійними загрозами безпеки, то відповідні опції повинні задовольняти специфічні вимоги: затримка, пропускна здатність, кількість хибнопозитивних та хибнонегативних подій, масштабованість, точність та адаптивність.

Таб. 1. Порівняння підходів до виявлення аномалій за ключовими критеріями ефективності.

Критерій/Метод	На осн. правил	Сигн. моделі	Стат. моделі	Кластеризація	Байєс. мережі	(Autoencoders)	LSTM
Час реакції	Вис.	Вис.	Сер.	Сер.	Низ.	Низ.	Низ.
Хибнопозитивні спрац.	Вис.	Низ.	Сер.	Вис.	Низ.	Низ.	Низ.
Хибнонегативні спрац.	Низ.	Вис.	Сер.	Вис.	Сер.	Низ.	Низ.
Адаптивність	Низ.	Низ.	Сер.	Вис.	Вис.	Вис.	Вис.
Масштабованість	Вис.	Сер.	Вис.	Сер.	Сер.	Вис.	Сер.
Залежність від набутих даних	Низ.	Сер.	Вис.	Вис.	Вис.	Вис.	Вис.
Складність впровадження	Низ.	Низ.	Сер.	Вис.	Вис.	Вис.	Вис.

Можна зробити висновок, що жоден із традиційних методів не здатен комплексно задовольнити вищезазначені вимоги, які необхідні для стабільної роботи мережі в умовах високого навантаження. Це вимагає пошуку нових архітектур, які зможуть об'єднати переваги різних підходів у межах єдиної системи. У цьому контексті перспективним напрямом є використання сучасних моделей машинного навчання, зокрема Generative Adversarial Networks (GANs), Variational Autoencoders (VAE) та Isolation Forest, які відкривають можливості для побудови гібридних, самонавчальних систем розпізнавання аномалій. Досягнення мети дослідження потребувало вирішення ряду завдань, зокрема формулювання терміну аномалія, класифікація та аналіз методів виявлення аномалій, визначення критеріїв ефективності та вимог до майбутніх рішень.

Література

1. Patcha A., Park J. M. (2007). An overview of anomaly detection techniques: Existing solutions and latest technological trends. *Comput. Netw.*, 51(12), 3448–3470.
2. Sommer R., Paxson V. (2010) Outside the closed world: On using machine learning for network intrusion detection, *IEEE S&P*, 305–316.

Віртуальна та доповнена реальність у нейрореабілітації: нові можливості для відновлення рухових функцій

Я. В. Гладкий, М. В. Гладка

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Нейрореабілітація пацієнтів після інсультів, травматичних уражень мозку та спинного мозку вимагає інтенсивних, повторюваних та мотивуючих вправ для стимуляції нейропластичності [1]. Імерсивні технології VR (віртуальна реальність) та AR (доповнена реальність) пропонують інноваційний підхід, створюючи контрольовані, безпечні та високо мотивуючі середовища для цілеспрямованого відновлення рухових та когнітивних функцій [2].

Використання імерсивних середовищ має низку ключових особливостей, що підвищують ефективність терапії [3]:

Посилення нейропластичності через імерсію:

VR-системи надають негайний, точний візуальний та слуховий зворотний зв'язок щодо якості та діапазону рухів;

VR створює ілюзію руху ураженої кінцівки (терапія дзеркального відображення (Mirror Therapy)), ефективно стимулюючи рухові центри мозку.

Персоналізована та гейміфікована терапія (Gamification):

реабілітаційні вправи перетворюються на захоплюючі ігри та завдання, що забезпечує підвищення мотивації;

VR-середовища дозволяють точно адаптувати складність завдань (швидкість, точність, діапазон руху). Цей процес можна описати концептуальною функцією оптимального виклику (C_{opt}):

$$C_{opt} = f(P, T) = \frac{I \cdot A}{CFL} \quad (1)$$

де P — це показники прогресу пацієнта,

T — терапевтична мета.

I — Intensity — інтенсивність виконання вправ пацієнтом;

A — Accuracy — точність виконання рухів у конкретній вправі;

CFL — Current Feature Level — поточний рівень функцій рухливості м'язів, що використовуються у вправі.

Ефективна реабілітація відбувається, коли складність завдання збалансована з поточними навичками пацієнта. Завдяки III-аналізу, VR-система постійно підтримує пацієнта у цій зоні, запобігаючи фрустрації (завдання занадто складне) або нудзі (завдання занадто просте) [4].

Інтеграція VR/AR гіпотетично дозволяє досягти швидшої динаміки функціонального відновлення за рахунок високої мотивації та точного зворотного зв'язку у вигляді графічного представлення динаміки відновлення.

Доповнена реальність (AR) інтегрує віртуальні об'єкти безпосередньо у фізичний простір пацієнта [5]. Об'єднання VR/AR з системами III дозволяє

автоматично оцінювати якість рухів. Алгоритм корекції рухів базується на концепції мінімізації помилки (Error Minimization — E_{min}):

$$E_{min} = \sum_{i=1}^N (TM_i - AM_i)^2, \quad (2)$$

де N — кількість контрольних точок траєкторії руху,

TM — Target Motion — цільовий рух, що передбачений правилами виконання вправи;

AM — Actual Motion — фактичний рух, що виконано пацієнтом в процесі тренування;

При цьому у зворотному зв'язку при роботі моделі тренування необхідно прагнути до наближення E_{min} до нуля. Проте використання доповненої реальності має ряд недоліків: кінетоз, валідація та стандартизація, висока вартість обладнання.

Імерсивні VR/AR-середовища є потужним і перспективним інструментом для нейрореабілітації, оскільки вони забезпечують високу інтенсивність, точний зворотний зв'язок та неперевершену мотивацію. Системи, керовані ШІ, що підтримують стан «Оптимального виклику», значно підвищують потенціал для стійкого функціонального відновлення. Використання VR/AR-середовища дозволяє реалізувати розширену телереабілітацію та повну інтеграцію з екзоскелетами.

Література

1. Wen D., Fan Y., Hsu S.-H., Xu J., Zhou Y., Tao J., Lan X., Li F. (2021) Combining brain–computer interface and virtual reality for rehabilitation in neurological diseases: A narrative review, *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, vol. 64, no. 1. p. 101404. doi:10.1016/j.rehab.2020.03.015.

2. Gupta A., Vardalakis N., Wagner F. B. (2023) Neuroprosthetics: from sensorimotor to cognitive disorders, *Communications Biology*, vol. 6, no. 1, pp. 1–17. doi:10.1038/s42003-022-04390-w.

3. Neurooptima (2025) Використання віртуальної реальності у нейрореабілітації [online] URL : <https://neurooptima.in.ua/vikoristannya-virtualnoyi-realnosti-u-nejroreabilitaciyi>.

4. Дарій В. І., Сікорська М. В., Візір І. В., Дронова А. О. (2025) *Сучасні технології в нейрореабілітації*. Запоріжжя : ЗДМФУ, 92 с.

5. VRNOW (2025) [online] URL : <https://www.adv.ua/vr-now>.

6. Брайтенко К. (2025) *Медичні аспекти використання віртуальної реальності в реабілітації пацієнтів* [online], Містер Блістер. URL : <https://mister-blister.com/uk/medychni-aspekty-vykorystannya-virtualnoyi-realnosti-v-reabilitatsiyi-patsiyentiv>.

7. Yuan P., Chen J., Peng D., Yang Q., Liu B., Lu C. (2025) Effectiveness of VR-based cognitive training and games on cognitive rehabilitation in patients with MCI: a systematic review and meta-analysis, *Frontiers in Neurology*, vol. 16.

8. Bektic M., Smith B. E., Ridgel A. L., Kim K. (2025) An Evaluation of VR Games and Haptic Feedback for Upper Limb Rehabilitation for Individuals with Parkinson's Disease, *Machines*, vol. 13, no. 10, p. 930.

Проектування реляційної бази даних для систематизації англізмів та їхніх українських відповідників

В. З. Гришук, М. П. Костіков

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

В умовах глобалізації та активного міжкультурного обміну українська мова зазнає значного впливу, одним із найпомітніших проявів якого є активне проникнення англізмів. Хоча запозичення є природним явищем розвитку будь-якої мови, їхнє надмірне та невмотивоване використання становить загрозу для самобутності й лексичного потенціалу української.

З огляду на масштаб цього явища та можливі негативні наслідки для мовної системи, постає потреба створити спеціалізовану базу даних, яка з використанням сучасних технологій допомагатиме систематизувати англізми та пропонувати до них українські відповідники.

Для пошуку англізмів та їхніх українських відповідників у дослідженні було використано широкий спектр авторитетних джерел:

лінгвістичні корпуси: ГРАК (Генеральний регіонально анотований корпус української мови) та PAWUK (Польський академічний корпус української мови) для фіксації вживання лексем у реальних комунікативних ситуаціях;

медіа та портали: аналіза медіатекстів (зокрема, соціальних мереж) та матеріалів мовознавчих порталів (наприклад, mova.info);

лексикографічні ресурси: широкий спектр тлумачних, перекладних та синонімічних словників. Особливо цінними виявилися електронні словники r2u.org.ua та e2u.org.ua, що стали «клондайком» для пошуку рідковживаних, застарілих або діалектних питомих слів (наприклад, накладанець як відповідник до сендвіч).

Для забезпечення зручності та ефективності використання бази даних «Англізми та протианглізми» було обрано реляційну модель даних, що ґрунтується на табличному представленні інформації [1, с. 22]. Первинна організація даних була здійснена у вигляді прототипу трьох взаємопов'язаних таблиць у Microsoft Excel, які стали фундаментом для подальшої реалізації за допомогою мови програмування Python.

Для візуалізації логічної моделі даних та визначення зв'язків між основними сутностями нашої бази даних ми розробили ER-діаграму. Спочатку була сформована концептуальна модель (ER-модель) — абстрактний опис логіки бази даних, який допоміг визначити основні сутності, їхні атрибути та взаємозв'язки, що дозволило уникнути помилок на початкових етапах проектування. Для побудови та графічного моделювання ER-діаграми ми скористалися онлайн-інструментом DrawSQL, який забезпечив чітке визначення атрибутів, типів даних та ключових полів.

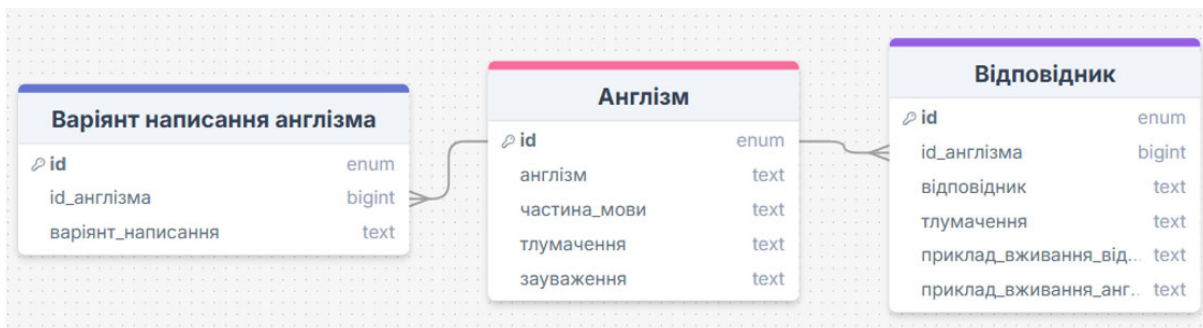


Рис. 1. ER-діаграма

На діаграмі чітко відображено зв'язок «один до багатьох», який встановлюється між центральною таблицею «Англізм» та двома іншими: «Відповідник» (одному англізмові відповідає кілька українських слів) та «Варіант написання англізма» (одне запозичення може мати кілька варіантів написання). Створення ER-діаграми стало обов'язковим та необхідним етапом проєктування, що забезпечив цілісність логічної структури системи і став безпосередньою основою для її подальшої програмної реалізації.

Після створення логічної моделі бази даних та ER-діаграми розпочався етап програмової реалізації. Для цього обрано мову Python, оскільки вона зручна для роботи з табличними даними й має всі необхідні бібліотеки.

Спочатку за допомогою pandas було зчитано всі аркуші з Excel-файлу *For_database_anglisms.xlsx* і зберегли їх у вигляді об'єктів DataFrame. Потім створено локальну базу SQLite (*anglicisms.db*) та перенесено туди дані з кожного аркуша. Для цього використано метод `to_sql()`, який автоматично створює або оновлює таблиці.

Після цього було перевірено, чи всі дані імпортувалися правильно, шляхом виконання кількох SQL-запитів. Наприкінці було збережено зміни та закрито з'єднання з базою даних.

У результаті вдалося створити працюючу реляційну базу даних, яка повністю відповідає попередній моделі. Python і бібліотеки pandas та sqlite3 дозволили зробити це швидко, просто і без зайвих технічних труднощів.

Таким чином, було успішно реалізовано проєкт — розробити базу даних для систематизації англізмів. Це дозволить більш усвідомлено підходити до питання збереження української лексичної самобутності. Використання сучасних технологій і програмних інструментів відкриває можливості для подальшої аналізи мовних явищ, виявлення тенденцій запозичень та формування рекомендацій щодо свідомого вживання мовних одиниць.

Така система може стати корисним ресурсом для лінгвістів, перекладачів і викладачів, а також сприяти більш обґрунтованому впровадженню мовної політики в цифровому середовищі.

Література

1. Мулеса О. Ю. (2018) *Інформаційні системи та реляційні бази даних* [online]. Ужгород: Ужгородс. нац. ун-т. 118 с. URL : <https://www.uzhnu.edu.ua/en/infocentre/get/44979>.

Аналіз лексики української воєнної поезії часів Другої світової війни

Я. Р. Додінова, М. П. Костіков

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Попри значну кількість літературознавчих і лінгвістичних праць, присвячених воєнній поезії періоду Другої світової, досі недостатньо системно вивчено розмежування «мови війни» і «мови ворожнечі» саме в поетичних текстах. Існує потреба не лише в теоретичному описі цих типів мовлення, а й у кількісному аналізі їхніх лексичних маркерів у конкретному корпусі текстів. На жаль, попередні дослідження здебільшого спиралися на якісний аналіз, тоді як комплексна індексація лексем, виявлення їх частотності, визначення питомої ваги та співвідношення двох типів мовлення в поезії лишаються недостатньо опрацьованими. Тож постає необхідність створення структурованої корпусної бази з можливістю лінгвостатистичного опрацювання матеріалу.

На попередньому етапі вже проведено значний обсяг роботи, що стала фундаментом подальшого дослідження. Було зібрано та впорядковано масив поетичних текстів, створено кілька словникових баз — «мови війни», «мови ворожнечі» та застарілої воєнної лексики. Для всіх лексем проведено індексацію, підраховано частотність, визначено показник питомої ваги та систематизовано лексичний матеріал у Excel, що містить списки творів, словники, частотні таблиці й тематичні переліки. Окрім цього, здійснено первинну перевірку гіпотези про домінування «мови ворожнечі» в поезії. Результат виявився несподіваним: поети переважно користувалися офіційною, структурованою «мовою війни», а «мова ворожнечі» з'являлася лише в окремих емоційно загострених випадках, про що свідчать індекси частотності лексем.

На наступному етапі планується розширити корпус досліджуваних текстів, продовживши поповнення бази *Mova.info* новими поетичними матеріалами (частина з сучасною поезією була додана ще раніше). Передбачається також удосконалити індексаційну модель, уточнивши критерії розмежування «мови війни» й «мови ворожнечі», додавши нові семантичні підкатегорії та розширивши словники. Подальше опрацювання корпусу дозволить створити детальнішу модель семантичних полів воєнної лексики та підготувати дані для використання в корпусних інструментах, а також здійснити порівняльний аналіз лексики Другої світової війни та сучасного воєнного дискурсу, що сприятиме формуванню цілісного уявлення про еволюцію мовних засобів опису війни і ворога у творчості різних періодів.

Література

1. *Антологія української поезії ХХ століття: від Тичини до Жадана* (2018) К. : А-БА-БА-ГА-ГА-ЛА-МА-ГА.
2. *Мова і війна: динаміка мовної системи і мовна політика : моногр.* (2024) К. : Видавничий дім Дмитра Бураго.
3. Пастух Т. (2022) До нового канону української поезії [online]. URL : <https://zbruc.eu/node/112646>.

Система підтримки прийняття рішень для лікаря невролога**Д. В. Дорошенко, О. В. Кравченко***Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

Робота присвячена розробці інтелектуальної системи «NeurologyPredictor» для підтримки прийняття рішень лікарем-неврологом. Метою дослідження було створення програмного забезпечення, здатного класифікувати неврологічні діагнози на основі симптомокомплексів та надавати рекомендації відповідно до доказових клінічних протоколів.

Для вирішення задачі багатокласової класифікації було обрано архітектуру багатосарового перцептрон (ANN), реалізовану на базі TensorFlow/Keras, що є оптимальною для виявлення складних нелінійних залежностей, властивих неврологічним симптомам.

Тренувальний набір даних був сформований шляхом ретельної фільтрації відкритого набору даних Kaggle. У результаті чого було виділено 66 нозологій та 377 унікальних симптомів, представлених у форматі one-hot encoding.

Система знань побудована на гібридному підході, поєднуючи результати прогнозування ШІ з інформацією з авторитетних джерел: МОЗ України, NICE, NHS та NIH [3]. Це гарантує клінічну обґрунтованість наданих рекомендацій. Вхідний вектор ознак подається на модель (архітектура: 377 вхідних > 512 ReLU > 256 ReLU > 66 Softmax) [2].

В процесі оптимізації було встановлено, що, на відміну від класичних методів машинного навчання (Логістична регресія — до 85%, Random Forest — до 90%), ANN демонструє значно вищу узагальнюючу здатність [1]. Фінальна модель після 20 епох навчання з оптимізатором Adam досягла загальної точності (Ассурасу) на тестовій вибірці на рівні 94.59%, підтверджуючи високу ефективність для задачі багатокласової класифікації.

Програмна реалізація виконана на Python 3.11 з використанням Tkinter для графічного інтерфейсу, що забезпечує інтуїтивне введення симптомів (включно з механізмом нечіткого пошуку difflib) та візуалізацію Топ-10 діагнозів з кольоровим кодуванням імовірностей. Створений діючий прототип «NeurologyPredictor» є інтелектуальним інструментом, здатним підвищити якість діагностики, скоротити час на прийняття рішення та забезпечити дотримання національних і міжнародних стандартів лікування [4].

Оцінка якості роботи системи базується на метриці Ассурасу (точність), яка відображає частку правильно класифікованих випадків із загальної кількості, підтверджуючи загальну ефективність моделі на рівні 94.59%. Це є високим показником для багатокласової задачі у неврології.

Рекомендації для лікування, які відображаються у системі, ґрунтуються на доказовій медицині та отримані з авторитетних міжнародних (NICE, NHS, NIH) і національних (МОЗ України) клінічних настанов, забезпечуючи їхню клінічну обґрунтованість і релевантність для лікаря.

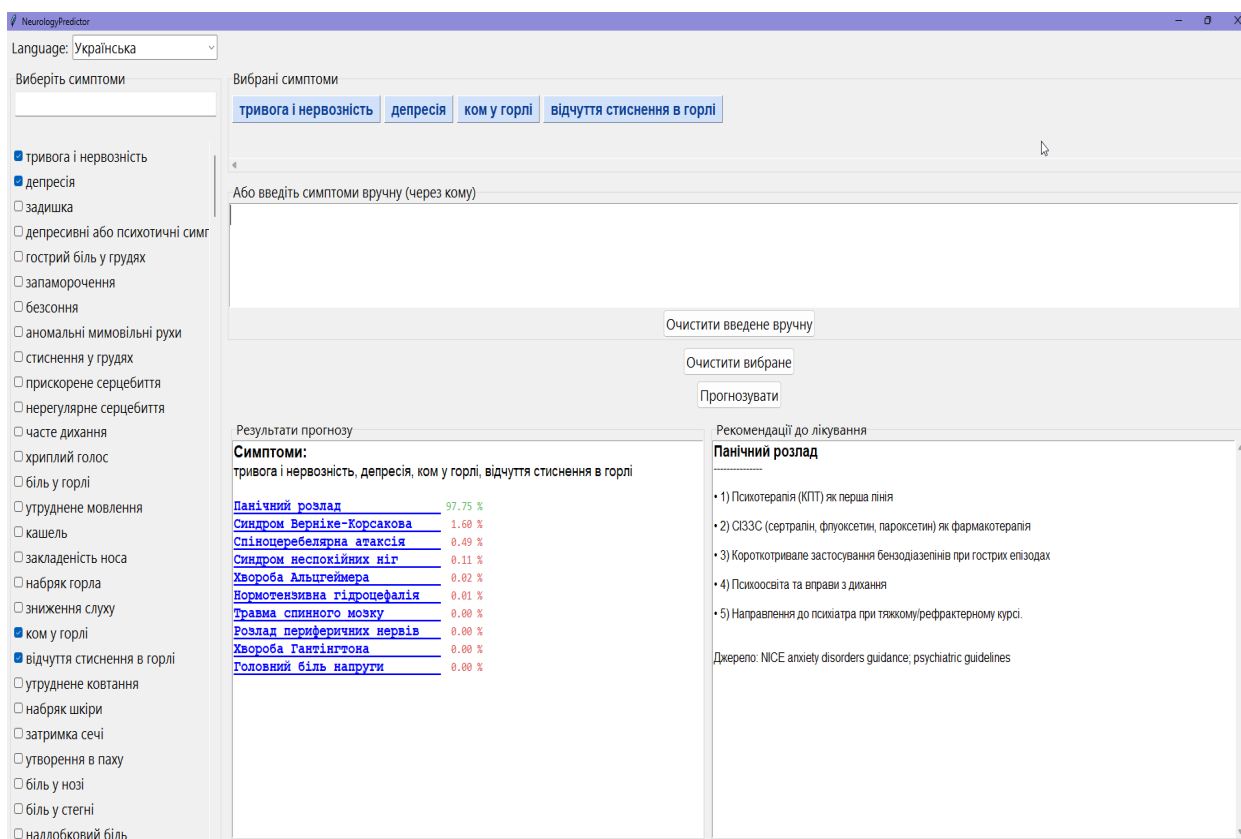


Рис. 1. Фрагмент графічного інтерфейсу системи з відображенням результатів прогнозування та лікувальних рекомендацій

Таким чином, успішна інтеграція глибокого навчання з авторитетними медичними протоколами підтверджує ефективність обраного гібридного підходу для подальшого розвитку інтелектуальних систем у клінічній неврології.

Література

1. Nair V., Hinton G. E. (2010) Rectified Linear Units Improve Restricted Boltzmann Machines [online], *Proceedings of the 27th International Conference on Machine Learning (ICML-10)*, p. 807–814. URL : <https://www.cs.toronto.edu/~hinton/absps/reluICML.pdf>.
2. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. (2015) *Deep Learning* [online]. Cambridge, MA : MIT Press. URL : <https://www.deeplearningbook.org>.
3. Міністерство охорони здоров'я України (2025) *Національні клінічні протоколи та статистичні бази даних* [online] URL : <https://guidelines.moz.gov.ua>.
4. Shortliffe E. H., Sepúlveda M. J. (2018) Clinical Decision Support in the Era of Artificial Intelligence [online], *JAMA*, vol. 320, no. 21, pp. 2199–2200. URL : <https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2713901>.

Автоматизація бізнес-процесів із використанням стандартних офісних інструментів

Р. Г. Зацерковний, А. В. Костенко, В. І. Плеша

Львівський торговельно-економічний університет, Львів, Україна

У більшості організацій до 40% часу адміністративного персоналу витрачається на рутинні офісні операції: погодження документів, обробку внутрішніх заявок, перенесення даних, формування звітів [1]. Частину цих задач можна автоматизувати простими засобами без ERP-систем і дорогого програмного забезпечення.

Це особливо важливо для установ і компаній, де немає власної ІТ-команди, але є постійна потреба швидко, прозоро та передбачувано обробляти внутрішню інформацію.

Для цього найзручніше використовувати ті цифрові інструменти, які вже зустрічається у повсякденній роботі співробітників. Наприклад, у середовищі Google Workspace — це Google Документи та Таблиці, вбудовані можливості доступу за ролями, просте коментування, історія редагувань, а також Google Forms для збору структурованих заявок.

У Microsoft 365 аналогічні можливості пропонують Word Online та Excel Online, разом із хмарним зберіганням у OneDrive і можливістю контролювати зміни в документах через функцію Track Changes. Такий підхід дозволяє почати автоматизацію відразу, без встановлення додаткових сервісів і довгих погоджень.

Розглянемо кілька категорій частих офісних процесів. Перша категорія — внутрішні запити та погодження документів. Замість того, щоб обмінюватися листами і повідомленнями у месенджерах, зручно використовувати структуровану форму для подачі заявок. Співробітник заповнює її один раз, а система автоматично надсилає запит відповідальним особам і фіксує статус. Для погодження файлів замість завантаження їх у месенджери можна використати онлайн-документ із коментарями й відстеженням правок — кожен бачить актуальну версію, а історія змін зберігається автоматично.

Такий підхід легко реалізувати, наприклад, через Google Forms у зв'язці з Google Sheets, де кожна заявка автоматично реєструється в електронній таблиці. Далі для обговорення та правок зручно працювати прямо у Google Docs, де всі зміни зберігаються, а коментарі дозволяють узгоджувати документ без додаткових файлів.

Якщо організація працює на Microsoft 365, аналогічне рішення можна реалізувати через Microsoft Forms і Word Online. В обох випадках співробітникам не потрібно вивчати нові, складні комп'ютерні системи — вони просто працюють у знайомих їм файлах Word чи Google Docs.

Друга категорія — звітність і контроль виконання завдань. Замість ручних листів чи файлів у різних форматах варто використовувати стандартний

шаблон-документ і автоматичне збирання відповідей. Один раз створена форма дозволяє зводити звіти без копіювання інформації вручну. В такому випадку керівник одразу бачить підсумки роботи в одному документі.

Для задач не обов'язкові складні системи управління — достатньо спільної таблиці або простого списку задач із дедлайнами та виконавцями [2], який усі бачать і оновлюють у режимі реального часу.

У цьому випадку найбільш ефективно працюють Google Sheets або Excel Online зі спільним доступом. Створюється один файл зі структурованими стовпцями: задача, хто за неї відповідальний, термін виконання, статус.

У Google-середовищі зручно додати регулярне нагадування через Google Calendar або Gmail, а в Microsoft — через Outlook та To Do. Це дозволяє відмовитися від хаотичних чатів і забезпечує чітку картину поточного стану роботи для керівництва і команди.

Третя категорія — внутрішні знання та інструкції. Багато запитань у командах повторюються: «Де знайти бланк заявки?», «Який формат звіту?», «Кому саме відправляти документ?». Щоб уникнути однотипних пояснень, доцільно створити просте внутрішнє сховище — папку з шаблонами та короткими інструкціями, яку легко знайти. Корисно записати короткі пояснювальні відео прямо через стандартні інструменти відеоконференцій і прикріпити їх до матеріалів — це економить час адміністратора і спрощує онбординг нових співробітників.

Для таких знань зручно мати одну зрозумілу «точку входу» — спільну папку на Google Drive або OneDrive [3], у якій є структуровані підпапки та короткий файл-путівник. Інструктивне відео щодо того, де можна знайти необхідні файли, можна швидко записати прямо в Google Meet або Microsoft Teams і зберегти в ті ж хмарні папки. Це дозволяє забезпечити швидкий доступ до потрібної інформації і зменшити навантаження на адміністративний персонал, який зазвичай витрачає час на повторні пояснення.

У підсумку, автоматизація офісних процесів не вимагає складних впроваджень. Достатньо раціонально використовувати доступні хмарні інструменти, стандартизувати подачу інформації та переводити повторювані операції у структурований формат. Це дає змогу скоротити час обробки завдань, знизити кількість помилок, і насамперед зробити роботу команди більш прозорою та передбачуваною.

Література

1. McKinsey & Company (2023) *What is the future of work?* [online]. URL : <https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-is-the-future-of-work>.
2. Microsoft Learn (2025) *Manage sequential approvals with Power Automate* [online]. URL : <https://learn.microsoft.com/en-us/power-automate/sequential-modern-approvals>.
3. Microsoft Support (2023) *Share files and folders in OneDrive* [online]. URL : <https://support.microsoft.com/en-us/office/share-onedrive-files-and-folders-9fcc2f7d-de0c-4cec-93b0-a82024800c07>.

**Про один підхід до моделювання процесів інформаційного
розповсюдження на основі системи клітинних автоматів**

Є. В. Івохін, В. О. Рець

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

При розробці систем та технологій розповсюдження інформації широко використовуються методи математичного моделювання [1]. Базовими вважаються теплові, дифузійні або механічні процеси, тобто процеси, що протікають у суцільному середовищі. У даному випадку підходи для моделювання передбачають використання рівнянь математичної фізики, які є формалізацією фундаментальних законів переносу субстанції. Моделі записуються у вигляді диференціальних рівнянь у частинних похідних параболічного або гіперболічного типу [2].

Однак, залучення таких моделей для формалізації соціальних та інформаційних процесів не дозволяє впевнено говорити про адекватність результатів, отриманих на основі запропонованого підходу (він отримав назву «механістичний») динаміці реальних процесів [3]. Це пов'язано, в першу чергу, з необхідністю врахування дискретності середовищ функціонування процесів, а також зі складністю застосування спеціальних дискретних методів, використання яких при моделюванні базується на припущенні, що поведінка описаних процесів визначається локальними взаємодіями елементів, залучених у процеси.

Розглянемо один з методів моделювання, який базується на системі клітинних автоматів (КА) [4]. У КА кожен із елементів (клітин, комірок), що визначають просторові сутності процесу, функціонують за правилами абстрактного автомата. Цими правилами передбачається, що кожна дискретна клітина зв'язана своїми входами та виходами з клітинами-сусідами, а кожен її новий стан у довільний момент часу визначається попереднім станом та станами сусідніх елементів.

Розглядаючи функціонування окремих клітин у термінах теорії скінчених автоматів, визначимо два важливі моменти:

1. У будь-який момент часу t_k , $k=0,1,2,\dots$, клітина знаходиться в одному з дискретних станів $z(t_k)$, $k=0,1,2,\dots$, із заданої множини Z .

2. На клітину можуть впливати вхідні сигнали $x(t_k)$, $k=0,1,2,\dots$, в результаті чого отримуємо модель функціонування клітини з однокроковою функцією переходів

$$z(t_{k+1}) = F(z(t_k), x(t_k)) \quad (1)$$

та модель вихідних сигналів клітини $y(t_k)$, $k=0,1,2,\dots$,

$$y(t_{k+1}) = G(z(t_k), x(t_k)) \quad (2)$$

При цьому вважається, що відлік часу для усіх клітин відбувається синхронно, а реакція клітин завершується одночасно в межах одного інтервалу часу $[t_k, t_{k+1}]$, $k=0,1,2,\dots$, тобто кожна клітина процесу, що моделюється, є

синхронним автоматом, для яких розроблено загальну методологію моделювання процесів переносу різноманітних субстанцій.

В запропонованій роботі розглянуто застосування принципів клітинно-автоматних моделей для моделювання динаміки процесів розповсюдження інформації. Запропоновано новий підхід, в якому додатково до автоматної моделі розглядається внутрішня поведінка кожної клітини за умови, що її вихідний стан формується внаслідок впливу деяких процесів усередині клітин на кожному інтервалі $[t_k, t_{k+1}]$, $k = 0, 1, 2, \dots$. Іншими словами, розглянуто гібридний варіант клітинного автомату зі спостереження внутрішньої та зовнішньої динаміки окремих клітин, при чому зміна станів автоматної моделі описується заданою функцією (1) з заданими правилами формування вихідних сигналів (2), а для формалізації внутрішніх змін у стані клітини застосовується «механістичний» підхід на основі принципів теплопровідності.

Запропонована гібридна модель дозволяє описати та проаналізувати процеси інформаційного поширення в межах деякої суспільної групи, яка формується, наприклад, з підписників соціальних мереж. В групі виділяються відносно однорідні за конкретними показниками підгрупи (комірки) у вигляді спільнот.

Проведено моделювання інформаційних процесів з урахуванням різних варіантів зовнішнього впливу оточення (на прикладі околів фон Неймана та Мура) з визначеними у явному вигляді функціями (1), (2). Формалізація внутрішніх процесів поширення інформації у визначених клітинах проводиться за допомогою скалярних рівнянь теплопровідності. Отримано чисельні розрахунки показників динаміки інформаційного розповсюдження у кожній спільноті та в групі у цілому, запропоновано розв'язання задач інформаційного наповнення (ставлення учасників до конкретної проблеми) у підгрупах на основі визначення розташувань центрів впливу. Розглянуто моделі внутрішньої динаміки у спільнотах з урахуванням та без урахування впливу умов середовища, розв'язано задачу оптимального за кількістю спільнот розбиття вихідної групи на окремі підгрупи.

Отримані результати дозволили продовжити дослідження нових шляхів для динаміки поширення інформації в складних суспільних системах на основі використання різних моделей фізичних процесів.

Література

1. Пасічник В. В., Виклюк Я. І., Камінський Р. М. (2021) *Моделювання складних систем*. Університет «Україна», 404 с.
2. Banerjee S. (2021) *Mathematical Modeling: Models, Analysis and Applications*. CRC Press.
3. Rets V., Ivohin E. (2025) Mathematical modeling of information diffusion process based on the principles of thermal conductivity, *System Research & Information Technologies*, 4, pp. 128–136.
4. Wolfram S. (1983) Statistical mechanics of cellular automata, *Reviews of Modern Physics*, 55, 3, pp. 601–644.

Про нечітку узагальнену задачу комівояжера з умовами випередження

К. Є. Івохіна, В. В. Гавриленко

Національний транспортний університет, м. Київ, Україна

Узагальнена задач комівояжера (GTSP) є розширенням класичної задачі [1], в якій множина міст розділена на мегаполіси (кластери), що не перетинаються між собою, причому кожен кластер має відвідуватися за маршрутом руху лише один раз. Задача має широкий спектр застосувань, серед яких, наприклад, задачі маршрутизації, планування рятувальних операцій тощо.

Така постановка задачі вимагає визначення порядку відвідування мегаполісів, в результаті чого на пошук оптимального маршруту по всіх містах мережі буде залежати від якості обраного порядку. У цьому випадку отримуємо задачу з обмеженням випередження [2].

Припустимо, що задано n множин $M_1, \dots, M_n$, які будемо називати мегаполісами, і початкова точка x_0 , що не належить жодній з них. Без обмеження загальності, можна вважати множині однієї потужності, що визначаються співвідношеннями $M_k = \{m_{k1}, \dots, m_{kp}\}$, $k = \overline{1, n}$.

Разом з витратами $c(m_{lu}, m_{kv})$, які для довільних індексів $l \neq k$, $l, k = \overline{1, n}$, $u, v = \overline{1, p}$, визначені у формі тривалості переміщення між містами мережі, задано відповідні витрати на переміщення $\bar{c}(x_0, m_{kv})$ і $\bar{c}(m_{kv}, x_0)$ з точки x_0 в кожному з точок m_{kv} і назад. Якщо відомі витрати на відвідування кожного мегаполісу $c'(m_{kv})$, то мета задачі полягає у знаходженні маршруту найменшої тривалості, що починається та закінчується в точці x_0 і який проходить через усі мегаполіси лише один раз.

З математичної точки зору потрібно знайти перестановку $(j(1), j(2), \dots, j(n))$, яка називається маршрутом, що визначає порядок відвідування мегаполісів, та скінченну послідовність $m_{j(1)u(1)}, m_{j(2)u(2)}, \dots, m_{j(n)u(n)}$, яка має назву траси, такі, щоб

$$\bar{c}(x_0, m_{j(1)v(1)}) + \sum_{i=1}^{n-1} (c'(m_{j(i)u(i)}) + c(m_{j(i)u(i)}, m_{j(i+1)u(i+1)})) + \bar{c}(m_{j(n)u(n)}, x_0) \rightarrow \min.$$

Додатковою особливістю узагальненої постановки задачі є знаходження розв'язків нечіткої узагальненої задачі комівояжера за умов визначення часових термінів у вигляді нечітких чисел трикутного вигляду. Проведено чисельні експерименти, отримано результати, що дозволяють ефективно застосовувати даний підхід в задачах транспортної логістики.

Література

1. Зайченко Ю. П. (2006) *Дослідження операцій*. К. : Слово, 815 с.
2. Sultana N., Chan J., Sarwar T. (2022) Learning to optimise general TSP instances, *Int. J. Mach. Learn. & Cyber.*, 13, p. 2213–2228.

Сценарії впровадження технологій віртуальної реальності в судових процесах

Р. В. Карманов, Н. А. Зубрецька

Національний транспортний університет, Київ, Україна

Інтеграція віртуальної реальності (VR) із процедурами розгляду юридичних справ має на меті реформувати судовий процес, пропонуючи альтернативні та більш деталізовані способи просторової реконструкції сцен правопорушення від першої, другої або третьої особи, дає можливість суддям, присяжним і профільним спеціалістам детально аналізувати складні докази, а також віддалено брати участь у судових засіданнях без втрати ефективності оцінювання.

Такі технічні інновації розширюють можливості й допомагають вирішувати проблеми емоційної упередженості, судової доброчесності для забезпечення процесуальної справедливості та об'єктивності вердиктів.

На апаратному рівні для впровадження засобів VR у судових залах необхідні такі базові елементи, як портативні гарнітури, планшетні пристрої загального відображення та контролери вводу для взаємодії. Для коректної роботи з даними необхідне використання візуальних аналітичних сценаріїв, що охоплюють контексти навколишнього середовища, сутності та поведінкових моделей. Такий набір є необхідним мінімумом апаратного забезпечення для коректної симульованої реконструкції [1]. На прикладному рівні постають проблеми кореляційних доказів і точності візуалізації справ, відповідно до ситуативних вимог судових розглядів.

Система «Хмарна кімната доказів», вперше запроваджена Проміжним народним судом Цзясіна в провінції Чжецзян у жовтні 2020 року, є новаторським підходом до обробки цифрових доказів засобами тривимірного моделювання, штучного інтелекту і технології блокчейн [2]. Основою системи є оптимізований процес обробки фактів, де фізичні докази фіксуються за допомогою просторових сканерів, створюючи високоточні віртуальні моделі.

Своєю чергою, технологія блокчейн дає можливість безпечно зберігати цифрові докази, дозволяючи авторизованим користувачам отримувати онлайн доступ до матеріалів, оминаючи фізичні процеси обробки особових справ і вирішуючи проблеми з обсягом зберігання, особливо у справах захисту прав інтелектуальної власності [3].

Практичну ефективність системи підтверджено під час розгляду кримінальної справи, де фрагменти ключових доказів були успішно відтворені 3D-моделюванням [2]. Завдяки узгодженню технологічних рішень із відповідними практичними вимогами, «Хмарна кімната доказів» є прикладом успішного сценарію цифровізації судової системи.

Серія 3D-сканерів EinScan, зокрема EinScan Pro 2X Plus 2020 та EinScan H, складають основу моделювання «Хмарної кімнати доказів» [4]. Система пропонує високий рівень точності передачі без втрати швидкості збору даних.

Більш складний сценарій застосування VR технологій було успішно реалізовано під час розслідування злочину в Куньміні (Китай), де правоохоронні органи зіткнулися з унікальними часовими та просторовими труднощами: місцем злочину була флористична теплиця, яка на момент розгляду справи була знесена, а покази підозрюваних про місце злочину показали суттєві розбіжності [5].

Прокуратура Куньміна запропонувала інноваційне рішення, поєднавши технологію застосування повітряних дронів із передовими системами віртуальної топології. В якості точок прив'язки у просторі було використано координати будівель, водних шляхів, мостів і доріг. За допомогою технології перетворення двовимірних історичних фотографій у тривимірні панорамні реконструкції слідчі створили деталізоване віртуальне середовище, яке було достатнім для проведення ефективного аналізу. Як результат, отримано безпрецедентну можливість реконструювати кожен аспект місця та обставин злочину — від географічного розташування до умов довкілля, успішно встановлюючи просторову кореляцію подій.

Враховуючи досвід успішних випадків впровадження VR-технологій у судових процесах, задля їх ефективного використання слід вирішити низку фундаментальних проблем. Розробка та підтримка високоякісних систем віртуальної реальності на даному етапі розвитку галузі потребують значних фінансових інвестицій. Крім того, VR-технології мають пройти перевірку широкими колами профільних спеціалістів у реальних сценаріях задля забезпечення точності та надійності отриманих результатів.

Юридична спільнота має встановити чіткі протоколи та критерії оцінки віртуальних доказів, з огляду на те, що вони є важливим доповненням, або еквівалентні фізичним аналогам. Правильно розроблена стратегія та чіткі алгоритми дадуть можливість приймати більш ефективні рішення за відсутності достатньої кількості доказів, а також дозволять мінімізувати роль суб'єктивних факторів у судових процесах.

Література

1. Reicherzer C., Cunningham A. (2022) Virtual reality in the courtroom, *Judicial Officers Bulletin*, vol. 34, no. 4, pp. 39–41.
2. *Jiaxing Intermediate People's Court's first «black technology» in China has been promoted throughout the province* (2025) [online]. URL : https://m.thepaper.cn/newsDetail_forward_10910517
3. *Scales chain, physical evidence room on the cloud, block-chain puts technological wings on court work* (2025) [online]. URL : http://www.chinapeace.gov.cn/chinapeace/c100007/2021-05/06/content_12484335.shtml
4. Shining 3D (2021) *Pioneer in Law and Politics. 3D digitization efficiently assists physical evidence management and criminal investigation* [online]. URL : https://www.shining3d.cn/blogs/fenxiang/xingzhen/article_514
5. Procuratorate Daily (2020) *Judicial case handling gains new momentum. VR technology reproduces the scene of the case.* [online]. URL : https://www.spp.gov.cn/spp/llyj/202010/t20201010_481468.shtml.

Використання машинного перекладу при локалізації відеоігор**Ю. О. Карпенко***Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

Сучасна індустрія відеоігор потребує високоякісної локалізації для міжнародного ринку. Особливої складності набуває переклад діалогів, внутрішньоігрових повідомлень, системних команд та змішаних стилістичних жанрів, характерних для сучасних ігрових наративів. У таких умовах машинний переклад (МП) стає необхідним інструментом для прискорення локалізації, однак його результати часто потребують постредагування через стилістичні, прагматичні й семантичні неточності.

Дослідження показали, що при перекладі комп'ютерних ігор ключовими труднощами є фрагментація тексту, нестача контексту, міжстильова неоднорідність і велика кількість термінів та культурно маркованих елементів. У минулих роботах, присвячених аналізу англomовних текстів ігор Warhammer 40,000: Dawn of War, особливу увагу було приділено специфіці жанрових стилів та їхньому впливу на якість перекладу. В подальшому дослідженні сформовано підхід, спрямований на поєднання корпусного аналізу, автоматичних метрик і програмної обробки ігрових ресурсів.

Розроблена система дає змогу автоматично вилучати текстовий матеріал із внутрішньоігрових файлів та здійснювати МП за допомогою сервісів Google Translate, DeepL, DeepSeek. Система обчислює метрики BLEU, METEOR, TER, chrF і BERTScore для порівняння якості, узагальнює статистику й оцінює відповідність отриманих перекладів оригінальному стилю та змісту.

Результати аналізу на матеріалі гри Baldur's Gate 3 (діалоги персонажів, внутрішні монологи, описи предметів і локацій, системні повідомлення) підтверджують, що DeepL стабільно перевершує конкурентів за семантичними метриками (BERTScore, METEOR), демонструючи кращу збереженість стилю та природність. Google Translate та DeepSeek поступаються в передачі емоційного забарвлення, іронії та фентезійної термінології. Найчастіше спостерігаються такі типи помилок: семантичні зсуви та калькування фразеології; стилістична невідповідність ігровому жанру; неправильний переклад термінів і назв сутностей; збій зв'язності через обмежену контекстуальність. BLEU виявилася найменш інформативною метрикою для ігрових текстів через надмірну чутливість до варіативності формулювань.

Отримані результати можуть бути використані для подальшого вивчення якості МП в домені ігрової локалізації та у тренуванні моделей, орієнтованих на покращення перекладу гібридних стилів і коротких діалогових структур. Система також може стати основою при створенні CAT-інструментів і автоматизованих модулів постредагування. Поєднання корпусних методів, автоматичних метрик і практичного аналізу перекладів відеоігор є перспективним напрямом досліджень і дозволяє глибше оцінити сильні та слабкі сторони сучасного МП в умовах високої стилістичної варіативності.

Створення інтерфейсу для аналізу корпусів звукозаписів**Ю. Ю. Карпцова***Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

Інтерфейс із візуалізацією відіграє важливу роль у роботі з корпусом, адже дає змогу швидко оцінити якість, обсяг та баланс даних [1]. Створення та аналіз набору даних є невіддільною частиною підготовки до тренування чи тестування моделей.

Станом на зараз існує вкрай мало інструментів для роботи із наборами звукових даних. Більшість наявних програм для роботи з корпусами фокусується на текстових даних [1] або зображеннях.

Враховуючи вищезазначене, було прийнято рішення спроектувати та створити засіб для роботи із наборами звукозаписів. Розроблена програма є одним з небагатьох засобів, що спрощують підготовку наборів даних для моделей, які працюють з аудіоданими.

Програму було створено за допомогою мови програмування Python і графічної бібліотеки Gradio.

Завдяки інтерактивному поданню інформації, в ній можна в реальному часі переглядати структуру завантажених наборів даних, кількість мовців, обсяг аудіозаписів у кожній категорії, частку читаного та спонтанного мовлення, а також інші метадані (серед яких — стать, вік мовців тощо).

Така візуалізація суттєво спрощує контроль за даними, допомагає виявляти дисбаланси або помилки в них (наприклад, нерівномірний розподіл за певними категоріями), а також сприяє ефективнішому плануванню подальших експериментів.

Крім того, система також може працювати із непідготовленими наборами даних, які не містять інформації про мовців, їхній вік або стать. У такому режимі можна переглядати кількість і тривалість записів.

У створеній системі є три вкладки, що відповідають за інтерактивне представлення даних: «Завантаження», «Статистика» та «Метадані». Вкладки «Сегментація» та «Датасети» відповідають за роботу з даними, формування та збереження нових наборів.

Програма дає можливість переглядати не лише один, а відразу кілька наборів даних, завантажених користувачем. Усі вони є доступними для аналізу та візуалізації в системі, і, таким чином, користувач може обирати один із наборів для перегляду.

Література

1. Lyding V., Nicolas L., Stemle E. W. (2014). *'interHist'-an interactive visual interface for corpus exploration.* [online]. URL : <https://bia.unibz.it/esploro/outputs/conferenceProceeding/interHist---an-interactive-visual-interface/991005984446901241>.

Фазово-зумовлене короткострокове прогнозування траєкторій гравців у футболі

О. О. Кіриченко

Національний університет харчових технологій

Короткостроковий прогноз переміщень гравців у футболі на горизонті в 1–10 с є базовим інструментом сучасної аналітики: він лежить в основі метрик очікуваної загрози (*expected threat*, xT), цінності дій (*Valuing Actions by Estimating Probabilities*, *VAEP*), оцінки підстраховок та ризиків передач і ударів. Безфазові моделі траєкторій усереднюють різні режими гри й тому систематично помиляються саме в найкритичніші моменти — під час переходів між фазами та розіграшів стандартів.

Мета роботи — сформулювати фазово-зумовлений підхід до прогнозування траєкторій, у якому ігрова фаза (атака, оборона, перехід, стандарт) явно виступає керувальним станом перемикальної моделі, й окреслити архітектуру та ключові метрики якості.

Розглядаємо рух гравців у площині поля. Для гравця з індексом i в момент часу t позиція позначається як $x_{i,t} \in \mathbb{R}^2$, а сукупність усіх позицій гравців у момент t — як вектор X_t . Історія спостережень H_t містить траєкторії гравців і м'яча та часові мітки подій. Ігрова фаза описується змінною $s_t \in \{\text{атака, оборона, перехід, стандарт}\}$ і відображає узагальнений режим командного руху. Для горизонту $H \in [1, 10]$ секунд задача формулюється як оцінювання умовного розподілу $p(X_{t+1:t+H} | H_t, s_{t:t+H})$, тобто ймовірнісного опису майбутніх позицій гравців при заданій історії H_t та послідовності фаз $s_{t:t+H}$.

Архітектура складається з двох блоків. Перший — оцінювач фази, де часова нейромережа типу *Temporal Convolutional Network (TCN)* або трансформер обробляє ковзне вікно тривалістю 5–10 с і повертає розподіл $p(s_t | H_t)$. Як ознаки використовуються траєкторії гравців, м'яча та подієві мітки; послідовність фаз згладжується, наприклад, прихованою марковською моделлю або скінченим автоматом. Подієві «якорі» (удари, втрати, кутові) можуть будуватися на основі існуючих методів виявлення дій і часової сегментації футбольних відео.

Другий блок — мультиагентний прогнозатор типу «суміш експертів» (*Mixture of Experts, MoE*). Графовий трансформер моделює взаємодії між гравцями; окремий експерт g_s спеціалізується на фазі s , а гейтинг-модуль зважує їхній внесок відповідно до $p(s_t | H_t)$. Динаміка майбутніх положень задається перемикальною моделлю:

$$X_{t+1} = f_{s_t}(X_t, U_t; \theta_{s_t}) + w_t, \quad (1)$$

де $w_t \sim N(0, Q_{s_t})$;

U_t — додаткові ознаки (зони, близькість до ліній, швидкість м'яча);

θ_{s_t} — параметри конкретної фази s_t ;

Q_{st} — фазозалежна коваріація шуму.

Така схема локалізує складність (кожен експерт вивчає «свій» режим), підвищує пояснюваність і природно підтримує багатомодальність, тобто генерацію кількох правдоподібних сценаріїв майбутнього. Якість прогнозу оцінюється набором метрик, пов'язаних із практичними потребами. Базові похибки середньої та кінцевої точки описуються показниками середньої помилки зміщення (*Average Displacement Error, ADE*) і кінцевої помилки зміщення (*Final Displacement Error, FDE*), за потреби з маскуванням оклюзій.

Для багатомодальних моделей використовують $\min ADE_K$ та $\min FDE_K$, які характеризують найкращий із K альтернативних сценаріїв. Імовірнісну якість розподілу вимірює негативна логарифмічна правдоподібність (*Negative Log-Likelihood, NLL*), а каліброваність прогнозів — похибка каліброваності (*Expected Calibration Error, ECE*), що відображає відповідність номінальних довірчих інтервалів фактичним частотам потрапляння. Частку епізодів із великими промахами описує $\text{Miss}@r$, тобто доля випадків, де кінцева помилка перевищує поріг r метрів.

Очікується, що врахування фази дає невеликий приріст точності на горизонті 1–2 с, де домінує інерція поточного руху, але суттєво покращує показники ADE та FDE на горизонті 3–7 с, особливо в перехідних епізодах і при стандартах, де поведінка гравців різко змінюється. На горизонті близько 10 с фазове моделювання також може бути корисним, але для повного використання потенціалу потрібні додаткові тактичні ознаки (структура формацій, розташування ліній, контекст епізоду).

Запропонована архітектура узгоджується з поширеними стеками комп'ютерного зору: траєкторії гравців надходять зі стеків багатооб'єктного відстеження (*SORT, DeepSORT, ByteTrack* у складі *MMTracking*), події й сегментація епізодів — із моделей аналізу футбольних відео; фазовий оцінювач працює в режимі реального часу на ковзному вікні 5–10 с, а графовий трансформер із MoE формує K альтернатив траєкторій із відповідними ймовірностями.

Калібрування (наприклад, температурним масштабуванням) зменшує ECE та підвищує довіру до інтервалів. Основні ризики пов'язані з точністю розпізнавання фаз, шумом треків і оклюзіями, можливою переорієнтацією моделі на стиль окремої команди й обчислювальними обмеженнями (де доцільно обмежувати взаємодії k найближчими сусідами).

Література

1. Кіриченко О. О., Костіков М. П. (2024) Розроблення додатку для відеоаналізу футбольних матчів: прототип із основними функціями, *Матер. XI Міжнар. наук.-техн. Internet-конф. «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами»*, 27 листоп. 2024, К. : НУХТ, с. 203–204.

2. Кіриченко О. О., Костіков М. П. (2024) Використання системи позиціонування UWB, *Наук. пр. Першої міжнар. наук.-практ. конф. «Штучний інтелект та інформаційні технології»*, 3–4 червня 2024, К. : НУХТ, с. 323–324.

**Адресація ситуаційних взаємовідношень структурної організації
виробництва продуктів та їх ринкового продажу
за спільною згодою між бізнесом та споживачами**

О. С. Комісаренко, Г. Л. Баранов, В. В. Чалий, І. В. Алексійчик

Національний транспортний університет, Київ, Україна

Дана робота присвячена вирішенню важливого науково-практичного завдання. Коли патерналізм масових бізнес замовлень обумовлює потреби прискореної автоматизації за вимог різноманіття споживачів соціуму конкретного техногенно-природного комплексу (ТПК). Тоді інтелектуалізація виробництва інформаційних продуктів актуальна для підвищення ефективності технології адекватного програмування в умовах реальних ризиків та невизначеності довкілля.

Типізація комплексних описів ефективна у вигляді ієрархічних файлів (таблиць, каталогів, структур з кодовими елементами) для засобів управління на базі мікропроцесорів фізичного персонального комп'ютера (PC — personal computer). Віртуальні команди абстрактної комп'ютерної інформаційної технології персональний комп'ютер (PC) реалізує, які задані за правилами префіксів (path name з понятійними визначеннями, наприклад, absolute, full, partial, relative).

Засоби комплексного (ієрархічного, гібридного, паралельного) управління в оперативній спеціальній пам'яті персонального комп'ютера (PC) мають зразки, еталон, шаблон у форматах pattern (наприклад, bit pattern, або dot-, або match All pattern). Наявність патернів забезпечує однозначну точність, швидкість, ефективність прикладних процесів за вимог споживачів інтелектуального агента системи (IAC). Розв'язки задач реалізують персональні комп'ютери (PC) шляхом pattern matching тотожного визначення, що їм знайдено в робочій зоні місії при порівнянні з еталоном зразка мови опису, або pattern recognition розпізнавання AIR зразків.

Засобами абстрактних автоматів, які не потребують витрат ресурсів (часу та пам'яті) для налагодження, при застосуванні персонального комп'ютера (PC — relative addressing), як процедур керованої адресації, доцільно використовувати інтерпретації задачних об'єктів. Ефект маємо відповідно лічильника команд за правилом: значення дорівнює різниці між адресою команди, що виконується, та адресою, що треба реалізувати. Поняття address адреса для програмування широкогранно.

Мета роботи полягає у визначенні цінностей понять категорій, характеристик, критеріїв нормальної компромісної ефективності функціонування в цілому майбутньої інтелектуальної транспортної системи, що гарантує подолання давно відомих фатальних проблем на всіх ієрархічних рівнях різноманіття складних відкритих динамічних комплексах. Об'єкт є процеси побудови гармонічних відношень <ноосфери — гомосапієнс — різних галузей людської діяльності — комунікації многовиду інформаційних

транспортних систем> для перехідного етапу від сучасного поточного стану у новий перспективний стан. Предмет моделі, методи та засоби цифровізації інформаційно-телекомунікаційних технологій, що сприяють прийняттю техніко-технологічних рішень для реалізації у заплановані терміни формування транспортних систем у конкретно вибраних технологічно природних комплексах за потреб суспільства техногенного природного комплексу (ТПК). Звичайно адреса - це число, код, ідентифікатор для специфікації різних об'єктів персонального комп'ютера (PC) (регістр, елемент пам'яті комп'ютерної інформаційної технології (KIT), область сховища продуктів комп'ютерної інформаційної технології (KIT), зовнішні термінали, вузли комунікації в мережах типу інтернет. Засоби управління пам'яттю комп'ютерних інформаційних технологій (KIT) за потреб бізнес задач PЕС відображають адресний простір на фізичну пам'ять наявних процесорів персональних комп'ютерів (PC) для користувачів та на всі регістри адрес. Тому способи адресації розподіляють на обчислення виконавчого адресу та на реалізації операцій над значенням адресних регістрів.

В умовах реформ за державними вимогами цифровізації [1-3], як виробництва продуктів так й ринкового продажу з фіксальними чеками фіксації регламентованих адрес лише об'єктів статистичного й правового контролю порушення чинного Законодавства України можливі. Тому стандартизовані та сертифіковані застарілі програмно-апаратні комплекси (ПАК) комп'ютерних інформаційних технологій (KIT), що не в повній мірі забезпечують організаційне real-time управління слід доопрацювати. Інноваційні форми ринкового продажу замовлених продуктів, повинні для кожного нового товару чи інтелектуальної послуги додатково створювати відповідні таблиці. Новий додатковий сервіс необхідний для специфікації PST та інноваційних взаємовідношень між активним бізнесом та життєздатними споживачами в умовах реформи. Звичайно конструктивні процедури творення нового застосовують наукові знання та теорія самоорганізації. Наприклад, вислів, слоган - «Абстрактної істини немає, кожна істина конкретна». Природна народна лінгвістична мова L означає будь-які ситуації, об'єкти, властивості та відношення. В той же час формальні символічні зображення (ідеї, мрії, емоції, передбачення у вигляді Авідо) матеріально фіксують такі зображення (ескізи, малюнки, картини, креслення, математичні і логічні описи), які мають цінність для інтелектуальних агентів суспільства.

Література

1. Баранов Г. Л., Комісаренко О. С., Прохоренко О. М. (2019) Процесні інфологічні моделі в задачах гетерогенної взаємодії складних динамічних систем та нестационарного середовища, *Вісник Національного транспортного університету*, № 1, с. 3–12.
2. Chessell M., Sivakumar G., Wolfson D. et al. (2015) *Common Information Models for an Open, Analytical, and Agile World*. NYC : IBM Press, 240 p.
3. Hilbert M. How Much Information is There in the “Information Society”?, *Significance*, vol. 9(4), pp. 8–12.

Засоби цифровізованих технології моделювання надзвичайних ситуацій для навчання операторів ергатичного управління

О. С. Комісаренко, Д. Є. Поворознік, Т. В. Турцевич

Національний транспортний університет, Київ, Україна

Актуальна проблема за потреб подальшого технологічного розвитку економіки обумовлює застосування машинного навчання щоб знати, набуті вміння щоб діяти, володіння працездатністю щоб керувати майбутніми енергетичними мобільними двигунами класу EMV (Energy Mobile Vehicle) для різноманітних галузей людської діяльності.

Центри підготовки сертифікованих операторів складних динамічних систем застосовують відповідні наявні тренажери, комплекси, комп'ютери. Майбутні загрози надзвичайних ситуацій не повинні заважати агентам-операторам активно протидіяти задачам безпеки. Особливо тоді, коли: працюють та керують EMV у real-time на межі катастроф. Тому за інноваційних багатокритеріальних потреб суспільства та динаміки надзвичайних ситуаційних складних явищ застосовують цифровізовані технології моделювання.

У поточних динамічних ситуаціях й геопросторових особливостях кожен акт адекватної протидії повинен бути визначальним всіма, включно й погодинним фактам. Метою дослідження є розробка інноваційних перспективних засобів машинного навчання операторів EMV для будь-яких майбутніх сучасних транспортних рухомих об'єктів. Тренажери на засадах real-time режимів цифровізації ергатичного управління визначають засоби подолання обчислювальної складності ефективних протидій за умов парадигмального гарантування подібності, точності, адекватності технологій конфліктного функціонування.

Завдяки лише новим надзвичайним обставинам, що синтезує інструктор, в умовах навчання на парадигмальному тренажері, людина-оператор отримує знання та практичні навички. Вони необхідні для спеціальних професій за потреб функції управління та вимог поліергатичних виробничих організацій для майбутніх життєвих циклів.

У критичних ситуаціях оператор діє лише автоматично за вимогами та регламентами зміни символічних перехідних станів. Інструктор навчає режимам і способам швидкості змін реальної просторово-часової динаміки об'єкта у поточних факторах впливу оточуючого середовища.

У ролі рятувальника учень впливає на об'єкт управління та гарантує в межах імітованого зовнішнього природного середовища функціональну стійкість потокових складних динамічних систем. Тоді безпека життя біорізноманіття буде адекватно захищена у подібних ситуаційних явищах.

Література

1. Комісаренко О. С. (2020) *Інфологічне моделювання процесів створення функціональних матеріалів* : дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.13.06 — інформаційні технології. К. : НТУ, 283 с.

Екологічний моніторинг зон нафтовидобутку

В. В. Кузьменко, С. Казим

Київський національний університет технологій та дизайну

М. П. Костіков

Національний університет харчових технологій

Сучасні технології видобутку нафти, попри їх економічну важливість, супроводжуються низкою екологічних викликів, пов'язаних з антропогенним впливом на ґрунти, атмосферу, поверхневі та підземні води. Зони нафтовидобутку характеризуються підвищеним ризиком витоків нафти та нафтопродуктів, забруднення повітря леткими органічними сполуками, утворенням парникових газів, підвищенням концентрацій сірководню, а також накопиченням важких металів у ґрунті.

Традиційні методи екологічного контролю у нафтовидобувних регіонах зазвичай ґрунтуються на лабораторних вимірюваннях та періодичних виїзних дослідженнях. Хоча вони відзначаються високою точністю, їхнім недоліком є низька оперативність, значні витрати й обмежена регулярність.

Натомість використання систем на основі мікроконтролерів дозволяє здійснювати моніторинг у реальному часі, проводити довгостроковий збір даних, а також швидко реагувати на аварійні події, що є критично важливим для мінімізації екологічних збитків.

Апаратно-програмний комплекс на базі мікроконтролера ATmega328p (рис.1) або ARM Cortex M-3 передбачає застосування системи датчиків для вимірювання ключових параметрів екологічного стану. До них належать: концентрація газів (CH_4 [2], CO_2 , CO , H_2S [1]).

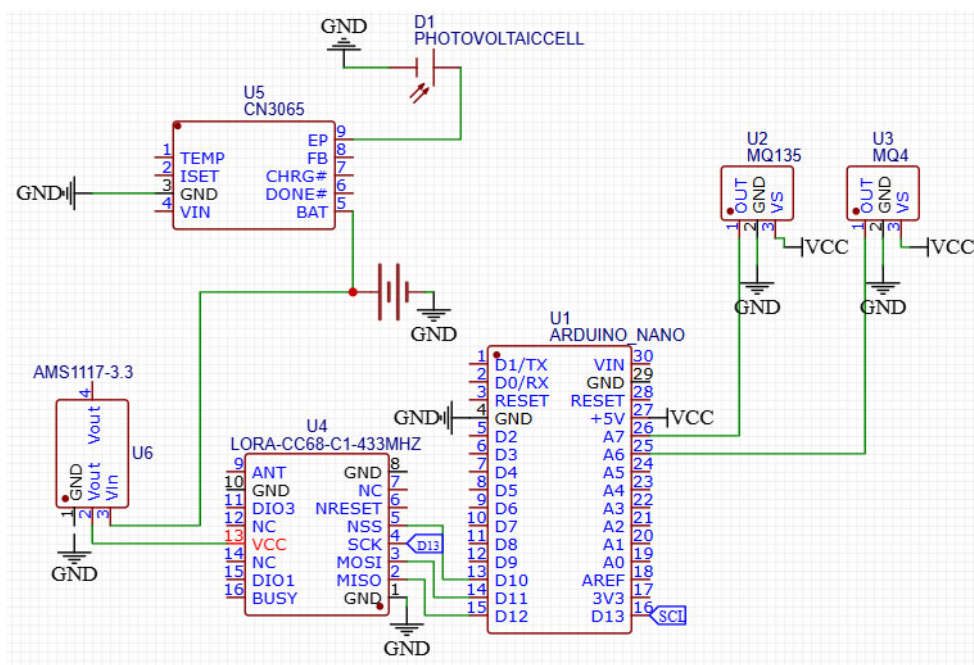


Рис. 1. Принципова електрична схема

Сучасні датчики дозволяють отримувати ці показники з достатньою точністю при низькому енергоспоживанні, що робить їх придатними для автономних моніторингових станцій. Використання модулів фотоелектричної генерації дозволить значно підвищити енергетичну автономність комплексу.

Перевагою апаратно-програмного комплексу на базі мікроконтролера є можливість адаптивної роботи системи залежно від поточних екологічних умов. Наприклад, при різких коливаннях концентрації метану або сірководню система може автоматично збільшувати частоту вимірювань і надсилати аварійні сповіщення оператору.

Це дозволяє вчасно реагувати на технічні несправності, витoki газу чи пошкодження трубопроводів. Інтеграція GPS-модуля або запис актуальних геоданих безпосередньо в пам'ять мікроконтролера дає змогу здійснювати географічну прив'язку даних, що є важливим для просторового аналізу та побудови карт екологічних ризиків.

Запровадження систем екологічного моніторингу є особливо актуальним для регіонів із підвищеним екологічним навантаженням — зокрема, для Азербайджану та України, де нафтовидобуток відіграє важливу роль у промисловій структурі. У цих країнах спостерігаються поширені проблеми: забруднення ґрунтів та вод нафтою [2], накопичення викидів від дизельного транспорту, деградація земель, а також ризики пов'язані з експлуатацією старих свердловин. Використання автономних моніторингових станцій дозволяє запровадити системний підхід до екологічного контролю, який охоплює як діючі, так і законсервовані об'єкти.

Таким чином, апаратно-програмні комплекси на базі мікроконтролерів становлять ефективний інструмент для екологічного моніторингу зон нафтовидобутку. Вони поєднують у собі мобільність, низьку вартість, можливість масштабування, високий рівень автоматизації та інтеграцію сучасних технологій передачі й аналізу даних.

У впровадженні таких систем полягає реальний потенціал для підвищення екологічної безпеки, зменшення негативного впливу на довкілля та підвищення рівня контролю за технічним станом інфраструктури. З огляду на сучасні тенденції цифровізації промисловості, такі комплекси становлять основу для створення інтелектуальних екологічних мереж, що забезпечують сталий розвиток нафтовидобувних регіонів.

Література

1. WINSSEN [Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co., Ltd.] (2025) *MQ135 Datasheet* [online]. URL : <https://www.alldatasheet.com/html-pdf/1307647/WINSEN/MQ135/249/1/MQ135.html>.
2. Huawei Electronics (2025) *Technical data MQ-4 Gas Sensor. Hanwei Electronics* [online]. URL : <https://cdn.sparkfun.com/assets/e/f/c/7/d/MQ-4.pdf>.
3. Грамма О. М., Шкарупа Є. І. (2016) Імпактно-інтегральний підхід до еколого-економічної оцінки збитків в місцях нафтовидобування [online], *Механізм регулювання економіки*, № 3, с. 122–132. URL : <https://essuir.sumdu.edu.ua/items/b9255733-3ea6-4491-94ed-00f313374111>.

Порівняльний аналіз стеків технологій для розроблення кросплатформових мобільних інформаційних систем

Г. І. Ланько, Н. О. Тищенко

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Стрімкий розвиток мобільних технологій, збільшення обчислювальних можливостей мобільних пристроїв та зростання попиту на мобільні інформаційні сервіси стимулюють активне впровадження кросплатформових підходів до програмної розробки.

Підприємства, державні установи та комерційні структури дедалі частіше переходять до мобільних рішень, які забезпечують користувачам доступ до інформації у режимі реального часу.

Реалізація таких систем вимагає вибору оптимального стека технологій, що забезпечить ефективність роботи застосунку, короткий цикл розробки та мінімальні витрати на підтримку.

Сучасні фреймворки для кросплатформової розробки — Flutter, React Native та Kotlin Multiplatform — відображають три різні підходи до створення мобільних інформаційних систем.

Вони суттєво відрізняються за принципами побудови інтерфейсу, продуктивністю, рівнем доступу до нативних функцій та архітектурними особливостями.

Це визначає їх можливості у застосуванні для різних типів мобільних рішень — від простих інформаційних застосунків до складних корпоративних систем із високими вимогами до продуктивності та безпеки.

Flutter як високопродуктивний фреймворк з власним рендерингом.

Flutter використовує власний графічний рушій, що дозволяє відтворювати інтерфейси однаково на різних платформах.

Значною перевагою є можливість створення складних UI-компонентів із високою продуктивністю.

Підтримка hot reload, велика кількість готових віджетів та активна спільнота суттєво прискорюють процес розробки.

Недоліком фреймворку є відносно великий розмір застосунків і складніша взаємодія з нативними модулями, що може ускладнювати створення специфічних інформаційних систем.

React Native — як фреймворк із використанням нативних компонентів.

React Native базується на JavaScript та рендерить інтерфейс через нативні елементи Android і iOS.

Такий підхід забезпечує природний вигляд інтерфейсу та широку можливість інтеграції.

Наявність JavaScript-екосистеми значно полегшує розробку, роблячи її доступною для широкого кола спеціалістів.

Водночас продуктивність залежить від JavaScript Bridge, що може спричиняти затримки у складних обчисленнях та анімаціях. Для покращення

ситуації впроваджується нова архітектура JSI, однак вона ще перебуває на етапі активного розвитку.

Kotlin Multiplatform — як рішення для корпоративного сегмента. Технологія Kotlin Multiplatform дозволяє розробляти спільний код бізнес-логіки та мережевих модулів, залишаючи при цьому повністю нативний інтерфейс.

Такий підхід забезпечує максимальну продуктивність та бездоганну інтеграцію з платформами.

Це робить Kotlin Multiplatform оптимальним для створення корпоративних мобільних систем, що працюють із великими обсягами даних або потребують підвищеної інформаційної безпеки.

Основним недоліком є підвищені витрати часу на створення UI окремо для Android і iOS, що збільшує загальний обсяг робіт.

Порівняльний аналіз трьох підходів демонструє, що кожен із фреймворків має власні переваги залежно від цілей розробки:

- Flutter доцільний для швидкого створення універсальних застосунків із багатим інтерфейсом;

- React Native рекомендований для систем, де важливою є інтеграція з існуючими вебсервісами;

- Kotlin Multiplatform забезпечує найвищу продуктивність і гнучкість для складних корпоративних рішень.

Таким чином, вибір технологічного стека має здійснюватися на основі аналізу вимог системи, складності логіки, інтеграційних завдань та необхідного рівня продуктивності.

Раціональний вибір технологій дозволяє скоротити витрати на розроблення програмних засобів, підвищити їхню якість, забезпечити стабільність роботи мобільної інформаційної системи та гарантувати ефективний доступ користувачів до необхідних даних.

У сучасних умовах цифровізації оптимальний стек технологій є ключовим фактором успішного функціонування мобільних інформаційних систем та їх еволюції у майбутньому.

Література

1. Miola A. (2023) *Flutter Complete Reference 2.0: The ultimate reference for Dart and Flutter*, pp. 21-45.

2. Majchrzak T., Bjørn-Hansen A., Grønli T.-M. (2021) Progressive Web Apps and Cross-Platform Development Frameworks, *Mobile Information Systems*, 28, pp. 112–129.

3. Eisenman B. (2015) *Learning React Native: Building Native Mobile Apps with JavaScript*. 1st ed. O'Reilly Media, pp. 28–50.

4. Kinari S. A., Funabiki N., Aung S. T., Kyaw H. H. S. (2025) A Guided Self-Study Platform of Integrating Documentation, Code, Visual Output, and Exercise for Flutter Cross-Platform Mobile Programming, *Computers*, vol. 14, no. 10, p. 417. DOI : <https://doi.org/10.3390/computers14100417>.

Програмні рішення для організації онлайн конференцій**А. В. Лемешко, А. С. Ільєнко***Державний торговельно-економічний університет, м. Київ*

Сучасні тенденції цифровізації суспільства, розвиток дистанційної освіти та глобалізаційні процеси спричинили активний розвиток технологій онлайн-комунікації.

Особливого значення набули програмні рішення для організації онлайн-конференцій, які забезпечують можливість ефективної взаємодії між учасниками незалежно від їхнього місцезнаходження.

Такі інструменти дозволяють проводити лекції, наради, вебінари, бізнес-зустрічі та навчальні заходи у реальному часі з використанням аудіо- та відеозв'язку, функцій демонстрації екрана, чату, запису та інтерактивної взаємодії.

Основу подібних платформ складають хмарні технології, системи потокової передачі даних та протоколи шифрування, що забезпечують стабільність, масштабованість та інформаційну безпеку. Серед найпоширеніших рішень варто виділити Zoom, Microsoft Teams, Google Meet та Cisco Webex.

Кожна з платформ має власні особливості та переваги: зручність інтерфейсу, можливість інтеграції з іншими сервісами, підтримку великих конференцій, інструменти для модерації та аналітики.

Важливим аспектом використання таких рішень є забезпечення кібербезпеки. Для захисту інформації застосовуються протоколи шифрування, багатофакторна автентифікація, система доступу за посиланням та контроль прав користувачів.

Крім того, ефективність проведення онлайн-заходів залежить від технічних характеристик обладнання, стабільності інтернет-з'єднання та цифрової компетентності користувачів.

Постійний розвиток ІТ-сфери стимулює вдосконалення систем відеоконференцій, інтеграцію технологій штучного інтелекту, автоматизацію модерації, субтитрування та перекладу, а також розширення можливостей для групової взаємодії.

Отже, програмні рішення для проведення онлайн-конференцій залишаються ключовим інструментом цифрової комунікації та мають широкі перспективи застосування в освіті, бізнесі та державному управлінні.

Література

1. Zoom Video Communications (2023) *Zoom Meetings: Documentation and Features* [online].
2. Microsoft Corporation (2025) *Microsoft Teams User Guide* [online].
3. Google LLC (2025) *Google Meet Help Center* [online].
4. Cisco Systems (2025) *Cisco Webex Platform Overview* [online].

Програмні рішення з моніторингу навчального процесу у ЗВО**А. В. Лемешко, К. В. Ревун***Державний торговельно-економічний університет, м. Київ*

Цифровізація освіти та впровадження елементів електронного навчання у вищих навчальних закладах зумовлюють необхідність використання сучасних програмних рішень для моніторингу навчального процесу. Такі системи забезпечують автоматизоване відстеження успішності студентів, присутності на заняттях, виконання індивідуальних завдань, а також надають можливості аналітики для прийняття управлінських рішень в університетському середовищі [1, 2]. Основні функції платформ моніторингу включають ведення електронних журналів, формування розкладів, контроль відвідуваності, інтеграцію з системами дистанційного навчання та рейтингову оцінку знань студентів. Завдяки використанню хмарних технологій такі рішення забезпечують доступність інформації для викладачів, студентів і адміністрації, підтримують захист даних та можливість масштабування [3, 4]. Найбільш поширеними системами є Moodle, Google Classroom, Microsoft Teams for Education та власні університетські інформаційні платформи. Багато з них пропонують інструменти автоматичного оцінювання, генерації звітів, аналізу навчальних результатів та виявлення академічних ризиків [5, 6]. Важливим аспектом є інтеграція таких систем з електронними документами, CRM-модулями та сервісами управління навчальним контентом. Перспективним напрямом розвитку програмного забезпечення для моніторингу навчального процесу є застосування технологій штучного інтелекту для прогнозування успішності студентів та адаптації навчальних траєкторій, а також удосконалення систем безпеки даних та мобільних інтерфейсів [7]. Таким чином, програмні рішення для моніторингу навчання відіграють важливу роль у підвищенні ефективності управління освітнім процесом, забезпечуючи прозорість, аналітичність і своєчасний контроль академічних показників у ЗВО [8, 9].

Література

1. Moodle (2025) *Learning Management System Features* [online].
2. Google for Education (2025) *Classroom Platform Overview* [online].
3. Microsoft Education (2025) *Microsoft Teams for Education Guide* [online].
4. Siemens G., Long P. (2022) Penetrating the Fog: Analytics in Learning and Education, *EDUCAUSE Review* [online].
5. Canvas LMS (2025) *Product Overview and Capabilities* [online].
6. UNESCO (2022) *Digital Transformation of Education: Global Report*.
7. OECD (2023) *Education in the Digital Age: Best Practices and Insights*.
8. Кравченко О. В. (2021) *Цифрові технології в управлінні освітнім процесом у ЗВО*.
9. Хмель О. О. (2020) *Інформаційно-аналітичні системи підтримки освітнього менеджменту*. Х. : УІПА.

Інформаційна ігрова система з персоналізованим відстеженням прогресу користувача

М. А. Липський

Національний університет харчових технологій

Сучасні інтерактивні системи все частіше впроваджують елементи гейміфікації для підвищення залученості користувачів, ефективності навчання та якості взаємодії. Ігрові механіки стали основою численних освітніх платформ, тренажерів і цифрових рішень, що використовують мотиваційні підходи для кращого засвоєння матеріалу.

Завдяки розвитку інструментів розробки та ігрових технологій стало можливим створення систем, які не лише надають контент, а й динамічно адаптують його під користувача.

Персоналізоване відстеження прогресу є центральним елементом таких систем, оскільки дозволяє оцінювати поведінку користувача, визначати індивідуальний рівень складності та формувати оптимальний маршрут взаємодії. Воно забезпечує не лише зручність роботи, а й стає мотивацією, створюючи зрозумілу структуру цілей, викликів і результатів.

У подібних рішеннях важливим є застосування математичних моделей, здатних кількісно аналізувати показники швидкості виконання завдань, точності, стабільності та загальної динаміки розвитку.

Інформаційні та ігрові системи з персоналізованим трекінгом широко використовуються у навчанні, професійних тренажерах і навіть розважальних продуктах, адже вони підвищують ефективність освоєння матеріалу та роблять взаємодію зі складними процесами більш інтуїтивною.

Створення власної інформаційної ігрової системи з персоналізованим відстеженням прогресу є актуальним завданням, оскільки поєднує адаптивні механізми, елементи мотиваційної динаміки та інтерактивні ігрові підходи, що відповідають сучасним тенденціям розвитку цифрових технологій та потребам користувачів.

Література

1. Вісник Харківської державної академії культури. URL: <http://v-khsac.in.ua/article/view/236273>
2. Gamification and student motivation. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10494820.2014.964263>.
3. Гейміфікація як інструмент мотивації до самостійного професійного розвитку майбутніх педагогів. URL: <https://pedagogical-academy.com/index.php/journal/article/view/949>.
4. Олексюк І. О., Костіков М. П. (2017) Гейміфікація та автоматизація процесу підготовки ІТ-спеціалістів на прикладі французької школи «42», Матер. 83 міжнар. наук. конф. молодих учених, аспірантів і студ. «Наукові здобутки молоді — вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті», 5–6 квітня 2017 р. К. : НУХТ, ч. 2, с. 301.

Складові інформаційної системи для управління методичною роботою кафедри закладу вищої освіти

В. В. Міщенко, Н. А. Зубрецька

Національний транспортний університет, Київ, Україна

Сучасні підходи до забезпечення якості освіти обумовлюють необхідність постійного вдосконалення методологій навчання та технологій підтримки освітнього процесу, важливою складовою якого є методична робота. Використання інформаційних систем для автоматизації процесів методичної роботи у закладах вищої освіти (ЗВО) та їх структурних підрозділах є сьогодні необхідним інструментом оптимізації та підвищення ефективності управління освітніми послугами задля забезпечення сучасних вимог до рівня їх якості [1].

З метою створення єдиного інформаційно-методичного середовища, підвищення рівня інформаційної підтримки освітнього процесу і розробки автоматизованої системи управління методичною роботою кафедри вітчизняного ЗВО виконано дослідження її складових — організаційного, нормативно-правового та інформаційного забезпечення. Системний аналіз предметної області та її основних аспектів дозволив визначити: основні процеси методичної роботи; особливості її організаційного та нормативно-правового забезпечення; форми її документування та практики документообігу; функції та потреби керівних і виконавчих органів управління ЗВО, кафедри, як ключового структурного підрозділу, і науково-педагогічного персоналу, які реалізують освітній процес; вимоги до навчально-методичного забезпечення. У результаті аналізу та узагальнення типової системи управління освітнім процесом вітчизняних ЗВО, на прикладі його організації в Національному транспортному університеті, виконано її структуризацію на основі методу аналізу ієрархій, як структурованого методу організації та аналізу складних рішень, та з використанням редактору Microsoft Office Visio побудовано ієрархічну структурно-функціональну модель ключових суб'єктів методичної роботи та ієрархічну структурну схему її нормативно-правового забезпечення. Порівняльний аналіз та систематизація існуючих програмних рішень показав відсутність серед вітчизняних аналогів системи, яка б повністю відповідала завданням для вирішення виявленої проблеми. Структуризація методичної роботи ЗВО та узагальнення аналогів дозволило сформулювати вимоги до автоматизованої інформаційної системи управління з чітким розподілом функцій між її компонентами та користувачами. Визначені вимоги стануть основою для проектування функціональних характеристик системи, побудови структури бази даних та подальшої розробки системи.

Література

1. Міщенко В. В., Зубрецька Н. А. (2025) Автоматизована інформаційна система «Методичний кабінет коледжу», 91 Міжнар. наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді — вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті», 7–11.04.25 р. К. : НУХТ, ч. 2, с. 415.

Проектування інтерактивної платформи для вивчення французької мови «GREN»

А. Є. Мозирко, М. П. Костіков

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Завдяки інформаційно-технологічній глобалізації світу використання інтерактивних засобів стає невід'ємною частиною навчання в будь-якій галузі, зокрема й у викладанні та вивченні мови. Електронні засоби навчання іноземних мов допомагають швидше та ефективніше опанувати лексику, граматику та інші аспекти мови.

Традиційно існує велика кількість таких програмних засобів для англійської, тоді як для будь-якої іншої мови їх значно менше [1]. Прикро, та ця ситуація досі стосується і французької мови. Серед доступних електронних засобів навчання для французької можна згадати мобільний застосунок Duolingo, інтерактивні платформи *TV5MONDE* і *PodcastFrançaisFacile*. Проте жоден із вищезазначених засобів навчання не зорієнтований на українського користувача.

З часом актуальність проектування інтерактивних засобів навчання французької мови стрімко зростає. Від початку повномасштабного вторгнення багато українців були вимушені покинути свої домівки та шукати прихистку по всьому світу, зокрема і у Франції. На жаль, більшість українців там і нині перебувають без знання французької мови.

Враховуючи вищевикладене, було вирішено розробити інтерактивну платформу для вивчення французької мови, яка міститиме не лише поєднання лексичного та граматичного модулів, а й такі розділи, як: «Культура», «Слухати», «Грати», «Читати» та «Новини». Подібна платформа зможе стати справді першим повноцінним електронним засобом навчання французької мови в Україні.

Поєднання лексичного та граматичного модулів планується реалізувати при створенні комп'ютерної версії «Лексико-граматичного практикуму з французької мови для початківців (рівень A1)», створений Костюк М. М та Довбищенком Ф. В. із катедри романської філології Інституту філології Київського національного університету імені Тараса Шевченка [2].

Розділ «Культура» міститиме статті, аудіо- та відеоматеріали на різноманітні культурні теми, що об'єднують Францію та Україну. Оскільки метою розробки є орієнтованість саме на українських користувачів, важливо занурюватись не лише у французьку культуру, а й показувати свою рідну у французькому уявленні.

Розділ «Слухати» міститиме диктанти, діалоги та загальні аудіоматеріали на повсякденні теми для розвитку «*compréhension de l'oral*» — практики слухання та розуміння.

Розділ «Грати» буде зорієнтований на подібні ігрові платформи, як *Educaplay* та *Wordwall* [3–4]. Цей розділ буде допоміжним у засвоєнні

пройдених матеріалів із лексико-граматичного модуля через розважальну ігрову форму.

У розділі «Читати» користувачі (найімовірніше саме початкових рівнів) матимуть змогу попрактикуватись у читанні французької мови. Це вміння є одним із найтяжчих на перших етапах вивчення саме через доволі складну фонетику французької мови, багату на дифтонги, трифтонги та численні винятки.

Користувачі будуть записувати своє читання автоматично згенерованих коротких текстів із раніше підготовленої бази даних. За допомогою розпізнавання мовлення система буде аналізувати правильність прочитаного користувачем тексту. Неправильно прочитані фонemi система підсвічуватиме червоним, і за допомогою синтезу мовлення користувач матиме змогу прослухати правильну вимову, зрозуміти, де припустився помилки, та спробувати прочитати текст іще раз.

Розділ «Новини» буде реалізовано у форматі діалогового чат-бота, основна функція якого — тренування використання сучасного французького сленгу на матеріалі актуальних українських новин.

Це можливо реалізувати шляхом автоматизованого збору текстів через API [5]. Щодня система автоматично отримуватиме новинний контент із відкритих API українських інформаційних ресурсів та здійснюватиме його машинний переклад французькою мовою. При цьому користувач матиме змогу взаємодіяти з ботом у режимі текстового діалогу, а саме: обговорювати новини, ставити запитання, отримувати пояснення сленгових виразів і застосовувати їх у контексті.

Таким чином, реалізована система може стати першим в Україні повноцінним засобом у процесі вивчення французької мови для українців. Платформа буде корисною як для індивідуального використання, так і як допоміжний ресурс для викладання в закладах вищої освіти або на мовних курсах. Предметом подальшого дослідження є технічна реалізація зазначених модулів і наповнення системи навчальним вмістом.

Література

1. Піцан В. М., Грановська Я. М., Костіков М. П. (2023) Проєктування електронного засобу навчання іспанської мови на основі української, *Матер. X Міжнар. наук.-техн. Internet-конф. «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами»*, 24 листоп. 2023 р., К. : НУХТ, с. 212.

2. Костюк М. М., Довбищенко Ф. В. (2025) *Лексико-граматичний практикум із французької мови для початківців (рівень A1)*. К., 126 с. URL : <https://ir.library.knu.ua/entities/publication/e2fa3177-5589-40c9-b735-2e8acb16ff86>.

3. *Educaplay* (2025) [online]. URL : <https://www.educaplay.com>.

4. *Wordwall* (2025) [online]. URL : <https://wordwall.net>.

5. Костіков М. П. (2023) Автоматизоване опрацювання текстів із допомогою API, *Наук. конф. професорсько-викладацького складу, аспірантів, студ. та співробітників відокремлених структурних підрозділів ун-ту*, К. : НТУ, вип. 79, с. 594.

Створення та використання електронних словників для аналізу мови

Є. В. Моргунова, М. П. Костіков

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Важливим етапом у процесі створення будь-якого словника є збирання та класифікація слів. Нині є багато методів і підходів до цього процесу. Зокрема при вивченні мови важливими є як лексичні, так і граматичні словники [1].

Із метою аналізу методик створення словників, а також можливого розв'язання проблем, які можуть виникнути в ході розроблення, можна використовувати різні методи. Застосування інформаційних технологій у цьому напрямі може суттєво спростити роботу лексикографів, зробити її швидшою, ефективнішою, а також розширити коло розв'язуваних завдань [2].

Враховуючи це, було прийнято рішення розробити алгоритм, який за довільним вхідним текстом створює частотний словник — список слів, упорядкований за частотою використання в цьому тексті. Код програми було написано з допомогою мови програмування Python і відповідних бібліотек для опрацювання текстових даних.

Отриманий програмний засіб у подальшому можна використовувати не лише для створення власне частотних словників, а й для похідних завдань. Наприклад, для перевірки шаблонів у текстах певного стилю. Крім того, згенеровані таким чином словники можна брати за основу при створенні інших електронних словників із додатковою інформацією та функціями.

На попередньому етапі дослідження вищезазначену програму було використано при створенні словника на основі текстів часів повномасштабної війни в Україні та для аналізу лексики цього часу. Цю роботу було проведено з метою виявлення та дослідження тенденцій у мовленні під час воєнного стану. Результати наочно продемонстрували, яке саме мовлення використовують люди в Україні в останні роки.

Використовуючи вищеописані методи, можна також, наприклад, створити словник застарілої, архаїчної лексики та провести розбір, із яких причин вона вийшла з ужитку. Загалом електронні словники є не лише корисним самостійним інструментом для вивчення слів певної мови, а й великою допомогою при аналізі тенденцій у ній.

Література

1. Костіков М. П. (2025) Використання веб-технологій для реалізації електронного морфологічного словника польської мови, *Матер. 2-ї міжнар. наук.-практ. конф. «Інформаційні системи та технології: результати і перспективи» (IST 2025)*, 5 бер. 2025 р., К. : ФІТ КНУТШ, с. 411–414.
2. Сірко В. С., Ярох А. А., Костіков М. П. (2024) Конвертація Словника українських морфем Л. М. Полюги в електронну версію, *Наук. пр. І міжнар. наук.-практ. конф. «Штучний інтелект та інформаційні технології»*, 3–4 червня 2024 р., К. : НУХТ, с. 364–365.

Використання сітьової транспортної моделі для оптимізації управління та планування контейнерних перевезень

В. О. Овчарук

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

Задачі, що виникають у процесі управління контейнерним парком на морських лініях, можна розглядати як різновид транспортних задач, а саме як сітьові транспортні моделі.

Такий підхід дає можливість формалізувати процеси розподілу, переміщення та використання контейнерів між портами і терміналами у вигляді математичної моделі, де вузли мережі відповідають пунктам відправлення чи прибуття, а дуги — можливим маршрутам перевезень. Завдяки цьому задачі управління контейнерним парком можуть бути розв'язані з використанням сучасного апарату лінійного програмування, який забезпечує можливість оптимізації потоків контейнерів з урахуванням витрат, часових обмежень і технічних характеристик суден.

Особливу перевагу становить застосування не загальних, а спеціалізованих методів розв'язання сітьових транспортних задач. Такі методи створені саме для аналізу структурованих задач великої розмірності, де кількість змінних та обмежень може сягати десятків або навіть сотень тисяч.

Таким чином, використання сітьових транспортних моделей у поєднанні зі спеціальними методами лінійного програмування забезпечує не лише підвищення точності планування, а й створює основу для гнучкого, адаптивного управління контейнерними потоками у глобальних морських логістичних системах.

В роботі [2] розроблена математична модель та проведено аналіз задачі оптимального планування перевезень контейнерів на прикладі чотирьох портів. Аналіз цієї моделі показав, що для розв'язку задач оперативного управління великої розмірності в реальному масштабі часу ефективно використовувати сітьові транспортні моделі, які враховували б особливості цих задач.

А саме в результаті було продемонстровано, що оптимальна організація перевезень порожніх контейнерів дозволяє не тільки скоротити загальний парк контейнерів на морській замкненій лінії, але також веде до успішного виконання планів перевезень в кінцевих і проміжних портах лінії, що були складені заздалегідь.

Мета роботи полягає в проведенні аналізу, побудові представляючої мережі і розробці спеціальних методів розв'язку задачі управління контейнерними перевезеннями, які враховували б особливості цих задач і дозволяли б оперативніше здійснювати пошук їх оптимального розв'язку у випадку великої розмірності задачі.

Для пояснення цієї ідеї розглянемо такий випадок. Розглянемо загальний випадок, коли на лінії курсують декілька суден-контейнеровозів.

В розглянутому нами загальному випадку руху декілька суден-контейнеровозів, крім перерахованих затрат, необхідно враховувати затрати на збереження контейнерів в порту. Але, при урахуванні цих затрат, може стати, що вигідніше перевозити порожні контейнери, ніж зберігати їх в порту.

Принцип побудови представляючої мережі в розглянутому загальному випадку і зведення задачі управління контейнерним парком на морській лінії до сітьової транспортної задачі лінійного програмування приведено в роботі [2] на випадок, коли $k=3$, $i=3$.

Спочатку аналогічно будуються представляючі мережі для кожного судна-контейнеровоза окремо.

Ці мережі необхідно перетворити в одну мережу, побудова якої здійснюється на підставі урахування черги або графіка прибуття кожного судна-контейнеровоза до кожного з портів l ($l=1,2, \dots, N$).

Припустимо для визначеності, що

ПОРТ №1 першим заходить 2-е судно при першій зупинці, потім 3-е судно при другій зупинці, потім 1-е судно при першій зупинці.

ПОРТ №2 першим заходить 3-е судно при першій зупинці, потім 2-е судно при другій зупинці, потім 1-е судно при другій зупинці.

ПОРТ №3 першим заходить 3-е судно при третій зупинці, потім 2-е судно при третій зупинці.

Припустимо, що 1-е судно не заходить в цей порт.

Ці дані в наглядній формі можна представити у вигляді таблиці:

Таблиця 1

№ порта/ заходи	1	2	3
1	2 (1)	3 (1)	3 (3)
2	3 (2)	2 (2)	2 (3)
3	1 (1)	1 (2)	

В клітинах цієї таблиці вказано номер судна і номер зупинки, що відповідає заходу цього судна в даний порт (цифри у дужках).

Використання такого підходу до рішення задач оперативного управління контейнерними перевезеннями у випадку великої розмірності задачі в реальному масштабі часу вимагає розробки складного комплексу програм, що дозволяє здійснювати генерацію мережі на комп'ютері враховуючи вхідні дані задачі.

Література

1. Стрелко О. Г., Бердниченко Ю. А., Вознюк В. С., Ковальський І. Л. (2020) Аналіз розвитку контейнерних перевезень залізничним транспортом в Україні, *Наукові праці ВНТУ*, № 2, с. 1–6.
2. Кривець Т. О., Овчарук В. О. (2013) Математична модель задачі управління контейнерними перевезеннями на морській замкненій лінії, *Водний транспорт*. К. : КДАВТ, № 1(16), с. 181–183.

Використання сучасних інформаційних технологій у процесах сушіння харчових продуктів

В. О. Овчарук

Національний університет харчових технологій

Від найдавніших часів люди шукали та вдосконалювали різноманітні методи збереження продуктів харчування. Це сприяло появі безвідходних технологій переробки сировини та зменшенню шкідливого впливу харчових відходів на довкілля. Найпоширенішими способами, що зробили наше харчування більш корисним, різноманітним і, головне, завжди свіжим, є такі:

Сушіння — це процес термічної обробки матеріалу з метою зниження його вологості, в результаті чого покращується якість продукції, запобігається її псування і злежування, знижується вага та покращуються умови транспортування і зберігання. Конструкції сушильних апаратів залежать від масштабів виробництва і властивостей матеріалу, сушіння в яких проводиться під атмосферним тиском або під вакуумом, при цьому матеріал може знаходитись у стані спокою, переміщатися або перемішуватися.

Процес сушіння проводиться періодично або безперервно при різних способах передачі теплоти: контактуванням, конвекцією або радіацією, струмами високої частоти, інфрачервоним випромінюванням, а також сушіння сублімацією. Найбільш поширеними в харчовій промисловості є кондуктивний та конвективний способи сушіння. В кондуктивних сушарках теплота для висушування матеріалу передається шляхом контакту з нагрітою поверхнею, а в конвективних теплота передається безпосередньо від теплоносія до матеріалу.

У харчовій промисловості застосовують різноманітні сушарки, в яких висушують дуже різні матеріали. Класифікувати сушарки можна залежно від таких ознак:

- а) режим роботи — періодичної, безперервної і циклічної дії;
- б) спосіб підведення теплоти — конвективні, контактні (кондуктивні), радіаційні і високочастотні;
- в) вид сушильного агента — повітряні, із застосуванням димових газів, парові, рідинні;
- г) вид висушуваного матеріалу — кусковий, зернистий (дисперсний), пилевидний, пастоподібний, рідкий (розчин);
- д) тиск у сушильній камері — атмосферні, вакуумні, глибоковакуумні, під надлишковим тиском;
- е) напрямок руху сушильного агента відносно матеріалу — прототечійні, протитечійні, з перехресним потоком;
- е) варіант сушильного процесу — з нормальним (основним) процесом, з проміжним підігріванням сушильного агента, з рециркуляцією відпрацьованого повітря, з додатковим підігріванням повітря в сушильній камері та ін.;

Процеси сушіння харчових продуктів з метою найповнішого збереження їх корисних властивостей при тривалому зберіганні є найбільш

актуальними для виробників продуктів харчування і сільгосппереробників. Перелік продуктів тваринного і рослинного походження, що вимагають подальшої переробки, постійно розширюється.

Усе це підвищує попит на наукові розробки, які найширше охоплювали б перелік таких продуктів з усім спектром їх відомих фізичних і теплофізичних характеристик для подальшої оптимізації процесів сушіння. На рис. 1–4 наведені основні типи сушарок.

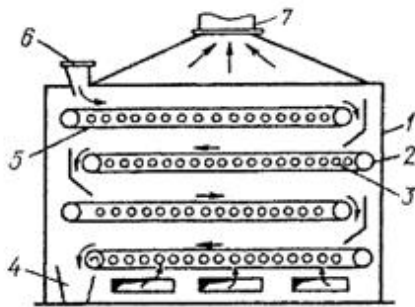


Рис. 1. Стрічкова сушарка

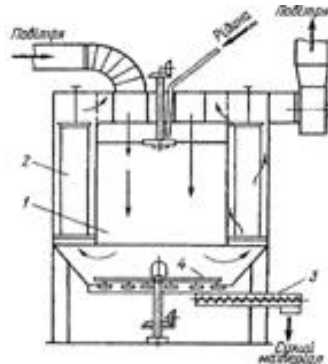


Рис. 2. Розпилювальна сушарка

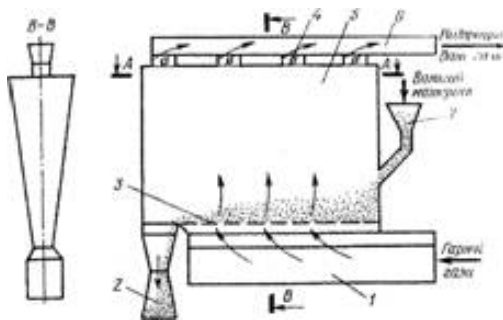


Рис. 3. Сушарка з киплячим шаром

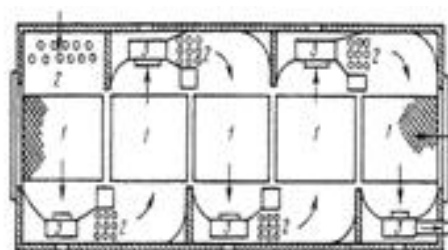


Рис. 4. Тунельна сушарка

Розпочато комплекс наукових досліджень і розробок, спрямований на створення за допомогою сучасних інформаційних технологій бази даних і знань про продукти, що підлягають сушінню. У цій базі зібрано всі відомі фізичні, теплофізичні та інші характеристики, необхідні для оптимального вибору методу сушіння та відповідного обладнання.

З цією метою було здійснено огляд інтернет-ресурсів, а також вітчизняних і зарубіжних літературних джерел.

Створюється вебсайт «Проблеми сушіння харчових продуктів», який містить перелік основних харчових продуктів, що підлягають сушінню, та їх основні фізичні й теплофізичні характеристики. Сайт забезпечує можливість пошуку інформації з відповідної тематики.

Ця робота є частиною комплексного напрямку, спрямованого на створення інформаційної підтримки інженерних рішень у виробничих процесах сушіння харчових продуктів із використанням сучасних комп'ютерних технологій.

Система організації та розподілу учасників програми студентського обміну

В. О. Овчарук

Національний університет харчових технологій

Програми студентського обміну є важливим аспектом міжнародної освіти, що сприяє культурному обміну та підвищенню якості освіти. Ефективна система розподілу здобувачів освіти є ключовим чинником успіху таких програм. У цій роботі забезпечується розробка та реалізація системи розподілу здобувачів освіти у рамках програми студентського обміну.

Метою даного проєкту є розробка та впровадження системи, яка дозволить ефективно розподіляти здобувачів освіти у міжнародних освітніх програмах студентського обміну на основі їхніх інтересів, здібностей, наукових досягнень тощо.

Основні завдання проєкту включають:

- проаналізувати існуючі системи розподілу здобувачів освіти,
- визначення отриманого відбору та алгоритмів розподілу,
- розробка програмного забезпечення реалізації системи,
- тестування та оптимізація систем, впровадження систем у механічне підприємство, аналіз існуючих систем.

Розглянемо існуючі системи.

SMP (Платформа студентської мобільності) — це платформа, розроблена для автоматизації процесу управління програмами студентського обміну, включаючи відбір студентів, виплати за партнерськими навчальними закладами, облік кредитів та багато іншого. Ця платформа надає повний набір інструментів для керування процесами студентського обміну.

Її можливості включають у себе: автоматизацію процесу подання заяв студентам, управління та адміністрування програм обміну для освітніх закладів, розподіл студентів за партнерськими університетами на основі різних показників, таких як переваги, академічні досягнення та мовні навички, моніторинг та звітність про мобільність студентів.

MoveON – це хмарна платформа, призначена для управління міжнародними освітніми програмами, включаючи програми студентського обміну. MoveON пропонує інструменти для управління мобільністю студентів, управління партнерськими навчальними закладами, а також аналітику та звітність. Ця хмарна платформа пропонує широкий спектр інструментів управління міжнародними освітніми програмами, включаючи програми студентського обміну.

Деякі важливі функції MoveON включають: управління програмами мобільності та обміну, відбір студентів та їх розподіл за університетами-партнерами, моніторинг та аналітика за програмами мобільності, електронне підписання документів та організація зв'язку між учасниками підприємств.

Erasmus Dashboard – це платформа, розроблена в рамках програми Європейського Союзу Erasmus+, яка надає студентам, навчальним закладам та адміністраторам інструменти для планування та управління програмами мобільності. Основні особливості Erasmus Dashboard включають: електронне подання заяв та розгляд процедури відбору студентів, інформаційну підтримку для студентів про можливі освітні програми та університети-партнери, звітність та моніторинг мобільності студентів, обмін між різними зовнішніми навчальними закладами для оптимізації використання ресурсів.

SOLAS (система онлайн-додатків для студентів) – це система, розроблена для управління програмами студентського обміну та мобільності студентів у навчальних закладах.

Studyportals: це платформа, яка надає інформацію про міжнародні освітні програми та можливості для студентів з усього світу, включаючи програми студентського обміну.

Перший етап проєкту включає аналіз різних систем розподілу здобувачів освіти із урахуванням міжнародних освітніх програм.

Надалі будуть розглянуті як можливі програмні рішення, і принципи організації розподілу, які у наукових установах. На основі аналізу будуть використовуватись основні критерії відбору та алгоритми розподілу здобувачів освіти.

Критерії можуть включати академічні досягнення, мовні навички, переваги країн або навчальних закладів.

Алгоритми повинні забезпечувати справедливість та ефективність дій здобувачів освіти з урахуванням цих обставин.

Після завершення розробки система буде протестована на різних тестових наборах даних, щоб забезпечити її коректну роботу та ефективність.

Після отримання результатів тестування система буде готова до впровадження до навчальних закладів, де використовуватиметься для розподілу здобувачів освіти за програмами студентського обміну.

Розроблення системи розподілу здобувачів освіти у рамках програми студентського обміну є важливим етапом у підвищенні якості освітніх процесів та створенні сприятливих умов для міжнародного обміну досвідом. Впровадження цієї системи здатне значно спростити адміністративні процедури та зменшити кількість помилок при розподілі учасників.

Завдяки цьому реалізація програм студентського обміну стає більш ефективною та результативною, що позитивно впливає на освітній процес та міжнародну співпрацю навчальних закладів.

Література

1. *Навчання за кордоном* (2025) [online]. URL: <https://study.ua/uk>.
2. *Центр міжнародної освіти Львівського національного університету імені Івана Франка* (2025) [online]. URL: <https://international.lnu.edu.ua>.
3. *Центр міжнародного висвітлення КНУ ім. Тараса Шевченка* (2025) [online]. URL: <https://international.knu.ua>.

**Методологія вимірювання inpr: створення тестового стенду
для дослідження взаємодії користувача з веб-додатком**

Р. В. Олійник

Львівський торговельно-економічний університет, Львів, Україна

У сучасному веб середовищі якість користувацької взаємодії стала одним із ключових чинників конкурентоспроможності веб-додатків. Метрика Interaction to Next Paint (INP), яка прийшла на зміну First Input Delay (FID) у системі Core Web Vitals стала головним показником, що характеризує швидкість реакції інтерфейсу на дії користувача. INP оцінює повний цикл взаємодії — від моменту ініціювання дії користувачем до візуального оновлення інтерфейсу, і тим самим є більш репрезентативною для оцінки реальної продуктивності [1].

Для точного вимірювання INP постає актуальна потреба у дослідженні та розробці тестового середовища, яке б дозволяло відтворювати типові сценарії взаємодії користувача з веб-додатком, фіксувати часові затримки між подією введення і наступним оновленням інтерфейсу, а також аналізувати вплив структури коду та навантаження потоку браузера на значення метрики [1].

Як показали проведені дослідження типових наповнень веб-сторінок, доцільним є розробка трьох основних сценаріїв тестових сторінок, які відтворюють різні сценарії взаємодії користувача з веб-додатком [2]. Перший сценарій являє собою контентний ресурс, який імітує статичні інформаційні сторінки з текстовими та графічними елементами. На таких сторінках досліджується реакція системи на базові дії користувача, зокрема прокручування, відкриття модальних вікон та натискання інтерактивних елементів. Це дозволяє оцінити швидкість реагування інтерфейсу у випадках, коли відбувається взаємодія з контентом без складних обчислювальних процесів.

Другий сценарій представлений інтерактивною формою, що моделює активну взаємодію користувача із системою через елементи введення — поля вводу, кнопки, перемикачі тощо. Такі сторінки дають змогу дослідити часові затримки між моментом ініціювання дії користувачем та появою візуального результату на екрані, а також виявити вплив структури обробників подій JavaScript на загальну швидкодію сторінки [3, 4]. Особлива увага приділяється реакції інтерфейсу при одночасному виконанні кількох подій або обробці асинхронних запитів до серверу. Третій сценарій — динамічна сторінка, яка відтворює роботу односторінкового застосунку (SPA), де зміст оновлюється без повного перезавантаження сторінки. Тут вимірюється узгодженість між подіями введення, виконанням скриптів і подальшим рендерингом, що важливо для аналізу поведінки потоку браузера під навантаженням, коли відбувається паралельна обробка користувацьких подій та оновлення візуальних частин [5].

Саме ж дослідження метрики Interaction to Next Paint (INP) доцільно проводити безпосередньо в браузері за допомогою інструментів PerformanceObserver у поєднанні з API Event Timing, що дозволяє точно

фіксувати часові інтервали між моментом ініціювання користувацької дії та відображенням нового кадру інтерфейсу [3, 4]. Такий підхід забезпечує високу точність вимірювань і дає змогу спостерігати поведінку системи в реальних умовах роботи браузера без додаткових спотворень.

Для кожного типу сторінок необхідно виконувати значну кількість повторюваних вимірювань, моделюючи як різну якість мережевого з'єднання, так і змінюючи кількість елементів DOM. Це дає змогу охопити різні сценарії взаємодії користувача — від простих інформаційних сторінок до складних динамічних інтерфейсів із високою насиченістю подіями. З огляду на те, що отримані результати вимірювань формують масив даних, який охоплює різні типи сторінок, параметри рендерингу та умови тестування, ці дані можуть бути придатними для подальшої статистичної обробки, узагальнення та візуалізації у вигляді аналітичних графіків і порівняльних таблиць. Такий підхід дозволить виявляти закономірності у зміні показників Interaction to Next Paint (INP) під впливом зовнішніх та внутрішніх факторів продуктивності.

Зручним засобом для проведення усіх вимірювань є Puppeteer, що являє собою бібліотеку керування браузером Chrome [6], дозволяючи програмно запускати сторінки, відтворювати взаємодії користувача (клік, введення тексту, скрол) і збирати метрики продуктивності з використанням API PerformanceObserver [6]. Тестові прогони доцільно виконувати в контрольованих умовах із заданими параметрами затримки мережі (network throttling, наприклад 4G — 100 Mbps, 3G — 10 Mbps) та продуктивності процесора (CPU throttling, наприклад $\times 4$), що відтворює поведінку реальних користувачів.

Таким чином, запропонований тестовий стенд забезпечить можливість емпіричного вимірювання INP, а також створить передумови для формування методології INP-first engineering — підходу, у межах якого метрики взаємодії користувача стають невід'ємним елементом процесу розробки веб-додатків.

Література

1. Web.dev (2024) *INP becomes a Core Web Vital* (announcement, Jan 31, 2024) [online]. URL : <https://web.dev/blog/inp-cwv-march-12>.
2. HTTP Archive (2024) *Web Almanac — Performance chapter (Core Web Vitals overview)* [online]. URL : <https://almanac.httparchive.org/en/2024/performance>.
3. Google Chrome Developers (2024) *Event Timing API documentation* [online]. URL : <https://developer.chrome.com/docs/web-platform/event-timing>.
4. Mozilla Developer Network (MDN) (2025) *PerformanceObserver (API docs)* [online]. URL : <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/PerformanceObserver>.
5. Berriman R., Grigorik I. (2024) *Optimizing responsiveness: A deep dive into INP measurement techniques*. *Chrome Developers Blog* [online]. URL : <https://developer.chrome.com/blog/inp>.
6. Puppeteer API (2025) *Page.emulateCPULThrottling()* [online]. URL : <https://pptr.dev/api/puppeteer.page.emulatecputhrottling>.

Електронний щоденник нового покоління: гейміфікація освітнього процесу

А. С. Патлай, Я. В. Криволапов

Київський національний університет ім. Тараса Шевченка

У сучасних умовах цифровізації електронні щоденники давно стали невід'ємною частиною навчального процесу.

Однак для покоління Alpha, яке формувалося в епоху інтерактивних інтерфейсів та персоналізованого контенту, традиційні системи оцінювання виглядають застарілими та не мотивують до активної участі в навчанні. Це зумовлює необхідність пошуку інноваційних способів модернізації електронного щоденника.

Основним недоліком вже впроваджених електронних щоденників у навчальних закладах є орієнтація переважно на вчителів та батьків, обмежуючись лише функціями збереження та відображення оцінок, відвідуваності, успішності.

У той же час, учні часто сприймають їх як інструмент контролю. Існуюча система оцінок у форматі 1–12 балів є стресовою та не відображає прогрес чи досягнення в різних сферах навчальної діяльності.

У зв'язку з цим виникає потреба у впровадженні механізмів, які б не лише виконували вже існуючий функціонал, а й мотивували учнів до активної участі в навчальному процесі.

Одним із перспективних підходів є гейміфікація електронного щоденника, що передбачає використання ігрових елементів і робить навчання приємнішим та цікавішим для учнів.

Реалізація цього підходу передбачає впровадження комплекс елементів: учні отримують досягнення та значки за активність, успіхи та творчі досягнення, а також можуть відстежувати свій рівень знань у предметах через прогрес-бар.

Для впровадження запропонованого функціоналу було розроблено веб-застосунок з архітектурою, що базується на MERN-стеку (MongoDB, Express.js, React.js, Node.js). Застосунок має кілька основних інтерфейсів:

- адміністративний інтерфейс для адміністрації школи, який дозволяє керувати класами, групами, розкладом, учнями, вчителями та предметами;

- інтерфейс для вчителів, де вони можуть додавати та редагувати завдання, оцінки, вести відвідуваність, відстежувати прогрес учнів і взаємодіяти з групами;

- персональний інтерфейс для учнів та батьків, де відображаються завдання, оцінки, прогрес у навчанні, досягнення та гейміфікаційні елементи (значки, прогрес-бари, персоналізований аватар).

Для зберігання даних використовується MongoDB, що дозволяє гнучко структурувати колекції для учнів, класів, предметів, домашніх завдань та елементів гейміфікації, таких як досягнення, рівні знань і внутрішня валюта.

Frontend-частина реалізована на React.js з використанням бібліотеки Redux для керування станом додатка. Інтерфейс учителя дозволяє керувати класами, призначати завдання та нагороджувати учнів цифровими значками, інтегруючи механіки гейміфікації у навчальний процес.

Інтерфейс учня включає інтерактивну панель прогресу, галерею досягнень та систему персоналізації аватара. Нагороди у системі нараховуються автоматично: коли учень виконує завдання, відповідні значки, валюта та прогрес додаються без участі вчителя.

Для цього використовуються готові ресурси та зовнішні API, такі як Game-icons.net, FlatIcon для значків, а аватари генеруються через Avataaars Generator. Такий підхід дозволяє швидко додавати нові нагороди, робить систему масштабованою та інтерактивною.

Backend-частина побудована на Node.js та Express.js і забезпечує обробку запитів користувача, реалізацію бізнес-логіки та взаємодію з базою даних. Для обміну даними між клієнтською і серверною частинами використовується REST API, що дозволяє передавати інформацію про завдання, досягнення та прогрес учнів у реальному часі.

Безпека та контроль доступу реалізовані через JWT (JSON Web Tokens). Після успішного входу система генерує токен із інформацією про роль користувача, який супроводжує всі запити для перевірки прав доступу: учень не може змінювати оцінки, а вчитель — отримати дані іншого вчителя.

Впровадження гейміфікації в електронний щоденник дозволяє перетворити навчальний процес із системи контролю на середовище мотивації та саморозвитку.

Автоматичні нагороди, рівні знань і персоналізація створюють позитивний зворотний зв'язок, підвищують зацікавленість учнів і сприяють формуванню внутрішньої мотивації до навчання.

Література

1. Громадське радіо (2023) *Перетворення навчання у захопливу гру: як гейміфікація революціонізує дистанційну школу* [online]. URL: <https://hromadske.radio/publications/peretvorennia-navchannia-u-zakhoplyvu-hru-iak-heymifikatsiia-revoliutsionizuie-dystantsiynu-shkolu>.

2. Erickson J. (2025) What Is the MERN Stack? [online], *Oracle*. URL: <https://www.oracle.com/ua/database/mern-stack>.

3. DevZone (2025) *Як використовувати JSON Web Tokens (JWT) для автентифікації* [online]. URL: <https://devzone.org.ua/post/iak-vykorystovuvaty-json-web-tokens-jwt-dlia-avtentyfikatsiyi>.

Проблематика використання інформаційних систем тестування для оцінювання знань студентів в умовах розвитку штучного інтелекту

М. В. Пирог, О. М. Фендьо

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

У світі стрімкого розвитку технологій пов'язаних з штучним інтелектом варто виокремити проблематику використання інформаційних систем тестування студентів.

З огляду на розповсюдження систем, що здатні давати практично миттєві відповіді на питання тестів, науково-педагогічні працівники закладів вищої освіти стикаються з проблемами:

технічної недосконалості існуючих систем тестування знань;
необхідністю перефразовувати тести, з метою заплутати ІІІ;
введення критично жорстких рамок при тестуванні (обмеження часу відповіді).

Означені проблеми впливають не тільки на сам процес прозорості оцінювання, а ще й створюють перепони для студентів, так як при перефразуванні тестів є шанс втратити сенс питання або заплутати думку до стану не сприйняття особою, що тестується.

Зі власного досвіду авторів ми можемо виокремити наступні інформаційні системи, що найчастіше використовуються при тестування студентів:

Google Forms;
Microsoft Forms;
Moodle Test module;
Online Test Pad;
Kahoot!

З перелічених вище інформаційних систем тестування науково-педагогічні працівники стикаються з технічною недосконалістю.

Так, Kahoot! орієнтований більше на учнів початкових та середніх класів ніж на студентів університету.

Google та Microsoft Forms є технічно не досконалими коли мова йде про варіативність, необхідність використання блоків з вибіркою питань, перетасуванням питань та порядку відповідей в умовах тестування великої кількості студентів.

Модуль для тестування, що підключається в Moodle також не є технічно значно переважаючим Google та Microsoft Forms. При цьому його інтеграція з системою яку більшість колег не використовують для проведення навчальних занять є додатковим «мінусом» для такого рішення.

Online Test Pad має багатий функціонал для тестування студентів, включно з контролем доступу, блокуванням подвійного підключення, фільтрами по ІР і т.і. З технічної точки зору це рішення можна назвати найбільш гнучким у використанні. Проте, в умовах розвитку ІІІ, воно не

позбавлено недоліків таких, як: відсутність можливості аналізувати активність користувача, його дій, вихід поза межу тестової області або що.

В цих умовах є потреба у розробленні технічно досконалішої системи, що окрім широкого кола можливостей для створення тестів також зможе отримати засоби протидії академічній не доброчесності зі сторони студентів.

Ми розглядаємо таку систему, як логічну складову адаптивної інформаційної системи навчання, що спрямована на незаангажоване оцінювання студентів з урахуванням ризиків академічної не доброчесності.

Проектована інформаційна система для тестування повинна містити в собі гнучкий функціонал зі створення бази тестів включаючи підтримку різних наборів та виділень текстів, для забезпечення якісної можливості проводити тестування з математичних та точних дисциплін, можливість сортування та перемішування питань та відповідей в середині питання, для зменшення шансу синхронної появи однакових питань у студентів яких тестують.

Описане вище є функціоналом, що, принаймні частково, покривається Online Test Pad. Наступним питанням в проектуванні бажаної системи тестування є забезпечення прозорості тестування та дотримання академічної доброчесності.

З цією метою ми вважаємо за можливе дослідити та використати елементи корпоративних платформ для проведення співбесід в галузі інформаційних технологій. Такими функціями на першому етапі можуть бути запобігання перемиканню між вікнами в операційній системі та браузері, блокування гарячих клавіш які завідомо не потрібні при проведенні тестування.

Ці базові функції вже допоможуть знизити бажання студента шахраювати на тестуванні.

Проте, залишається питання контролю студентів під час навчання з використанням інформаційно-комунікаційних систем. В цьому випадку студент може спробувати скористатись стороннім пристроєм для фотографування завдання та розпізнавання його засобами штучного інтелекту. Виходячи з цього, другим етапом проектування інформаційної системи тестування може стати підключення модуля, що буде відповідати за розпізнавання обличчя студента через вебкамеру. Таким чином можна буде звернути увагу на такі особливості як напрям погляду, потрапляння в кадр сторонніх пристроїв чи спробу використати пристрій поза кадром, оскільки така дія буде розпізнана системою через зміну положення тіла, кута нахилу голови та напрямку погляду.

Література

1. Пирог М., Терещук Г., Лукашов О. (2025). Підходи до ранжування завдань в адаптивній інформаційній системі освіти, *Матеріали 2-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні системи та технології: результати і перспективи» (IST 2025)*, 5 березня 2025, Київ, Україна. К. : Київський національний університет імені Тараса Шевченка, с. 422–424.

2. Cuze M., Wotawa F. (2025). *On the Evaluation of Test Suites Generated by Large Language Models. Lecture Notes in Computer Science* [online]. Cham : Springer Nature Switzerland, pp. 248–263. URL : doi:10.1007/978-3-032-05188-2_16.

Використання універсального поліморфізму для тестування арифметичних обчислень

О. Г. Піскунов

Державний університет «Київський авіаційний інститут»

З часу появи проектування за контрактом Б. Мейєра та принципу підстановки Б. Лісков стало зрозуміло, що необережне застосування обох видів універсального поліморфізму (як універсального поліморфізму включення, так і універсального поліморфізму шаблонів) є досить небезпечним і явно суперечить таким цілям об'єктно-орієнтоване програмування як коретності (correctness), стійкості (robustness) та повторному використанню програмногозапезпечення (reusability).

Особливо помітна небезпечність поліморфізму при використанні різних числових типів, незважаючи на практично однакові операції додавання та множення. Наприклад, відомо, що алгоритми оптимізації для цілих чисел не коректно працюють на дійсних числах і навпаки.

Пов'язано це з тим, що при коректному наслідуванні зміна області визначення та множини значень функції (наприклад, функції додавання) неможливе через одночасну контраваріантність і коваріантність функціональних типів (див.[1]).

Простіші приклади, ніж алгоритми оптимізації, наводяться у роботі [2] та у розділі [3, Проблеми універсального поліморфізму]. В обох прикладах обчислення поліморфної функції явно призводить до некоректних результатів. Наприклад, в останньому прикладі наслідування з класу цілих чисел класу натуральних чисел у такій функції тягне за собою різні помилки при перерахуванні грошей з рахунку на рахунок. Як реалізувати такого роду наслідування за допомогою універсального поліморфізму включення мовою C# докладно обговорюється в роботі [2].

З іншого боку, природа математичного співпроцесора (або інакше, блоку процесора для операцій з плаваючою точкою, floating point unit, скорочено FPU) настільки часто призводить до некоректних обчислень, що для покращення ситуації в інституті Electrical and Electronics Engineers було прийнято стандарт IEEE 754 ([4]).

Наприклад, два відомі алгоритми обчислення площі багатокутника на сфері іноді явно призводять до некоректних результатів, що порушують стандарт IEEE 754. У роботі [5] було показано, що на відносно маленьких багатокутниках їх площі виявлялися від'ємними.

Ще один такий приклад можна знайти в доповіді [6]. У ній демонструється нестійка послідовність Мюллера. Спочатку доводиться, що ця послідовність повинна сходиться до числа 5.

При цьому, через помилки округлення, при обчисленнях на дійсних числах (і одинарної, і подвійної точності) ця послідовність сходиться до числа 100.

Коефіцієнти послідовності наводяться на наступній схемі мовою Raise Specification Language [7]:

```
scheme mlrSec =  
class  
  value  
    x: Real-inflist  
  axiom  
    x(0) = 4.0  
    , x(1) = 4.35  
    , all n : Nat :-  
      x(n+2) = 108.0 - (815.0 - 1500.0 / x(n)) / x(n+1)  
end
```

Оскільки результати таких обчислень істотно залежать від кількості розрядів, які у процесорі відводяться на мантису, то для тестування цих обчислень природно використовувати поліморфні тестові варіанти для різних типів дійсних чисел (float, double і long double). Таке тестування з використанням шаблону перевернутого наслідування (англ. curiously recurring template pattern, скорочено — CRTP) було продемонстровано у розділі [3, Застосування CRTP до тестування нестійкої послідовності Мюллера].

Таким чином, під час викладання таких курсів, як модульне тестування або об'єктно-орієнтоване програмування для розробки тестових варіантів корисно и зручно використовувати обидві версії універсального поліморфізму.

Література

1. Cardelli L., Abadi M. (1996) *A Theory of Objects. Monographs in Computer Science*. NYC : Springer.
2. Піскунов О. Г., Тупко Н. П., Хребет В. Г. (2025) *Арифметичні обчислення та небезпечність універсального поліморфізму*. К. : ДУ KAI. URL : <https://www.researchgate.net/publication/394841739>.
3. Піскунов О. Г. (2025) *Класи та проектування програмного забезпечення*. К. : ДУ KAI, URL : <https://www.researchgate.net/publication/395422671>.
4. IEEE Computer Society (2019) *IEEE Standard for Floating-Point Arithmetic*. NYC : Institute of Electrical and Electronics Engineers.
5. Сіренко А. Г. (2024) *Оцінка розміру області антропогенної діяльності за даними повітряного спостереження*. К. : НАУ, ФКНТ. URL : <https://drive.google.com/file/d/10u4-qhKpAYsUKtUwCwzNsFLepyIxu9Yw/view>.
6. Kahan W. (2006) *How futile are mindless assessments of roundoff in floating-point computation?* Berkeley : University of California. URL : <https://people.eecs.berkeley.edu/~wkahan/Mindless.pdf>.
7. The RAISE Language Group (1992) *The Raise Specification Language*. Denmark : Prentice Hall Europe, URL : <https://raisetools.github.io/material/documentation/raise-language.pdf>.

Maple як найкращий вибір математичного пакету для навчання математики, обчислювальної математики та комп'ютерних наук**В. В. Поляков, С. П. Андрійченко, Д. С. Титович***Національний транспортний університет, Київ, Україна*

У сучасному світі інформаційних технологій пакет Maple [1] займає особливе місце. Він поєднує широкий спектр математичних задач символьної математики, чисельного аналізу, обробки даних, візуалізації, розвинутих засобів програмування, обчислення з довільною точністю, імпорту та експорту даних та експорту формул. Maple підтримує навчання математиці. Для певної групи освітніх задач може дати покрокове розв'язання задач, зокрема, алгебри та аналізу, давати підказки, і показувати повну послідовність дій. Пакет може показати як взяти похідну, інтеграл, чи вирішити задачу на власні значення і власні вектори покроково в символьному вигляді. Ця освітня функція доступна для ряду розділів математики, особливо для задач лінійної алгебри та аналізу, та для деяких інших розділів.

Пакет покриває найширший спектр задач математики, мабуть найбільший спектр задач серед математичних пакетів. Maple забезпечує рішення задач символьної та обчислювальної, дискретної та неперервної математики, має перевірену правильність та високу швидкість. При обчисленні чисельним методом пакет здатен в певних випадках давати інформацію про те, як саме він застосовує метод обчислювальної математики, чи робить заміну при обчисленні невластивого інтегралу, чи розбиває інтервал на частини. Пакет має доступ до функції найвідомішої бібліотеки обчислювальної математики NAG, яка є стандартом як надійності і точності, протестованості алгоритмів, так і якості документації. Ця бібліотека відома тим, що багато інших наукових пакетів також на неї спирається, вона найбільш визнана в світі, її використовують там, де потрібно формально відповідати певним стандартам надійності. В Maple ми маємо явний доступ до функцій цієї бібліотеки.

При розробці програмного забезпечення, що містить певні обчислювальні та оптимізаційні алгоритми, складні моделі нелінійної регресії, Maple може слугувати інструментом перевірки результатів та швидкодії алгоритмів.

Пакет має функції, важливі для транспортної галузі, такі як задача комівояжера, транспортна задача.

Символьна математика найсильніша в Maple. В символьних обчисленнях Maple можна порівнювати лише з Wolfram Mathematica.

Пакет має обчислення з довільною точністю, наприклад, π з довільною точністю 10000 знаків.

Довільна точність дає можливість проводити нестійкі обчислення, які сильно залежать від точності, наприклад сумування знакозмінних рядів

Тейлора, де змінна має велике значення, точне обчислення визначників погано обумовлених матриць.

У чисельних обчисленнях Maple застосовує як власні алгоритми, так і функції з бібліотеки чисельного аналізу NAG, при цьому більшість методів забезпечують широкий спектр налаштувань і параметрів керування.

Maple має розвинутий пакет оптимізації, може шукати рішення лінійних, квадратичних, нелінійних, задач оптимізації, де задачу можуть бути задані як в звичайній, так і в матричній формі. Підтримується MPS формат.

Пакет оптимізації гарно справляється з такими тестами, як функція Розенброка, що свідчить про надійність використаних чисельних методів.

Для регресійного аналізу, що потрібен в аналізі даних, є низка спеціалізованих методів, а також загальний нелінійний метод, функції можуть видавати, як рішення, так і додаткову статистику, зокрема довірчі інтервали.

Унікальним в сучасному Maple 2025 є швидке рішення задачі комівояжера. По замовчуванню використовується розв'язувач *concorde*, який розв'язує точно задачу розміром 15 за 3 секунди, раніше було біля години. Це дуже важливо для транспортної галузі, адже можна перевірити будь-який алгоритм на точність, порівняти не тільки швидкодію, але й правильність рішення.

Взагалі перераховані можливості говорять про те, що Maple можливо і доцільно використовувати для перевірки будь-яких алгоритмів ті інших обчислювальних результатів, тому що багато алгоритмів від символічної математики до оптимізації та задач на графах в пакеті є, вони протестовані всім науковим товариством та спираються на найбільш відому та визнану бібліотеку NAG.

Графічні можливості Maple доповнюють обчислювальні. Тут можна будувати графіки двовірні та тривірні, графіки, які ідуть в нескінченність, як гіпербола, явних функцій та неявних, рішень диференціальних рівнянь, векторних полів, нерівностей, параметричних кривих, з анімацією та багато інших.

Можливості програмування включають взаємодію символічної та чисельної математики, процедурного та функціонального стилів.

Тому використання Maple є обґрунтованим вибором для сучасних наукових досліджень, інженерної практики та ефективного навчання, забезпечуючи поєднання надійності, універсальності та високої математичної культури обчислень. [2, 3]

Література

1. Maplesoft (2025) *Maple Documentation* [online]. Maplesoft, Waterloo, Ontario, Canada. [online] URL : <https://www.maplesoft.com/documentation>
2. Михалевич В., Майданевич Л. (2024). Використання системи Maple в математичних задачах криптографії: елементарна теорія чисел, *Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія*, 59(1), с. 105–118
3. Roanes-Lozano E., Solano-Macías C. (2023). A Bibliographic Study on the Computer Algebra System Maple, *Maple Transactions*, vol. 3, no. 2.

Проектування вебзастосунку для вивчення артиклів німецької мови**О. В. Самар, М. П. Костіков***Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

Вивчення німецької мови ставить перед студентами низку викликів — зокрема специфічні труднощі, пов'язані з особливостями німецької граматики. Одним із найскладніших аспектів у ній є засвоєння системи артиклів (*der, die, das*) та їх правильного відмінювання, що вимагає тривалої практики для досягнення автоматизму.

Знання артиклів у німецькій мові є важливим, оскільки вони визначають рід, число та відмінок іменника. Без правильного артикля речення може бути незрозумілим або граматично неправильним. Вивчення артиклів допомагає точно висловлювати думки й говорити природніше, як носії мови [1].

Крім того, використання артиклів у німецькій мові в цілому є не зовсім простою темою, яка викликає низку дискусійних питань і якій присвячено ряд досліджень лінгвістів [2].

Що ж до використання інформаційних технологій для допомоги в опануванні іноземних мов, на сьогодні в мережі доступна велика кількість електронних засобів навчання для різних мов. Проте, хоча кількість таких цифрових інструментів і є значною, та більшості з них притаманні суттєві недоліки.

Зокрема вони або зосереджені переважно на лексиці, а не на глибокому опрацюванні граматики [3], або ж пропонують загальні курси, що не відповідають структурованим навчальним програмам закладів вищої освіти. Це створює прогалину на ринку освітніх технологій, яку покликаний заповнити нинішній проєкт.

У попередніх дослідженнях було розглянуто загальні аспекти створення електронних засобів навчання німецької мови з акцентом на граматиці в цілому [4] та на морфології зокрема [5].

Метою ж нинішньої роботи є проектування та розроблення спеціалізованого вебзастосунку, орієнтованого виключно на вивчення та відпрацювання німецьких артиклів.

На відміну від універсальних платформ, цей інструмент планується розробити з урахуванням принципів побудови експертно-навчальних систем (ЕНС) [3].

Це означає, що новий застосунок не просто тестуватиме знання здобувачів, а й активно підтримуватиме процес навчання подібно до людини-викладача. В основі таких систем зазвичай лежить «модель студента», яка дозволяє адаптуватися до індивідуального темпу та потреб користувача.

Функціонал створюваної системи вивчення німецьких артиклів повинен включати в себе наступні складові.

1. Інтерактивне подання теорії (правила визначення роду, таблиці відмінювання).

2. Багаторівневі тренажери для «автоматизації граматичних структур» у різних відмінках та контекстах.

3. Систему аналізу помилок, яка не просто фіксує неправильну відповідь, а й надає цільове пояснення.

4. Спеціалізовані режими заучування, такі як система карток (*Flashcards*) для запам'ятовування роду іменників.

5. Можливість для викладачів адаптувати лексичні набори відповідно до поточної навчальної програми [6].

Із технічної точки зору проєкт планується реалізувати як сучасний вебзастосунок із використанням мови програмування Python, системи керування базами даних SQLite і мови розмітки вебсторінок HTML. Така комбінація технологій має зробити застосунок кросплатформним, зручним у використанні та простим у розгортанні.

Python відповідатиме за серверну частину — обробку запитів, виконання логіки програми та взаємодію з базою даних.

SQLite використовуватиметься для збереження й організації даних, адже це легка та автономна система, що не потребує окремого сервера.

HTML забезпечить створення користувацького інтерфейсу та відображення інформації у браузері.

Проектований нині вебзастосунок повинен стати вузькоспеціалізованим інструментом, що допоможе студентам подолати один із найскладніших бар'єрів у німецькій граматиці, а викладачам — отримати гнучкий засіб для ефективного навчання та контролю знань.

Література

1. Олійник Д. Б., Лівандовська І. С. (2025) Методологічні аспекти навчання граматики студентів 1–2 курсів з другої іноземної мови (німецької) по підручнику «Spektrum A1», *Наукові записки Національного університету «Острозька академія»: серія «Філологія»*, вип. 26(94), с. 42–45.

2. Barton D., Kolb N., Kupisch T. (2015) Definite article use with generic reference in German: an empirical study, *Zeitschrift für Sprachwissenschaft*, vol. 34, no. 2, pp. 147–173. DOI: <https://doi.org/10.1515/zfs-2015-0009>.

3. Костіков М. П. (2016) *Інформаційна технологія підтримки процесу навчання граматики іноземної мови у ВНЗ*: автореф. дис. канд. техн. наук, 05.13.06, К. : НУХТ, 24 с.

4. Карнаух О. В., Костіков М. П. (2018) Створення електронного засобу навчання німецької мови, *Матер. 84 міжнар. наук. конф. молодих учених, аспірантів і студ. «Наукові здобутки молоді — вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті»*, 23–24 квітня 2018 р., К. : НУХТ, ч. 2, с. 318.

5. Бондар О. О., Костіков М. П. (2023) Проектування електронного засобу навчання морфології німецької мови, *Матер. X Міжнар. наук.-техн. Internet-конф. «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами»*, 24 листоп. 2023 р., К. : НУХТ, с. 175.

6. Uralova F. F. Q. (2023) Useful Ways Learning German Language, *American Journal Of Social Sciences And Humanity Research*, vol. 03(05), pp. 74–78.

Застосування принципів гейміфікації та миттєвого зворотного зв'язку у веб-інтерфейсах

В. В. Сватко, А. В. Бодня

Національний транспортний університет, Київ, Україна

Сучасні системи керування організаційно-технічними комплексами дедалі частіше реалізуються у вигляді веб-платформ із розвиненими інтерфейсами адміністрування контенту. Для цифрових сервісів особливо важливою є зручність роботи адміністраторів, які формують вміст.

Часто редагування платформи здійснюється в окремому інтерфейсі, а результат змін доступний лише через сторінку попереднього перегляду після збереження змін. Такий подовжений цикл зворотного зв'язку призводить до помилок у наповненні, нерозуміння причин візуальних артефактів, таких як зміщення блоків, непропорційне відображення медіаконтенту тощо.

У дослідженнях з UX-дизайну гейміфікацію розглядають як застосування ігрових механік в не-ігрових контекстах для підвищення залученості користувачів. [1]

Окремо підкреслюється роль *feedback loops* — безперервних реакцій інтерфейсу на дії користувача, що підтримують стан «потoku» й сприяють експериментуванню без страху помилки.

У цифровому навчанні численні роботи показують, що організований та своєчасний зворотний зв'язок є одним з ключових факторів успішності навчання та саморегуляції. [2] У сфері веб-інтерфейсів «live preview» та WYSIWYG-редактори описані як патерн, що знижує когнітивне навантаження на користувача, роблячи зміни «безпечними для експериментів» і стимулюючи дослідницьку поведінку [3].

Мета роботи — дослідити, як запозичення принципів гейміфікації — насамперед миттєвого візуального зворотного зв'язку, притаманного відеоіграм — може бути використане в веб-інтерфейсах адміністрування цифрової платформи.

На основі аналізу проблем першої версії інтерфейсу було запропоновано змінити базовий сценарій роботи адміністратора [4]. Замість моделі «редактор → збереження змін → попередній перегляд» реалізовано інтерфейс з розділеним екраном: ліворуч — форма / редактор для внесення контенту (тексти, медіа), праворуч — синхронізований попередній перегляд, що відтворює те, як сторінка виглядатиме для кінцевого користувача.

Оновлення попереднього перегляду відбувається практично миттєво після зміни вводу, що створює безперервний цикл спроб і швидких перевірок, типових для відеоігор, де гравець постійно отримує інформацію про правильність дій і наступні кроки.

Особливу увагу приділено візуальним підказкам: наприклад, додавання зображень різної висоти одразу демонструє «ламання» каруселі ще до

публікації. Таким чином, інтерфейс «пояснює», чому певний контент-патерн є небажаним, і стимулює користувача шукати прийнятні розміри й пропорції.

Інтерфейс адміністрування починає виконувати навчальну функцію: користувач опановує базові принципи візуальної узгодженості, експериментуючи з контентом і миттєво спостерігаючи наслідки.

Отримані результати узгоджуються з літературою, де миттєвий зворотний зв'язок покращує залученість і підтримує безперервну роботу користувача у цифрових середовищах. [5]

Разом із тим, дослідження в галузі навчальної психології показують, що не завжди швидкий фідбек є оптимальним для глибокого, довготривалого засвоєння: для складніших когнітивних задач відтермінований зворотний зв'язок інколи дає кращі результати за рахунок додаткової рефлексії. [6]

Отже, використання «ігрових» принципів у веб-інтерфейсах адміністрування слід розглядати як інструмент операційного навчання та зниження бар'єру входу, але не як універсальну відповідь для всіх типів навчального контенту.

Принципи гейміфікації, зокрема безперервні цикли дії й миттєвого зворотного зв'язку, можуть бути успішно перенесені з відеоігор у веб-інтерфейси адміністрування цифрових платформ.

Інтерфейс із розділеним екраном «редактор–попередній перегляд» скорочує цикл зворотного зв'язку, зменшує кількість помилок у контенті та запитів до підтримки й фактично перетворює робочий інструмент на простий навчальний середовищний модуль.

Література

1. Fard A. (2024) *Gamification in UX: how to design engaging user experiences* [online]. URL : adamfard.com/blog/gamification-in-ux.

2. Cavalcanti A. P., França R. S., de Souza R. A., de Lima R., Falcão T. P. (2021) Automatic feedback in online learning environments: a systematic literature review, *Computers and Education: X Reality*. URL : sciencedirect.com/science/article/pii/S2666920X21000217.

3. UI-Patterns.com (2025) *Live preview*. URL : uipatterns.com/patterns/LivePreview.

4. Сватко В. В., Бодня А. В. (2025) *Цифрова платформа як інструмент соціальної інтеграції та реабілітації ветеранів*. URL : conf.ztu.edu.ua/transformatsiyni-pidkhody-do-staloho-rozvytku-eko-lohichna-osvita-nauka-ta-pryrodookhoronni-praktyky-dlya-vidbudovy-ukrayiny-22-26-veresnya-2025-roku.

5. Yu R., Huang Y.-M., Chao R.-F., Wang M. (2022) Impact of the immediacy of feedback on continuous intentions to use online learning [online]. *Frontiers in Psychology*. URL : frontiersin.org/journals/psychology/articles/10.3389/fpsyg.2022.865680/full.

6. Metcalfe J., Kornell N., Finn B. (2009) Delayed versus immediate feedback in children's and adults' vocabulary learning, *Memory & Cognition*, 37(8), pp. 1077–1087. URL : link.springer.com/article/10.3758/MC.37.8.1077.

Модель для розпізнавання емоцій в українському мовленні**О. С. Солодка, М. П. Костіков***Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

Автоматизоване розпізнавання емоцій (АЕЕ) важливе у сферах, де людські реакції слугують сигналом, наприклад, у робототехніці для створення адаптивних сервісних роботів, у маркетингу для персоналізації контенту, а також у освіті для покращення методологій сприйняття [1].

Традиційно є 2 напрями розвитку моделей розпізнавання емоцій у мовленні (SER). Перший фокусується на аналізі акустико-просодичних характеристик, де ключовий параметр — частота основного тону (F0), що корелює з рівнем збудження [2]. Другий базується на лексико-семантичному аналізі, визначаючи стан за вжитими лемами, емотивними ключовими словами і навіть специфічними синтаксичними конструкціями чи словами-паразитами.

На жаль, просодична модель нездатна відрізнити радість і гнів (однаковий рівень збудження), а лексична модель «глуха» до сарказму, де тон суперечить змісту. Для ефективного розпізнавання необхідно врахувати повний контекст ситуації [3]. Тому передові моделі (SOTA) є мультимодальними, поєднуючи акустичні та текстові ознаки для імітації людського сприйняття.

Втім, для української комплексної мультимодальної моделі SER досі не створено. Це зумовлено не відсутністю ресурсів, а їх роз'єднаністю. Є корпуси для текстового аналізу емоцій (напр., EmoBench-UA) і якісні моделі розпізнавання мовлення (ASR), та відсутній головний компонент — великий, валідований і публічно доступний корпус емоційного мовлення (аудіо + транскрипція + емоційна мітка). Розроблення такої моделі відкриває шлях до створення інструментів моніторингу психічного здоров'я, наприклад, для ранньої діагностики депресії чи ПТСР за голосом. У комерційному секторі це дозволило б автоматизувати аналіз якості в українськомовних колцентрах, підвищуючи ефективність бізнесу та заощаджуючи ресурси.

Основний виклик при створенні такої системи — надзвичайна складність і вартість збирання й розмітки даних. Головна проблема у зборі «природного», а не «награного» емоційного мовлення, адже моделі, навчені на акторських даних, демонструють низьку ефективність у реальних умовах. Також є ризик упередженості моделі через недостатню репрезентацію діалектів і вікових груп.

Метою є аналіз підходів, проектування архітектури мультимодальної моделі SER для української і визначення вимог до корпусу даних для навчання.

Література

1. Al-Nafjan A., Al-Musallam M., Al-Wabil A., et al. (2020) A Review of sensors for human emotion recognition, *Sensors*, 20(3), 592.
2. Dzedzickis A., Kaklauskas A., Bucinskas V. (2020) Human Emotion Recognition: Review of Sensors and Methods, *Sensors*, 20(3), 592.
3. Kosti R., Alvarez J. M., Recasens A., Lapedriza A. (2017) Emotion recognition in context, *Mat. IEEE Conf. CVPR*, 1667–1675.

Використання додаткових розділів чисельного аналізу в освітньому процесі

В. М. Ткаченко, О. П. Ковальчук

Національний транспортний університет, Київ, Україна

У сучасних умовах швидкого розвитку інформаційних технологій, автоматизації виробничих процесів та цифровізації освіти особливої актуальності набуває підготовка фахівців, здатних ефективно використовувати математичні та обчислювальні методи для розв'язання прикладних задач. Важливою складовою такої підготовки є формування у студентів здатності до застосування методів чисельного аналізу, який становить основу більшості сучасних алгоритмів обробки інформації, комп'ютерного моделювання, машинного навчання та інженерних розрахунків [1, 2].

Традиційні курси математичного аналізу, лінійної алгебри та обчислювальної математики, що вивчаються у вищих навчальних закладах, забезпечують фундаментальні знання, однак не завжди охоплюють повний спектр методів, які необхідні для практичної діяльності майбутніх інженерів і програмістів.

Інтеграція у навчальний процес дозволяє студентам не лише розуміти принципи побудови обчислювальних алгоритмів, але й практично реалізовувати їх засобами сучасних мов програмування — таких як Python, C++, MATLAB чи R. Це створює умови для формування комплексних компетентностей: аналітичного мислення, навичок алгоритмізації, володіння методами перевірки точності чисельних розв'язків і навичок використання спеціалізованих бібліотек чисельних обчислень [2].

Включення додаткових розділів чисельного аналізу до навчальних програм також забезпечує зв'язок між фундаментальними дисциплінами та практичними курсами з програмування, моделювання та аналізу даних. Це дозволяє студентам бачити реальні приклади застосування математичних методів у майбутній професійній діяльності, що значно підвищує якість підготовки та конкурентоспроможність випускників на ринку праці [1].

Розширення змісту дисциплін чисельного аналізу шляхом включення додаткових розділів є важливим етапом модернізації освітнього процесу в умовах цифровізації суспільства. Це сприяє формуванню у студентів системного мислення, практичних навичок використання обчислювальних методів та підвищенню їх готовності до професійної діяльності в галузях, пов'язаних з аналізом даних, моделюванням і програмуванням.

Література

1. Базилевич В. Д., Мартинюк О. В. (2020) *Обчислювальні методи та чисельний аналіз*. К. : КНУ ім. Т. Шевченка, 312 с.

2. Гришанова І. М. (2019) *Чисельні методи в інженерних і природничих розрахунках*. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 284 с.

Інтегроване автоматизоване керування організаційно-технічними системами

С. Чекмез, Н. В. Ліманська

Національний університет харчових технологій

Організаційно-технічні системи є складними структурами, що поєднують людські ресурси, технічні засоби та управлінські процеси. З розвитком цифрових технологій виникла потреба у створенні інтегрованих автоматизованих систем керування (АСК), які забезпечують високу точність, оперативність та надійність управлінських рішень. Такі системи дозволяють оптимізувати виробничі процеси, скоротити витрати та підвищити гнучкість функціонування підприємств. У даному дослідженні розглядаються особливості, можливості та перспективи впровадження інтегрованого автоматизованого керування в організаційно-технічні системи.

Основна мета інтегрованої АСК полягає у забезпеченні узгодженої та безперебійної роботи всіх елементів організації — від виконавчих пристроїв до рівня стратегічного управління.

У роботі використано аналіз наукових публікацій, нормативно-технічної документації та практичних прикладів впровадження автоматизованих систем на промислових підприємствах та в сервісних структурах. Застосовано методи системного аналізу, моделювання та узагальнення.

Типова інтегрована АСК складається з 4 функціональних рівнів (Рис. 1).

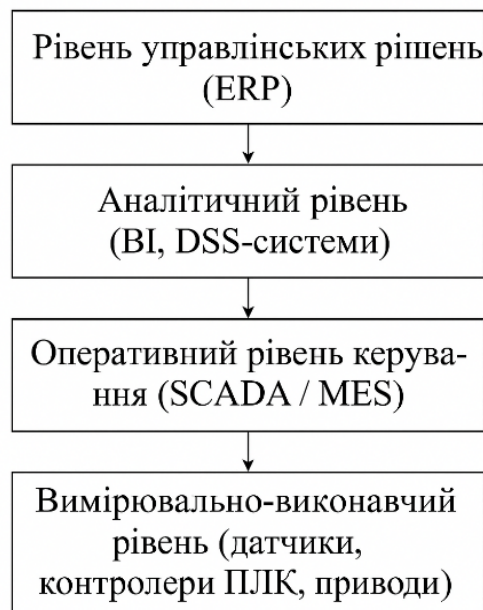


Рис. 1. Схема інтегрованої АСК

Ця схема включає:

Вимірювально-виконавчий рівень, що складається з датчиків, програмуючих логічних контролерів та виконавчих механізмів. На цьому рівні

збирається інформація про параметри системи, такі як температура, тиск, швидкість, положення тощо. Зібрані дані передаються в АСК та виконуються команди на зміну режимів роботи.

Оперативний рівень керування (SCADA/MES). На цьому рівні забезпечується візуалізація, диспетчеризація та контроль технологічного процесу в реальному часі. Виявляються відхилення, що дозволяє оператору втручатися вручну чи передавати команди автоматично. MES-системи керують виробничим графіком, обліком матеріалів та продуктивністю обладнання.

Аналітичний рівень (BI, DSS-системи). Даний рівень аналізує великі масиви даних, формує прогнози та оптимізаційні рекомендації. На цьому рівні виявляються тенденції, оцінюється ймовірність відмов та пропонуються оптимальні стратегії обслуговування і виробництва. Аналітичний рівень допомагає знижувати ризики та витрати.

Рівень управлінських рішень (ERP) інтегрує технічні процеси з адміністративними функціями підприємства (плануванням, бюджетуванням, логістикою та управлінням персоналом) та забезпечує єдину інформаційну базу для ухвалення стратегічних рішень.

Впровадження інтегрованих АСК дає можливість:

- підвищити ефективність управління процесами. Автоматизація забезпечує своєчасний збір і обробку даних, мінімізацію людських помилок та оперативне прийняття рішень.
- оптимізувати виробничі та логістичні процеси. Системи дозволяють контролювати технологічні параметри, планувати ресурси і здійснювати моніторинг роботи обладнання в режимі реального часу.
- забезпечити безперервність і надійність функціонування систем. Завдяки інтеграції програмних і технічних компонентів зменшується ризик збоїв і аварійних ситуацій.
- підтримувати цифрову аналітику і прогнозування. Алгоритми аналізу великих даних дозволяють прогнозувати навантаження, попит, технічні несправності та оптимізувати виробничі стратегії.
- покращити взаємодію між підрозділами організації. Єдина інформаційна платформа забезпечує прозорість процесів та доступ до актуальних даних для всіх структурних рівнів.

Разом із тим існують проблеми впровадження такі, як висока вартість обладнання та програмного забезпечення, складність інтеграції з існуючими системами, потреба у кваліфікованих кадрах та забезпечення кібербезпеки.

Інтегроване автоматизоване керування є ключовим чинником підвищення ефективності організаційно-технічних систем. Воно сприяє покращенню якості управління, зниженню операційних витрат та підвищенню надійності процесів. Однак для успішного впровадження необхідно забезпечити комплексний підхід, який включає технічну модернізацію, підготовку персоналу та розробку стратегій кіберзахисту. Перспективним напрямом розвитку є подальша цифровізація виробництва та впровадження технологій штучного інтелекту.

Розроблення електронного словника українських фразеологізмів**А. А. Шуневич, М. П. Костіков***Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

Фразеологія є важливим складником мовної картини світу та ключовим показником високого рівня володіння мовою [1]. Проте попри важливість цієї компетенції для просунутого рівня володіння мовою, більшість наявних навчальних матеріалів зосереджені на елементарному рівні. У зв'язку з цим вирішено створити електронний словник українських фразеологізмів як необхідний інструмент для студентів, що вивчають українську мову як іноземну на високих рівнях володіння (C1–C2).

На попередньому етапі було проведено теоретичні дослідження для подальшої цифрової реалізації програмного засобу. Було проаналізовано наявні підходи до вивчення фразеологізмів, зокрема класифікацію В. Виноградова (фразеологічні зрощення, єдності та сполучення), яка широко використовується в сучасній лінгвістиці [2]. Дослідження підтвердило, що Стандарт української мови як іноземної (рівні C1–C2) прямо вказує на необхідність володіння фразеологізмами для повноцінної комунікативної компетентності та стилістичної гнучкості [3].

У результаті укладено тематично структурований словник-мінімум, що містить 300 фразеологічних одиниць. Фразеологізми були розподілені за 26 тематичними категоріями, що забезпечило зручну систематизацію. Кожна словникова стаття містить фразеологізм, тлумачення та категорію. Цей словник-мінімум є готовою, впорядкованою та повністю підготовленою базою даних для перенесення в цифровий формат.

Нині розробляється електронний словник на основі цієї бази даних. Мета — цифрова реалізація фразеологічного матеріалу для його доступності, систематизації та зручності використання іноземними студентами. Створення електронного словника передбачає цифрову реалізацію структурованої бази 300 фразеологізмів із їхніми тлумаченнями та тематичною належністю. Цифрова реалізація словника забезпечить гнучке використання, включаючи пошук і можливість вивчати фразеологізми поступово за категоріями або в довільному порядку. Таким чином, дослідження поєднує лінгвістичний аналіз фразеології з практичним застосуванням комп'ютерної лінгвістики.

Література

1. Космеда Т. А., Осіпова Т. Ф. (2013) *Новий посібник з фразеології української мови для іноземних студентів: концептуальні засади*. Дрогобич, 332 с.
2. Русанівський В. М., Тараненко О. О., Зяблюк М. П. (2004) *Українська мова : енциклопедія*. К. : Українська енциклопедія, 833 с.
3. *Стандарт державної мови. Українська мова як іноземна. Рівні загального володіння A1 – C2 [Чинний від 2024-08-29] (2024)* К. : МОН України, 139 с.

Залежність моделей розпізнавання емоцій у мовленні від дикторів**М. Б. Юруткін***Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

У сучасному світі доволі актуальним є питання розроблення та вдосконалення мовних моделей, здатних не тільки розуміти, але й давати коректний зворотній зв'язок на мовленнєві запити людини. Якщо писемне мовлення вже відносно добре досліджене з погляду на спілкування людина-комп'ютер, то усна взаємодія все ще залишається доволі важливою темою з великою кількістю нерозв'язаних задач і проблем.

Важливою рисою мовлення людини є емоційність. По-перше, така особливість здатна повністю змінити сенс повідомлення, яке “на папері” можна було б інтерпретувати як нейтральний текст. Це важливо, адже емоційний стан людини під час взаємодії з мовною моделлю може надати для другої сигнал щодо точності функціонування та правильності інтерпретації запиту користувача. По-друге, кожна людина унікально виявляє свої емоції у мовленні, що реалізується в інтенсивності вимови, висоті голосу, темпу мовлення та інших параметрах [1, с. 75–76].

Зважаючи на таку унікальність людського мовлення, постає питання щодо навчання моделей ідентифікувати емоції в усному мовленні та, власне, питання залежності чи незалежності моделей від конкретних дикторів на яких вони навчаються [2].

Наразі не існує такої моделі, що була б чітко навчана розпізнавати емоції в усному українському мовленні. Альтернативні (більш «універсальні») рішення у вигляді великих моделей, які можна знайти у вільному доступі в інтернеті, показують доволі низьку точність для української мови. Це зумовлено як акустико-лінгвістичними відмінностями української мови від тих, на яких переважно навчались ці моделі, так і дуже низькою репрезентацією самої української мови у навчальних вибірках. Також варто зазначити, що на точність ідентифікації емоцій впливають і відповідні підходи відбирання даних для навчання (корпуси із виключно аудіальними або ж гібридними даними).

Найбільш якісним є гібридний підхід, що вимагає мультимодальних корпусів, які включають у собі як аудіо, так і текстові дані. Проте, мультимодальних корпусів небагато (у відкритому доступі), адже вони потребують великої кількості людських та фінансових ресурсів.

Таким чином, ми прагнемо дослідити питання залежності моделей від дикторів, тобто зрозуміти те, наскільки ефективно можна навчити модель, використовуючи мультимодальний корпус даних з обмеженою кількістю дикторів. Ми підійдемо до вирішення цього завдання шляхом навчання моделі з нуля або ж донавчання (fine-tune) певної великої моделі, такої як Wav2Vec 2.0. Зокрема, ми плануємо використати модель версії XLS-R (Cross-Lingual Speech Representations), яка є state-of-the-art рішенням для розпізнавання мовлення в умовах обмеженої кількості даних. Ця модель попередньо навчена на сотнях

тисяч годин мовлення різними мовами, що дозволяє їй ефективно виокремлювати акустичні ознаки навіть для нових мов [3].

Для реалізації цього завдання за основу навчальної бази буде обрано попередньо створений нами корпус усного емоційного мовлення, що містить аудіозаписи 50 дикторів. Вибірка є збалансованою за гендерною ознакою: у записі взяли участь 25 чоловіків та 25 жінок. Серед них переважно студенти віком від 18 до 25 років, що проживають у Києві та Львові. Корпус розмічений за п'ятьма класами емоційних станів: обурення, приємний подив, спокій, сум та нейтральний стан. Важливою особливістю корпусу є наявність паралельних текстових транскрипцій для всіх аудіозаписів, що відкриває можливості для мультимодального аналізу [4].

Експеримент передбачає два етапи навчання та валідації для порівняння ефективності. Speaker-Dependent: традиційний поділ даних, де фрагменти записів одних і тих самих дикторів можуть потрапляти як у навчальну, так і в тестову вибірку. Speaker-Independent: модель тестується виключно на голосах дикторів, яких вона не «чула» під час навчання.

Оцінювання якості розпізнавання здійснюватиметься за стандартними метриками Accuracy (загальна точність) та Weighted F1-score (зважена F-міра), що є критично важливим для оцінки балансу між точністю (precision) та повнотою (recall) для кожного класу емоцій [5].

Кінцевою метою роботи є не лише створення робочого прототипу класифікатора, але й глибокий аналіз здатності сучасних трансформерних моделей до узагальнення. Ми прагнемо визначити «порог чутливості» моделі до зміни диктора та встановити (емпірично) мінімально необхідний обсяг даних (кількість унікальних голосів) для побудови надійної системи незалежної від дикторів.

Література

1. Стасько Г. Є., Шуляр О. Д., Сливозький М. Ю. (2010) *Голос людини та вокальна робота з ним*. Івано-Франківськ: ПНУ, 336 с. URL: <https://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi77/0057255.pdf>.
2. Wu J. C., Martin A. F., Greenberg C. S., Kacker R. N. (2016) *The Impact of Data Dependence on Speaker Recognition Evaluation* [online]. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5484007/pdf/nihms859729.pdf>.
3. Baevski A., Zhou H., Mohamed A., Auli M. (2020) *wav2vec 2.0: A Framework for Self-Supervised Learning of Speech Representations* [online]. URL: https://huggingface.co/docs/transformers/v4.33.2/model_doc/wav2vec2.
4. Юрюткін М. Б., Солодка О. С. (2025) *UIEC-Ukrainian-imitated-emotion-corpora* [online]. URL: <https://github.com/Hildeon/UIEC-Ukrainian-imitated-emotion-corpora/tree/main>.
5. Chukwura J. O. (2023) *A Comparative Study of Several Classification Metrics and Their Performances on Data* [online]. URL: https://www.researchgate.net/profile/JudeObi2/publication/368858281_A_Comparative_Study_of_Several_Classification_Metrics_and_Their_Performances_on_Data/links/63fe1dda57495059454f64d2/A-Comparative-Study-of-Several-Classification-Metrics-and-Their-Performances-on-Data.pdf

Автоматизація бізнес-процесів підприємства засобами інформаційних технологій

І. В. Ющук

Національний університет харчових технологій

Застосування сучасних комп'ютерних технологій є фундаментальним чинником у автоматизації та оптимізації управління бізнес-процесами. Вони охоплюють широкий спектр галузей таких, як виробництво, маркетинг, комерційну діяльність, фінанси та логістику. Інтеграція цих технологій має на меті суттєве підвищення операційної ефективності та зниження собівартості функціонування підприємств.

Для досягнення зазначених цілей, підприємства активно впроваджують різноманітні інформаційні системи, які формують єдиний технологічний ландшафт компанії. Однією з домінуючих платформ є системи класу ERP (Enterprise Resource Planning). Функція цієї платформи полягає в об'єднанні ключових функціональних підрозділів компанії в єдине інформаційне середовище. ERP-системи забезпечують автоматизацію критичних процесів у фінансовому менеджменті, управлінні підприємством, для схем постачання сировини та організації продажів (рис. 1).

Створення уніфікованої автоматизованої бази даних для всіх відділів значно покращує міжфункціональну координацію, мінімізує вірогідність помилок, спричинених ручним введенням даних, та виключає дублювання інформаційних ресурсів. Робота такої системи веде до підвищення прозорості та контролюваності бізнес-операцій.



Рис. 1. CRM-системи (Customer Relationship Management)

Не менш важливим інструментом є CRM-системи (Customer Relationship Management). Ці системи сфокусовані на менеджменті та взаємодії з клієнтами. Вони забезпечують автоматизацію процесів продажу, маркетингу та сервісного обслуговування. Аналіз даних, акумульованих у CRM, дозволяє суб'єктам господарювання формувати глибше розуміння індивідуальних потреб споживачів. Створення персоналізації пропозицій приводить до підвищення рівня лояльності та задоволеності клієнтів.

Для реалізації концепції оптимізації процесів застосовуються системні методології, такі як Lean Management (Ощадливе виробництво). Lean Management спрямована на максимальне зниження витрат у всіх процесах виробництва, що сприяє удосконаленню виробничих процесів та покращенню якісних характеристик продукції.

Іншим підходом є методологія «Шість сигм» (Six Sigma). Вона спрямована на вдосконалення процесів шляхом значного зменшення кількості дефектів продукції і варіативності результатів виробничої діяльності. Її застосування призводить до суттєвого підвищення якості товарів і послуг. Але ця методологія вимагає значних початкових інвестицій у професійне навчання персоналу та впровадження спеціалізованих інструментів.

Ключові переваги впровадження автоматизації наступні.

1. Економія часу та зниження витрат: автоматизація рутинних операцій у виробництві звільняє персонал та знижує потребу в ручній праці.

2. Мінімізація помилок: автоматизовані системи працюють з високим ступенем точності, виключаючи людський фактор у процесах введення та обробки даних.

3. Масштабованість: автоматизовані процеси значно легше адаптувати до зростання обсягів діяльності компанії без розширення штату персоналу.

4. Швидкість прийняття рішень: доступ до актуальних даних у режимі реального часу дозволяє керівництву оперативно реагувати на ринкові зміни.

У контексті стратегічного управління, аутсорсинг є стратегічною моделлю, що передбачає передачу виконання певних корпоративних функцій спеціалізованим зовнішнім постачальникам. Це може знизити операційні витрати та надати доступ до передових технологічних рішень, проте, становить ризик послаблення внутрішнього контролю та залежності від зовнішнього партнера.

Слід підкреслити, що автоматизація бізнес-процесів (BPA), хоч і забезпечує значні переваги (зниження витрат, підвищення швидкості та точності виконання операцій), завжди пов'язана із суттєвими первісними капітальними витратами на придбання та налаштування програмного забезпечення, а також із необхідністю постійного забезпечення кваліфікованої технічної підтримки та адаптації систем до мінливих потреб бізнесу. Таким чином, комплексне та стратегічно виважене використання сучасних інформаційних систем та методологій оптимізації є визначальним фактором для забезпечення автоматизації та вдосконалення бізнес-процесів, що, у свою чергу, веде до формування конкурентних переваг та забезпечення сталого розвитку підприємств у динамічному глобальному бізнес-середовищі.

Використання відкритих інформаційно-комунікаційних систем у цифровій освіті

І. В. Ющук

Національний університет харчових технологій

У сучасних умовах цифровізації освіти інформаційні технології відіграють ключову роль у формуванні нового освітнього простору, заснованого на принципах відкритості, інтерактивності та доступності. Вища школа дедалі більше переходить до моделей гібридного та дистанційного навчання, що потребує ефективних засобів комунікації між викладачем і здобувачами. Важливим компонентом таких систем стають платформи для проведення онлайн-конференцій, які забезпечують можливість організації інтерактивних занять, семінарів і консультацій у реальному часі.

Одним із найбільш ефективних рішень у цій сфері є програмне забезпечення **BigBlueButton**, розроблене спеціально для освітніх потреб. Його відкритий вихідний код та безкоштовне розповсюдження роблять систему доступною для навчальних закладів будь-якого рівня. Платформа не вимагає встановлення додатків на пристроях користувачів, працює безпосередньо у браузері та підтримує інтеграцію з основними системами управління навчанням (Moodle, Canvas, Jenzabar). Це забезпечує єдність цифрового середовища та спрощує процес адміністрування курсів.

BigBlueButton поєднує в собі інструменти аудіо- та відеозв'язку, спільного перегляду екрана, використання інтерактивних дошок, загальних нотаток і чатів. Такий функціонал дозволяє створювати ефективне освітнє середовище, у якому студенти не лише сприймають інформацію, а й беруть активну участь у процесі навчання. Важливою перевагою є наявність засобів безпеки, що гарантують захист даних і приватність учасників. Використання протоколів шифрування TLS і DTLS забезпечує надійність передавання контенту, що є суттєвим для збереження академічної доброчесності та конфіденційності навчальних матеріалів.

Порівняльний аналіз із подібними платформами, такими як **Jitsi** чи **Zoom**, свідчить, що BigBlueButton є оптимальним варіантом для освітнього середовища завдяки поєднанню відкритості, безкоштовності, функціональної гнучкості та високого рівня інтеграції з LMS. Хоча налаштування системи потребує певних технічних знань, результатом є стабільна робота та відповідність вимогам сучасного дистанційного навчання.

Застосування програмного забезпечення BigBlueButton у цифровому освітньому середовищі сприяє підвищенню якості навчального процесу, розвитку цифрових компетентностей усіх його учасників і формуванню нової культури взаємодії у вищій освіті. Використання відкритих технологій є важливим кроком до створення інноваційного освітнього простору, орієнтованого на потреби суспільства знань.

Наукове видання

**XII МІЖНАРОДНА НАУКОВО-
ТЕХНІЧНА INTERNET-КОНФЕРЕНЦІЯ**

***СУЧАСНІ МЕТОДИ, ІНФОРМАЦІЙНЕ,
ПРОГРАМНЕ ТА ТЕХНІЧНЕ
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ
ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНИМИ ТА
ТЕХНОЛОГІЧНИМИ КОМПЛЕКСАМИ***

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ

27 листопада 2025

Відповідальний за випуск **Я. В. Смітюх**

НУХТ 01601 Київ -33, вул. Володимирська, 68
Свідоцтво про реєстрацію серія ДК №1786 від 18.05.2004 р.