

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
WARSAW UNIVERSITY OF TECHNOLOGY (М. ВАРШАВА, ПОЛЬЩА)
INTERNATIONAL INFORMATION TECHNOLOGY UNIVERSITY
(М. АЛМАТИ, КАЗАХСТАН)
ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МАТЕМАТИЧНИХ МАШИН І СИСТЕМ
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ЧЕРКАСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ТАВРІЙСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ В. І. ВЕРНАДСЬКОГО



Друга міжнародна
науково-практична конференція

«Штучний інтелект та інформаційні технології»

3–4 червня 2025 р.

Київ НУХТ 2025

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
NATIONAL UNIVERSITY OF FOOD TECHNOLOGIES
WARSAW UNIVERSITY OF TECHNOLOGY (WARSAW, POLAND)
INTERNATIONAL INFORMATION TECHNOLOGY UNIVERSITY
(ALMATY, KAZAKHSTAN)
INSTITUTE OF MATHEMATICAL MACHINES & SYSTEMS PROBLEMS
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF UKRAINE
TARAS SHEVCHENKO NATIONAL UNIVERSITY OF KYIV
NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF UKRAINE
"IGOR SIKORSKY KYIV POLYTECHNIC INSTITUTE"
CHERKASY STATE TECHNOLOGICAL UNIVERSITY
NATIONAL TRANSPORT UNIVERSITY
V. I. VERNADSKY TAURIDA NATIONAL UNIVERSITY



Second international
scientific and practical conference

«Artificial Intelligence and Information Technology»

June 3–4, 2025

Kyiv NUFT 2025

Наукові праці Другої міжнар. наук.-практ. конф. «Штучний інтелект та інформаційні технології» (АІІТ-2025), 3–4 червня 2025 р. (Київ, Україна). К. : НУХТ, 2025. 339 с.

У працях конференції наведено доповіді за напрямками:

- тенденції та досягнення в розробленні й застосуванні методів і практичних інструментів штучного інтелекту;
- інтелектуальні системи управління та аналізу даних;
- використання інформаційних технологій та штучного інтелекту в освіті;
- кіберзахист критичної інформаційної інфраструктури;
- використання інтернет-речей у науці й виробництві;
- математичне моделювання складних об'єктів.

Праці конференції будуть корисні науковим та інженерно-технічним працівникам, студентам ЗВО та всім, хто цікавиться сучасними інформаційними системами та телекомунікаційними технологіями.

Подано в авторській редакції.

Автори матеріалів несуть повну відповідальність за достовірність наведеної інформації та відповідність матеріалів нормам законодавства, моралі й етики.

ISBN 978-966-612-382-7

© НУХТ, 2025

Proceedings of the 2nd international scientific and practical conference «Artificial Intelligence & Information Technology» (AIIT-2025), June 3–4, 2025 (Kyiv, Ukraine). Kyiv : NUFT, 2025. 339 p.

The proceedings contain papers on the following topics:

- trends and achievements in the development and application of methods and practical tools of artificial intelligence;
- intelligent systems for data management and analysis;
- using information technology and artificial intelligence in education;
- cybersecurity of critical information infrastructure;
- using the Internet of Things (IoT) in science and production;
- mathematical modeling of complex objects.

The collection will be useful to scientists, researchers, students, and everyone interested in modern information technology and artificial intelligence.

Submitted in the authors' edition.

The authors are fully responsible for the accuracy of provided information, as well as for the papers' compliance with the laws, morals and ethics.

ISBN 978-966-612-382-7

© NUFT, 2025

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

Голова:

Сергій ГРИБКОВ, д.т.н., проф., завідувач кафедри інформаційних технологій, штучного інтелекту і кібербезпеки Національного університету харчових технологій (Київ, Україна)

Заступники голови:

Валерій ЛИТВИНОВ, д.т.н., проф., пров.н.с. Інституту проблем математичних машин і систем НАН України, професор кафедри інформаційних технологій, штучного інтелекту і кібербезпеки Національного університету харчових технологій (Київ, Україна)

Ярослав СМІТЮХ, к.т.н., доц., завідувач кафедри автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління Національного університету харчових технологій (Київ, Україна)

Члени програмного комітету:

Ігор КОРОБІЙЧУК, Prof., DSc, PhD Eng, професор Warsaw University of Technology (Варшава, Польща)

Тетяна ПРОКОПЕНКО, д.т.н., проф., завідувачка кафедри інформаційних технологій проектування Черкаського державного технологічного університету (Черкаси, Україна)

Ростислав ЛІСНЕВСЬКИЙ, к.т.н., доц., International Information Technology University (Алмати, Казахстан)

Валерій ГАВРИЛЕНКО, д.ф.-м.н., проф., завідувач кафедри інформаційних систем і технологій Національного транспортного університету (Київ, Україна)

Володимир РУДНИЦЬКИЙ, д.т.н., проф., завідувач кафедри інформаційної безпеки та комп'ютерної інженерії Черкаського державного технологічного університету (Черкаси, Україна)

Наталія ЛУЦЬКА, д.т.н., проф. кафедри автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління Національного університету харчових технологій (Київ, Україна)

Володимир ДРУЖИНІН, д.т.н., проф., завідувач кафедри інформаційних систем і технологій Київського національного університету імені Тараса Шевченка (Київ, Україна)

Віталій РОМАНКЕВИЧ, д.т.н., проф., завідувач кафедри системного програмування і спеціалізованих комп'ютерних систем НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського» (Київ, Україна)

Олександр ГУЙДА, к.держ.упр., проф., зав. кафедри комп'ютерних та інформаційних технологій Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського (Київ, Україна)

Мирослава ГЛАДКА, к.т.н., доц., Київський національний університет імені Тараса Шевченка (Київ, Україна)

Сергій ПОНОМАРЕНКО, к.т.н., с.н.с., НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського» (Київ, Україна)

Андрій ФОРСЮК, к.т.н., доц., декан факультету автоматизації і комп'ютерних систем Національного університету харчових технологій (Київ, Україна)

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова:

Сергій ГРИБКОВ, д.т.н., проф.

Секретарі:

- **Михайло ГРАМА**, PhD
- **Микола КОСТІКОВ**, к.т.н., доц.
- **Микола РОМАНОВ**, к.т.н., доц.
- **Ганна ЦИГАНКОВА**, к.т.н., доц.

Члени організаційного комітету:

- **Валерій ЛИТВИНОВ**, д.т.н., проф.
- **Олена ХАРКЯНЕН**, к.т.н., доц.
- **Андрій МОШЕНСЬКИЙ**, к.т.н., доц.

1

СЕКЦІЯ

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ДАНИХ

IDENTYFIKACJA CECH ZASTOSOWANIA SZTUCZNEJ INTELIGENCJI W ŚRODOWISKACH PRZYGOTOWANIA SZABLONÓW SIATEK

Tetyana Neroda

Instytut poligrafii i technik medialnych Politechniki Lwowskiej, Ukraina
tetyana.v.neroda@lpnu.ua

Identification of Artificial Intelligence Application Features in Layout Template Preparation Environments

A criteria-based analysis of artificial intelligence application in mathematical modeling of dimensional layout unfoldings as complex objects has been carried out. Based on the predefined categorical structure, a formalized evaluation approach has been developed to assess the potential of software environments intended for preparation of folded printed products. A semantic correspondence matrix has been constructed to align functional features of intelligent processing with the principal classes of mathematical tasks encountered in the generation of layout unfoldings. The presence or absence of relevant mechanisms can be identified through functional-level analysis of the environment, without requiring access to its internal codebase.

Sztuczna inteligencja jest coraz częściej postrzegana jako narzędzie wspierające procesy wymagające adaptacyjności, zmienności oraz zautomatyzowanego podejmowania decyzji w złożonych strukturach danych w ramach koncepcji Przemysłu 4.0 [1]. W kontekście cyfrowego projektowania produktów poligraficznych aktualne staje się wykorzystanie SI nie tylko jako środka generatywnego tworzenia lub klasyfikacji treści graficznych, lecz także jako mechanizmu inżynierskiej adaptacji wyrobu do ograniczeń funkcjonalnych, technologicznych i kompozycyjnych. W związku z rosnącym zainteresowaniem złożonymi przestrzennie formami produktów drukowanych — zwłaszcza upominkowych, prezentacyjnych czy kalendarzowych — pojawia się potrzeba kompleksowego, zautomatyzowanego podejścia do przygotowania siatki wielościanu, które obejmuje nie tylko geometryczną konstrukcję, ale również skład treści informacyjnych na powierzchniach przeznaczonych do zginania i składania.

Zastosowanie sztucznej inteligencji jako mechanizmu adaptacyjnego projektowania implikuje zmianę postrzegania tradycyjnego procesu makietowania: od ręcznego lub szablonowego komponowania do sterowanej generacji opartej na parametrach, regułach i zbiorach uczących. Systemy inteligentne mogą nie tylko automatyzować czynności powtarzalne, lecz także tworzyć nowe typy produktów, które nie mieszczą się w uprzednio zdefiniowanych modelach, poszerzając tym samym pole twórcze w granicach technicznej i produkcyjnej wykonalności. Tworzy to przesłanki do przejścia od tradycyjnego, ręcznego makietowania do elastycznych, adaptacyjnych narzędzi funkcjonujących jako autonomiczni agenci w systemach poligrafii biurowej lub zintegrowanych środowiskach wydawniczych [2].

Kalendarzowe produkty o formie składanej wyróżniają się tym, że pełnią nie tylko funkcję informacyjną, lecz także konstrukcyjną. Powierzchnie, na które

naniesiono siatkę kalendarzową lub inną treść, po złożeniu tworzą stabilną strukturę przestrzenną, która zazwyczaj utrzymuje się bez użycia zewnętrznych środków mocujących. Pociąga to za sobą szczególne wymagania wobec konstrukcji siatki: należy nie tylko zapewnić pełne pokrycie powierzchni obiektu przestrzennego, lecz także uwzględnić ograniczenia technologiczne związane z formatem arkusza, typem falców, rozmieszczeniem kłapek i naddatkami na klejenie. Zdolność sztucznej inteligencji do wykrywania prawidłowości, optymalizacji struktur oraz reagowania na ograniczenia parametryczne umożliwia jej zastosowanie w zadaniach komponowania elementów graficznych na zmiennej geometrii, generowania topologicznie dopuszczalnych form lub adaptacji wyrobu do formatu druku.

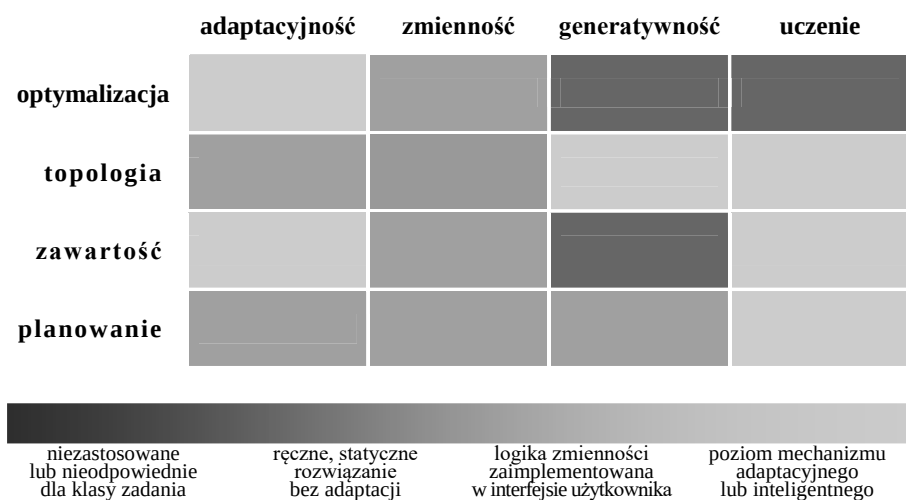
Zastosowanie modelowania matematycznego w przygotowaniu złożonych obiektów poligraficznych wiąże się z koniecznością opisu geometrii oraz właściwości funkcjonalnych wyrobu. W kontekście poligrafii biurkowej, szczególnie podczas realizacji zamówień w postaci przestrzennej kalendarzowej produkcji, wyrób występuje w dwóch powiązanych stanach: jako płaska siatka, która stanowi obiekt druku i późniejszego wykroju, oraz jako trójwymiarowy obiekt powstający w wyniku zginania, składania i utrwalania zgodnie z instrukcją lub intuicyjną logiką użytkownika. W związku z tym modelowanie takich obiektów wymaga uwzględnienia zarówno topologicznej struktury siatki, jak i geometrii struktury trójwymiarowej, która zostaje na jej podstawie sformalizowana.

Formalizacja matematyczna zadania generowania siatki w kontekście zastosowania sztucznej inteligencji zakłada budowę systemu uogólnionych kryteriów, które pozwalają identyfikować i oceniać obecność mechanizmów inteligentnych w środowiskach przygotowania szablonów przestrzennej produkcji poligraficznej. Biorąc pod uwagę, że końcowym rezultatem generacji jest nie tylko forma geometryczna, lecz także przystosowany do druku funkcjonalny szablon z treścią graficzną lub informacyjną, zasadne jest traktowanie tego zadania jako sekwencji sformalizowanych przekształceń, z których każde może potencjalnie obejmować komponent SI.

Przy wyborze lub analizie środowiska istotne jest skoncentrowanie się nie na etapach realizacji, lecz na typach modeli matematycznych i zadaniach, których rozwiązanie może być realizowane z wykorzystaniem metod inteligentnych. To właśnie na podstawie tych zadań możliwe jest identyfikowanie wkładu SI — zarówno w postaci już zaimplementowanych funkcji, jak i poprzez potencjalną otwartość środowiska na integrację odpowiednich modułów. W tego typu zadaniach mogą być wykorzystywane modele planowania sekwencyjnego o zmiennej strukturze danych wejściowych. Połączenie wyodrębnionych kategorii pozwoliło opracować system kryteriów umożliwiający wykrywanie oznak zastosowania sztucznej inteligencji w środowisku generowania szablonów.

Formalizacja oceny potencjału środowisk programowych pod względem zastosowania metod sztucznej inteligencji w zadaniach przygotowania przestrzennej produkcji poligraficznej została odzwierciedlona w przedstawionej semantycznej macierzy zgodności cech inteligentnego przetwarzania szablonu (rysunek), z uwzględnieniem poziomu automatyzacji, adaptacyjności oraz zdolności do uczenia się, które świadczą o obecności technologii inteligentnych. Ponieważ większość

popularnych środowisk realizuje jedynie częściową funkcjonalność lub wykorzystuje ukrytą logikę przetwarzania, dla uzasadnionego wyboru bądź porównania takich systemów zasadne jest zastosowanie systemu kryteriów opartego nie na opisie funkcjonalnym, lecz na strukturalnej analizie zgodności zadań matematycznych z charakterystycznymi cechami sztucznej inteligencji. Macierz semantyczna zapewnia taką zgodność poprzez zestawienie czterech grup cech funkcjonalnych — adaptacyjności, zmienności, generatywności oraz uczenia się — z podstawowymi klasami zadań matematycznych występujących przy generowaniu siatek: optymalizacją, budową topologii, rozmieszczaniem treści informacyjnych oraz planowaniem sekwencji działań. Każda komórka macierzy zawiera ocenę gradacyjną, która odzwierciedla stopień realizacji danej cechy w ramach określonego typu zadania.



Źródło: opracowanie własne autora

Rysunek. Semantyczna macierz zgodności cech inteligentnego przetwarzania szablonu

W ten sposób macierz semantyczna staje się narzędziem do sformalizowanej oceny potencjału inteligentnego środowisk i umożliwia uzasadnione konstruowanie systemu kryteriów do ich analizy porównawczej lub opracowania specyfikacji technicznej dla projektowania nowych rozwiązań programowych w zakresie zautomatyzowanego przygotowania szablonów przestrzennych siatek. To właśnie połączenie sformalizowanych cech przetwarzania inteligentnego z parametrami przydatności poligraficznej określa adekwatność środowiska do zadań adaptacyjnego projektowania złożonych wyrobów drukowanych.

Źródła

1. Siuta-Tokarska B. Przemysł 4.0 i sztuczna inteligencja: szansa czy zagrożenie dla realizacji koncepcji zrównoważonego i trwałego rozwoju? *Nierówności społeczne a wzrost gospodarczy*. 65(1), 2021. S. 7–26. DOI: 10.15584/nsawg.2021.1.1.
2. Neroda T. Metody zwiększania efektywności zarządzania lokalnymi łańcuchami logistycznymi w inteligentnej fabryce druku. *Transformacje cyfrowe i technologie innowacyjne w ekonomii*. 1(2), 2024. S. 93–101. DOI: 10.58246/ITOM5383.

MICROSCOPE IMAGE PROCESSING IN POLYMER SCIENCE USING DATA SCIENCE AND MACHINE LEARNING TOOLS

Dmytro Novak

Kyiv National University of Technologies and Design, Kyiv, Ukraine

E-mail: novak.knutd@gmail.com

Advanced microscopy techniques integrating computational data science have revolutionized polymer characterization and analysis. This research explores the application of machine learning algorithms and data science methodologies to process and analyze microscopic images of polymer materials. The convolutional neural networks, image segmentation algorithms, and statistical analysis can extract quantitative morphological information from various microscopy modalities, including scanning electron microscopy (SEM), transmission electron microscopy (TEM), and atomic force microscopy (AFM). The automated workflows achieve accuracy rates exceeding 95% in polymer phase identification, crystallinity assessment, and defect detection compared to traditional manual analysis methods.

The characterization of polymer materials through microscopic analysis has fundamentally transformed with the emergence of artificial intelligence and machine learning technologies. Modern polymer science demands a precise understanding of structure-property relationships across multiple length scales, from molecular architecture to macroscopic material behaviour. Microscopic imaging techniques provide critical insights into polymer morphology, crystalline structure, phase separation phenomena, and defect distribution patterns. The complexity and generated data volume by contemporary high-resolution microscopy systems necessitate sophisticated computational approaches for meaningful interpretation.

The convergence of computational imaging and polymer science has witnessed significant strides, particularly in integrating deep learning techniques tailored for materials analysis. Notably, the emergence of convolutional neural networks (CNNs) and their implementation in microscopy workflows has facilitated novel insights into polymer morphology and phase behaviour.

A notable development in this realm is correlative light and electron microscopy combined with CNNs to analyze poly(L-lactic acid) spherulites. Konyuba et al. (2021) utilized the YOLO algorithm within this framework to accurately extract morphological parameters, including diameter distributions and crystallinity, from extensive transmission electron microscopy datasets. This fusion of imaging modalities and machine learning allowed for efficient characterization across multiple spatial scales, addressing previous limitations in field-of-view versus resolution trade-offs [1].

Extending this work, Vaez et al. (2025) demonstrated the utility of deep learning in surface classification of functionalized polymer coatings. Using polarized light microscopy to capture stain patterns formed by protein droplets on chemically distinct polymer surfaces, they trained CNNs to differentiate among polymers with similar backbones but different functional groups. The model achieved classification

accuracies exceeding 95%, even when presented with previously unseen polymer variants, underscoring the robustness of image-based deep learning approaches for polymer surface analytics [2].

At a more theoretical level, Xuan et al. (2021) integrated deep learning with self-consistent field theory (SCFT) to accelerate the discovery of new polymer phases and training neural networks on SCFT-derived datasets. They enhanced predictive modelling capabilities and identified novel morphologies within block copolymer systems. This hybrid approach represents a significant step forward in neural networks for phase prediction, moving beyond traditional supervised learning strategies [3].

These works illustrate a paradigm shift in polymer characterization from manual, heuristic-driven analysis to automated, high-throughput workflows supported by deep learning. The capacity to extract multidimensional data from microscopy images, classify subtle morphological variations, and predict emergent material behaviour places computational imaging at the forefront of polymer research.

Image preprocessing represents a critical component of the analytical pipeline, directly influencing subsequent machine learning analysis accuracy. Raw microscopy images undergo systematic enhancement procedures designed to optimize signal-to-noise ratios while preserving structural details essential for accurate classification.

The preprocessing workflow begins with noise reduction through adaptive Gaussian filtering, where filter parameters are automatically adjusted based on local image characteristics. Dynamic range optimization adjusts pixel intensity distributions to maximize information content while preserving boundary definition critical for phase identification. Edge-preserving smoothing algorithms reduce noise without compromising structural integrity, utilizing bilateral filtering techniques that selectively smooth regions while maintaining sharp transitions at material interfaces. Figure 1 illustrates a noisy image (synthetic noise), a denoised image (Gaussian filter), and a segmentation mask (thresholded) created using the matplotlib library. Noise grains are visible at the scale of individual pixels, uniformly distributed across the field, mimicking high-gain, low-signal imaging conditions often encountered in scanning electron microscopy of polymeric materials. High-frequency noise components are attenuated, resulting in smoother intensity gradients after convolution with a Gaussian kernel of standard deviation 2 px. Fine structural details below the kernel scale are partially blurred, illustrating the classical trade-off between noise suppression and spatial resolution. The uniform background appears more homogeneous, and the contrast between hypothetical microstructural features would be enhanced relative to the raw image. A binary mask was obtained by applying a global threshold at the mean intensity of the denoised image. Pixels with intensity $\geq$ mean are assigned to the white “foreground” class, while lower-intensity pixels form the black “background”. The resulting mask delineates contiguous regions exceeding the global threshold, approximating phase boundaries or pore networks in polymer micrographs. Note the existence of small, isolated islands and cavities, reflecting local intensity fluctuations and highlighting the need for more advanced segmentation (e.g., adaptive or learned methods) for robust microstructural quantification.



Fig. 1. Synthetic Noisy Microscopy Image →
Denoised Image (Gaussian Filter) → Segmentation Mask (Thresholding)

Integrating data science methodologies and machine learning algorithms with polymer microscopy represents a transformative advancement in materials characterization capabilities. This research demonstrates the potential for automated, quantitative analysis that surpasses traditional manual methods in accuracy, efficiency, and reproducibility while providing new insights into structure-property relationships.

Establishing open-source software tools will promote broader adoption of these techniques throughout the polymer science community. Collaborative efforts will be essential for building comprehensive databases and advancing the field toward fully automated materials discovery and optimization.

This research establishes a foundation for the new polymer characterization tools, combining the precision of advanced instrumentation with the power of data science and machine learning to unlock a new understanding of structure-property relationships in polymer materials. The demonstrated capabilities position machine learning as an indispensable tool for modern polymer science research and development.

References

1. Konyuba Y., Marubayashi H., Haruta T., Jinnai H. (2021). Correlative light and electron microscopy of poly(L-lactic acid) spherulites for fast morphological measurements using a convolutional neural network. *Microscopy*, 71, 104–110. <https://doi.org/10.1093/jmicro/dfab058>
2. Vaez S., Shahbazi D., Koenig M., Franzreb M., Lahann J. (2025). Deep learning based surface classification of functionalized polymer coatings. *Langmuir*, 41, 11272–11283. <https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.4c03971>
3. Xuan Y., Delaney K., Cenicerros H. D., Fredrickson G. (2021). Deep learning and self-consistent field theory: A path towards accelerating polymer phase discovery. *Journal of Computational Physics*, 443, 110519. <https://doi.org/10.1016/j.jcp.2021.110519>

ОПИС ІГОР ЗА ДОПОМОГОЮ GAME DESCRIPTION LANGUAGE

Анісімов О. Ю., Харкянен О. В.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: alex.anisimov.ua@gmail.com

Game Description Using Game Description Language

Game Description Language is a language used for description of finite, discrete, deterministic games of complete information in a way that can be interpreted by a program.

Історично створення програм, що здатні на гру в шахи, було досить високим пріоритетом дослідників штучного інтелекту і розробників програм. Зараз більшість програм, що здатні на гру в шахи, працюють шляхом генерації дерева рішень на базі поточної позиції і легальних ходів, значення визначається вирахуванням вигідності стану дошки для віртуального гравця. Як саме вираховується вигідність стану дошки залежить від конкретної програми [1].

Звичайно, програми для гри в шахи високоспеціалізовані і не здатні грати у інші ігри. Їх алгоритми і шляхи оцінювання стратегії призначені під конкретну гру і тому можуть мати лише обмежене використання за її межами [1–2].

General Game Player (універсальний гравець) — система, що може приймати опис гри і використовувати його граючи без допомоги людини. Потреба у вмінні грати у будь-яку описану гру потребує розробки універсального гравця не покладаючись на вузькоспеціалізовані рішення [2]. Теоретично, універсальний гравець повинен бути здатним вирішити будь-яку проблему, описану як гру. Звичайно, для того, щоб універсальний гравець міг бути використаний, йому потрібно повідомити правила і стан гри. Для цього її потрібно описати у стандартизованому форматі, який може бути зрозумілий програмі.

Game Description Language (GDL) — спеціалізована логічна мова програмування, спрямована на опис кінцевих, дискретних, детермінованих покрокових ігор з повною інформацією. Game Description Language базується на мові Datalog і має схожий синтаксис [3].

Розрізняють кінцеві ігри, тобто ігри, що мають обмежену кількість гравців і не можуть продовжуватися вічно. Дискретні ігри — де гравцям дається обмежена кількість можливих ходів. Детерміновані ігри — де конкретні дії при конкретному стану приведуть до конкретних наслідків, тобто ігри, де немає випадкових подій. Ігри з повною інформацією — це ігри, де у всіх гравців є однаковий доступ до інформації про стан гри. Існують обмеження на використання стандартної мови GDL. Так, за її допомогою можна описати, наприклад, такі ігри, як шахи, шашки, хрестики-нулики. З іншого боку, неможливо описати такі складні ігри, як покер, маджонг, ханафуда. Необхідно

зазначити, що для GDL існують розширення, котрі дозволяють описувати ігри з неповною інформацією та випадковими подіями [4]. Розглянемо стандартну мову GDL на прикладі опису гри у хрестики-нулики.

Змінні в Game Description Language позначаються за допомогою префікса ' ? ' , розрізняються подібні відношення: *role*, *init*, *true*, *does*, *next*, *legal*, *goal*, *terminal*, *distinct* [3].

Distinct вказує, що терміни є різними.

Role описує гравців. Наприклад, *role x* описує гравця хрестиками, *role o* — описує гравця нуликами.

True — правдивий факт. Наприклад, (*true* (*cell* 2 2 b)) вказує що клітина 2-2 є порожньою.

Init вказує факт, що є правдивим на початку гри. Наприклад, (*init* (*control* x)) вказує, що на початку гри перший крок робить гравець хрестиками.

Next вказує факт, що буде правдивим на наступному кроці. Наприклад, (*<=* (*next* (*control* o)) (*true* (*control* x))) вказує, що після кроку гравця хрестиками наступний крок робить гравець нуликами.

legal вказує легальні ходи. Наприклад, (*<=* (*legal* ?player (*mark* ?x ?y)) (*true* (*cell* ?x ?y b)) (*true* (*control* ?player))) вказує, що гравець може помітити лише порожні клітини коли саме він робить крок.

does позначає дії гравця. Наприклад, (*<=* (*next* (*cell* ?x ?y ?player)) (*does* ?player (*mark* ?x ?y))) вказує, що після того, як гравець мітить клітину, то клітина починає належати цьому гравцю.

goal вказує значення вигідності стану для гравця. Наприклад, (*<=* (*goal* ?player 100) (*line* ?player)) вказує, що стан, де є лінія помічених гравцем клітин, є максимально бажаним.

terminal вказує кінцевий стан, тобто стан, при якому гра закінчується. Наприклад, (*<=* *terminal* (*role* ?player) (*line* ?player)) вказує, що якщо є лінія помічених гравцем клітин, то гра закінчується.

Використовуючи досить прості відносини Game Description Language дозволяє описати велику кількість різноманітних ігор.

Література

1. Ensmenger N. (2012) Is chess the drosophila of artificial intelligence? A social history of an algorithm, *Soc Stud Sci.* 42(1):5–30. doi: 10.1177/0306312711424596. PMID: 22530382.
2. Genesereth M. *Overview of General Game Playing* [online]. URL : <http://ggp.stanford.edu/notes/overview.html>.
3. Love N. et al. (2013) *General Game Playing: Game Description Language Specification* [online]. URL : https://web.archive.org/web/20130412032912/http://logic.stanford.edu/classes/cs227/2013/readings/gdl_spec.pdf.
4. Thielscher M. A. (2010) *General Game Description Language for Incomplete Information Games*. URL : <https://cgi.cse.unsw.edu.au/~mit/Papers/AAAI10a.pdf>.

ШЛЯХИ ОПИСУ СКЛАДНИХ ПОВЕДІНОК У ВІДЕОІГРАХ

Анісімов О. Ю., Харкянен О. В.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: alex.anisimov.ua@gmail.com

Ways of Complex Behavior Description in Video Games

Video games often require complex behaviors. As such, there is often a need in a way to describe those complex behaviors in a way that would be easy to understand for the designer as well as understandable for the computer. The report overviews several methods to describe complex behaviors.

Відеоігри нерідко потребують реалізації складних поведінок. Такий підхід потребує їх опису у формі, зрозумілій як комп'ютеру так і розробникам. Розглянемо деякі способи опису складних поведінок у відеоіграх, на основі методів, що використовуються для опису поведінки неігрових персонажів.

Один з найпопулярніших і найпростіших методів є *Finite-State Machine (FSM, Скінченний автомат)*. Finite-State Machine є моделлю абстрактної машини, котра може бути лише в одному з обмеженої кількості станів (state). Залежно від умов, Finite-State Machine може переключатися між станами, і такі зміни станів називають переходами (transition). Finite-State Machine можна концептуалізувати як граф, де стани є вершинами, а переходи — ребрами [1].

Finite-State Machine легко адаптується під будь-які потреби і активно використовується для опису складних поведінок. Залежно від стану виконуються різні поведінки. У ході виконання поведінки за деякої умови може статися перехід до іншого стану. Серед переваг методу Finite-State Machine є універсальність і легкість імплементації (наприклад, він імплементується за допомогою інструкцій перемикача, де залежно від стану змінної стану виконуються різні інструкції, але метод дозволяє і інші варіанти імплементації [2]). Серед недоліків методу можна відзначити складності з менеджментом розробки у випадку великої кількості станів, і зазвичай опис поведінки за допомогою Finite-State Machine потребує навичок програмування, що може бути проблемою, якщо відповідальні за дизайн поведінки не є програмістами.

Іншим популярним методом є *дерева поведінки (Behavior Tree)*. Дерево поведінки є моделлю плану у вигляді деревоподібного ієрархічного графу, де листя (вузли без дітей) представляють елементи поведінки, а вітки (вузли з дітьми) контролюють виконання цих поведінок [3]. Серед переваг використання є модульність, можливість повторно застосування поведінки і легкість для розуміння без потреби програмування. Серед недоліків методу можна відзначити потенційні складності при створенні більш специфічної поведінки. Також дерева поведінки не підходять для вирішення невеликих

проблем, оскільки підготовка елементів і створення дерева поведінки може бути контрпродуктивним, вони будуть менш оптимізованими. Метод дерева поведінки по замовченню реалізовані у популярному ігровому рушії Unreal Engine. Звичайно, хоча Finite-State Machines і Behavior Tree є найпопулярнішими з методів опису складних поведінок у відеоіграх, це не єдині методи. Серед досить специфічних методів штучного інтелекту, що використовується у відеоіграх, є Goal-Oriented Action Planning (GOAP). Метод GOAP був розроблений Джеффом Оркіном (Jeff Orkin) для відеоігри F.E.A.R. і базується на технології STRIPS (STanford Research Institute Problem Solver) адаптованій під потреби штучного інтелекту для неігрових персонажів у відеоіграх [5]. Окрім відеоігри F.E.A.R., метод GOAP також використовувався в інших іграх, таких як, наприклад, S.T.A.L.K.E.R.: Shadow of Chernobyl.

Оригінальна імплементація GOAP мала декілька обмежень, наприклад, усі агенти не сприймали один одного, через це вони були не здатні планувати дії, враховуючи один одного і їх координація проводилася за допомогою окремої системи, що давала різним агентам різні цілі залежно від контексту [5].

В цілому, різні методи опису складних поведінок мають свої переваги і недоліки, і їх вибір здійснюється в залежності від цілей і потреб команди розробників.

Література

1. Finite-State Machines: Theory and Implementation. *Tuts+ Game Development Tutorial* [online]. URL: <https://web.archive.org/web/20140714092343/https://gamedevelopment.tutsplus.com/tutorials/finite-state-machines-theory-and-implementation--gamedev-11867>.
2. Common Ways to Implement Finite State Machines in Games. *AiGameDev.com* [online]. URL: <https://web.archive.org/web/20150502065056/https://aigamedev.com/open/article/fsm-implementation/>.
3. Behavior trees for AI: How they work. *Gamasutra* [online]. URL: https://web.archive.org/web/20140722134903/https://www.gamedeveloper.com/blogs/ChrisSimpson/20140717/221339/Behavior_trees_for_AI_How_they_work.php.
4. Understanding Behavior Trees. *AiGameDev.com* [online]. URL: <https://web.archive.org/web/20120615090300/https://aigamedev.com/open/article/bt-overview/>.
5. Orkin J. Game Developers Conference 2006 Three States and a Plan: The A.I. of F.E.A.R. [online]. URL: https://web.archive.org/web/20180224190203/http://alumni.media.mit.edu/~jorkin/gdc2006_orkin_jeff_fear.pdf.
6. Orkin J. (2004) *Agent Architecture Considerations for Real-Time Planning in Games* [online]. URL: <https://web.archive.org/web/20180329132955/http://alumni.media.mit.edu/~jorkin/aide05OrkinJ.pdf>.

МЕТОДИ ШВИДКОГО РОЗПІЗНАВАННЯ МОВЛЕННЯ НА ОСНОВІ КОНВЕРТАЦІЇ ЗВУКОВОГО СИГНАЛУ

Безверхий О. І, Луц В. Є.

Національний транспортний університет, Київ, Україна

E-mail: o_bezver@ukr.net, tibet.septim@gmail.com

Fast Speech Recognition Methods Based on Audio Signal

Speech recognition is the process of converting audio signals into textual information using digital signal processing algorithms. Transforming speech into spectral features, such as log-Mel spectrograms, ensures high speed and accuracy of system performance. The use of deep neural networks enables real-time speech recognition with strong noise resistance. These technologies have practical applications in mobile apps, educational tools, and voice interfaces. Implementing such solutions for the Ukrainian language remains a relevant and important task..

Розпізнавання мовлення є ключовою складовою сучасної системи штучного інтелекту та взаємодії людини з комп'ютером. Завдяки цьому процесу можлива трансформація усного мовлення в текстову форму, що відкриває широкі можливості для автоматизації, інклюзії, створення інтелектуальних голосових асистентів, навчальних застосунків, системи контролю за виробничими процесами тощо. Проте точність і швидкість розпізнавання мовлення, особливо в умовах реального часу, залишаються складними викликами. Це зумовлено великою варіативністю голосових даних, шумами, акцентами, темпом мовлення, а також високими обчислювальними витратами на обробку аудіосигналів.

З найефективніших способів підвищити продуктивність системи розпізнавання мовлення є попередня обробка мовного сигналу із видаленням інформативних ознак. На відміну від традиційних підходів, які аналізують сирій звуковий сигнал, сучасні системи застосовують трансформацію мовлення у форму, що краще підходить для машинного аналізу. після використання спектрального представлення звуку — спектрограма, мелчастотні кепстральні коефіцієнти (MFCC) [1–2] або лог-мел спектрограми. Такі форми подання не можуть спростити розпізнавання мовних одиниць (фонем, складів, слів), оскільки вони краще відображають особливості людського сприйняття звуку.

У межах дослідження основного увага приділяється конвертації звукового сигналу в набір ознак, які використовуються як вхід для глибоких нейронних мереж. Такі моделі, як Whisper [3] від OpenAI, DeepSpeech від Mozilla, демонструють вражаючі результати завдяки ефективному поєднанню акустичних ознак із навчанням на великих масивах даних. Наприклад, Whisper використовує лог-мел спектрограми разом із трансформаторами, що дозволяє досягти високої точності навіть при обробці мовлення з фоновими шумами або на різних мовах. Таке представлення є компактним, має меншу розмірність разом із сирим аудіо і забезпечує кращу стійкість до завад.

Крім якості розпізнавання, у роботі є також аспект швидкодії. Методи попередньої конвертації значно зменшують час, необхідний для обробки мовного сигналу, оскільки неможливо використовувати менш глибокі, але більш спеціалізовані моделі. Ефективне кодування сигналу дозволяє досягти реального часу обробки навіть на пристроях з обмеженими ресурсами, що має важливе практичне значення для мобільних застосунків, система голосового управління технічною або освітньою продукцією, орієнтована на розвиток мовлення у дітей чи людей з мовленнєвими порушеннями.

Практична цінність такого підходу сталася у створенні гнучких, швидких і точних систем розпізнавання мовлення, які можна адаптувати до різних мов, зокрема до української, що досі має обмежене представлення в глобальних технологіях. Завдяки відкритим моделям і фреймворкам, як-от OpenAI Whisper або Hugging Face Transformers, дослідники та розробники змогли створити адаптоване рішення для локальних потреб — від голосового керування пристроями до застосунків, що переводять мовлення на жорстку мову.

В результаті досліджень було визначено, що Whisper AI є оптимальним рішенням для задач розпізнавання мовлення на основі конструкції, заснованої на моделях трансформаторів, що забезпечує високу точність навіть у складних умовах. Ця система вирізняється здатністю розпізнавати мовлення в реальному часі, включаючи фоновий шум, акценти, діалекти й кілька мов одночасно. На відміну від багатьох попередніх моделей, Whisper не потребує ручного налаштування або попереднього очищення сигналу, оскільки вона була навчена на масштабні набори даних, що охоплює різні сценарії мовлення. Важливо також, що Whisper підтримує українську мову, що робить її надзвичайно корисною для локальних застосунків — від інклюзивних освітніх платформ до мобільних інтерфейсів. Завдяки відкритому коду і активній підтримці спільноти ця модель є доступною, гнучкою та легко інтегрується у власні розробки.

Отже, розпізнавання мовлення на основі попередньої конвертації звуку в спектральні ознаки відкриває нові горизонти для розвитку голосових технологій. Цей підхід дозволяє ефективно скорочувати час обробки, зберігаючи при цьому високу точність, а також розширює можливості інтеграції таких систем у повне життя, зокрема в освітні, медичні, інклюзивні та побутові технології. Подальші дослідження в цьому напрямку можуть сприяти покращенню адаптації моделей до української мови, що є етапом на шляху до мовної рівності в цифровому просторі.

Література

1. Mel-frequency Cepstral Coefficients (MFCC) for Speech Recognition [online]. URL: <https://www.geeksforgeeks.org/mel-frequency-cepstral-coefficients-mfcc-for-speech-recognition/>
2. Speech Recognition – Feature Extraction MFCC & PLP [online]. URL: <https://jonathan-hui.medium.com/speech-recognition-feature-extraction-mfcc-plp-5455f5a69dd9>
3. Introducing Whisper [online]. URL: <https://openai.com/index/whisper>

ПРО ВПЛИВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ НА ПОВСЯКДЕННЕ ЖИТТЯ ЛЮДИНИ

Богуславський М. Ю., Гавриленко В. В., Васищенко І. В.

Національний транспортний університет, Київ, Україна

E-mail: maxbogus09@gmail.com

On the Impact of Artificial Intelligence on Everyday Human Life

Artificial Intelligence (AI) is increasingly penetrating various areas of our lives. What seemed like science fiction a few years ago is now a common reality. Modern people use AI-based technologies every day, often without even realizing it. For example, voice assistants on phones like Siri or Google Assistant help us quickly find information, get directions, or write messages. AI also underpins smart alarm clocks, translators, email, and many other services we use every day.

Штучний Інтелект (ШІ) дедалі активніше проникає в різні сфери нашого життя. Те, що ще кілька років тому здавалося фантастикою, сьогодні є звичайною реальністю. Сучасні люди щодня користуються технологіями, які працюють на основі ШІ, часто навіть не усвідомлюючи цього. Наприклад, голосові асистенти на телефонах, такі як Siri або Google Assistant, допомагають швидко знайти інформацію, прокласти маршрут або написати повідомлення. ШІ також лежить в основі розумних будильників, перекладачів, електронної пошти та багатьох інших сервісів, які ми звикли використовувати щодня.

Інтернет-платформи, які ми використовуємо щоденно, застосовують алгоритми ШІ для персоналізації контенту. Соціальні мережі, онлайн-магазини та відеосервіси, як-от YouTube чи Netflix, аналізують наші вподобання, щоб пропонувати саме той контент, який буде нам цікавий. У медицині штучний інтелект допомагає лікарям аналізувати дані пацієнтів, ставити точніші діагнози та прогнозувати розвиток хвороб. У транспортній сфері — це основа для безпілотних автомобілів і розумних систем керування дорожнім рухом.

Окрему увагу заслуговує використання ШІ в освіті. Інтерактивні освітні платформи можуть адаптувати навчальний матеріал під індивідуальні потреби учнів. Це дає змогу кожному навчатись у своєму темпі та отримувати саме ті знання, яких бракує. У майбутньому це може зробити освіту більш доступною та ефективною. Разом з тим, активне впровадження ШІ викликає і певні побоювання. Люди переживають, що багато професій можуть зникнути через автоматизацію. Також виникають етичні питання: хто несе відповідальність за дії ШІ, якщо він помилиться? Важливо знаходити баланс між технологічним прогресом і безпекою, етикою та збереженням робочих місць. Штучний інтелект продовжує стрімко розвиватися, і з кожним роком ми спостерігаємо появу нових технологічних рішень, які ще глибше інтегруються у наше повсякденне життя. Одним із таких напрямів є «розумні будинки». Завдяки ШІ системи освітлення, опалення, безпеки та навіть побутова техніка можуть

працювати автоматично, враховуючи звички мешканців. Це підвищує комфорт, дозволяє економити енергію і час, а також покращує безпеку житла.

Ще один важливий аспект — використання штучного інтелекту в сфері охорони довкілля. Сучасні екологічні проєкти використовують алгоритми ШІ для аналізу кліматичних змін, відстеження рівня забруднення повітря та води, а також для прогнозування стихійних лих. Таким чином, технології допомагають вчасно виявляти загрози та швидше реагувати на них. Наприклад, ШІ здатен аналізувати супутникові знімки для виявлення вирубки лісів або забруднення океанів.

Повернімось до етичного боку впровадження ШІ. Виникають питання конфіденційності даних, прозорості алгоритмів, а також можливих упереджень у роботі систем. Наприклад, якщо ШІ навчається на даних, що містять стереотипи або неточності, то й сам алгоритм може відтворювати ці помилки. Тому важливо, щоб розробники приділяли увагу не лише технічній досконалості, а й моральним аспектам створення та використання ШІ.

Штучний інтелект значно сприяє підвищенню продуктивності у багатьох сферах людської діяльності, оскільки дозволяє автоматизувати рутинні та однотипні завдання, які раніше займали багато часу і ресурсів. Це відкриває можливості для людей зосередитися на більш творчих, аналітичних і стратегічних аспектах роботи, що підвищує загальний рівень ефективності. Наприклад, у медицині автоматизовані системи можуть швидко обробляти великі обсяги даних, допомагаючи лікарям ставити діагнози та розробляти індивідуальні плани лікування, що раніше було неможливо виконати з такою швидкістю і точністю. Водночас у виробничих процесах ШІ контролює якість продукції і оптимізує логістичні ланцюги, що дозволяє зменшити витрати та підвищити конкурентоспроможність компаній. Частина традиційних професій може бути автоматизована або замінена роботами, що створює загрозу для працівників із середньою або низькою кваліфікацією. Це вимагає від людей постійного навчання, перепідготовки та розвитку нових навичок, які будуть затребувані на ринку праці майбутнього. У цьому контексті соціальні служби та уряди мають розробляти програми підтримки, створювати центри професійного розвитку і стимулювати розвиток «м'яких» навичок, таких як креативність, критичне мислення та емоційний інтелект, які важко автоматизувати.

Не менш важливим є етичний аспект використання штучного інтелекту. Алгоритми приймають рішення на основі великого масиву даних, і від їхньої прозорості та підзвітності залежить довіра користувачів. Особливо це критично у випадках, коли ШІ застосовується для обробки персональної інформації або у сферах, де рішення можуть безпосередньо впливати на життя і здоров'я людей — наприклад, у кредитуванні, правосудді або охороні здоров'я.

У підсумку, роль штучного інтелекту в житті людини зростає з кожним днем. Це потужний інструмент, який може допомогти у вирішенні багатьох сучасних проблем — від побутових до глобальних. Водночас він потребує обережного та усвідомленого використання. Тільки за умови відповідального підходу ми зможемо повною мірою скористатися всіма перевагами ШІ та уникнути можливих ризиків у майбутньому.

ІНТЕГРАЦІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В БІЗНЕС-ПРОЦЕСИ: ПОТЕНЦІАЛ І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

Божко В. О., Струзік В. А.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: bozhkovladislav8@gmail.com

Integration of Artificial Intelligence into Business Processes: Potential and Development Prospects

The integration of artificial intelligence (AI) into business processes is rapidly reshaping organizational structures and operational strategies. By enabling data-driven decision-making, automation, and predictive analytics, AI offers significant improvements in efficiency and competitiveness. These advancements are particularly prominent in the fintech sector, where AI is revolutionizing financial services through enhanced risk assessment, personalized offerings, and real-time fraud detection.

Штучний інтелект активно змінює усталені методи управління, автоматизації та вдосконалення бізнес-процесів, відкриваючи нові горизонти для підвищення ефективності, зменшення витрат і покращення якості обслуговування.

У цьому дослідженні розглянуто, як застосування ШІ може стати основою для створення інноваційних бізнес-моделей і цифрової трансформації процесів у банківському секторі. Окрема увага приділяється викликам, що супроводжують ці зміни.

Завдяки ШІ стає можливим створення моделей, які раціональніше використовують ресурси, скорочують витрати та підвищують прибутковість через автоматизацію й обробку великих обсягів даних. Як зазначено у [1], використання штучного інтелекту сприяє формуванню гнучких, адаптивних структур, здатних швидко реагувати на ринкові зміни.

У сфері управління ланцюгами постачання ШІ дозволяє впроваджувати складні алгоритми для планування і логістики, що знижує простой, забезпечує своєчасну доставку та оптимізує запаси. Дослідження [2] підкреслює роль математичних методів у систематизації даних і вдосконаленні операційних процесів. Застосування ШІ в логістиці варто розглянути з позиції оптимізації управління ресурсами.

Щоб впровадження ШІ було успішним, компаніям необхідно не лише мати відповідну технічну базу, але й готовність до організаційних змін. Модель у [3] демонструє, як інновації, засновані на ШІ, можуть стати драйвером трансформації бізнес-моделей і потребують гнучкого управлінського підходу.

Використання ШІ також дає змогу покращити точність фінансового прогнозування, аналіз ризиків, управління активами та оптимізувати ринкові операції, що сприяє підвищенню ефективності в цілому [4]. Автоматизація обробки клієнтських запитів і транзакцій не лише знижує витрати, але й

покращує якість сервісу завдяки персоналізованим підходам та розширеним аналітичним можливостям.

Однак упровадження ШІ супроводжується низкою проблем: від загроз кібербезпеки й конфіденційності до значних витрат на адаптацію систем і можливих технологічних збоїв. Фінансові установи, зокрема банки, можуть розробляти ШІ-платформи, які пропонуватимуться як сервіси для менших організацій.

Вони також можуть поєднувати традиційні банківські інструменти з інноваційними ШІ-рішеннями, що дозволить створити більш ефективні й адаптивні сервіси. Наприклад, модель підписки для корпоративних клієнтів може стати ефективним способом надання спеціалізованих ШІ-інструментів.

Планується, що ШІ значно підвищить ефективність банківських операцій через автоматизацію рутинних процесів (як-от видача кредитів, обслуговування клієнтів), забезпечить глибшу персоналізацію фінансових продуктів і покращить управління ризиками. Водночас дослідження вказує на необхідність врахування технічних та організаційних викликів, зокрема вартості впровадження та проблем захисту даних.

Успішна інтеграція ШІ в банківський сектор може забезпечити значні переваги: від зниження витрат до покращення якості обслуговування клієнтів. Але вона також потребує стратегічного підходу, інвестицій у навчання персоналу, розвиток корпоративної культури, відкритої до технологічних змін, та посилення уваги до цифрової безпеки.

У майбутньому доцільно зосередитися на вивченні інтеграції ШІ з іншими технологіями, такими як Інтернет речей (IoT) і Big Data. Такий підхід дозволить глибше зрозуміти можливості вдосконалення бізнес-процесів і створення нових моделей взаємодії та управління.

Література

1. Lee J., Suh T., Roy D., Baucus M. (2019) *Emerging Technology and Business Model Innovation: The Case of Artificial Intelligence* [online] URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2199853122009817>.
2. Perez H., Amaran S., Erisen E. et al. (2021) *Optimization of extended business processes in digital supply chains using mathematical programming*. URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0098135421001010>.
3. Burström T., Parida V., Lahti T., Wincent J. (2021) *AI-enabled business-model innovation and transformation in industrial ecosystems: A framework, model and outline for further research*. URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0148296321000163>.
4. Sjödin D., Parida V., Palmié M., Wincent J. (2021) *How AI capabilities enable business model innovation: Scaling AI through co-evolutionary processes and feedback loops*. URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0148296321003386>.

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У МАРКЕТИНГУ ДЛЯ КЕРУВАННЯ РЕКЛАМНИМИ КАМПАНІЯМИ

Бокушев Е. Н

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: bokushev@gmail.com

Intelligent Decision Support System for Marketing Campaign Optimization

In modern digital marketing, managing large-scale ad campaigns across multiple platforms requires real-time optimization, cost control and rapid response to performance changes. An intelligent decision support system (IDSS) designed to automate budget allocation, ad rotation and bidding strategies using data-driven rules and machine learning models.

Сучасна динаміка цифрового ринку зумовлює зростаючі вимоги до оперативності та обґрунтованості маркетингових рішень. У відповідь на ці виклики з'являється потреба в створенні інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень (ІСППР), що здатні адаптивно реагувати на зміну умов ринку, аналізувати великі обсяги даних і автоматизовано реалізовувати оптимізаційні стратегії в межах рекламних кампаній. Такі системи здатні обробляти великі обсяги даних, виявляти закономірності в поведінці споживачів та адаптивно змінювати рекламні стратегії в режимі реального часу.

Проблема масштабування реклами як правило заключається в ручному керуванні кампаніями — бюджет, A/B тести, креативи, цільова аудиторія. Звідси випливає, що ручне управління нерентабельно при масштабі, є вразливість до людських помилок, неможливість адаптації в реальному часі. Для того, щоб вирішити ці проблеми, потрібна система, яка поєднує елементи аналізу даних, механізми автоматизованого управління, а також інструменти штучного інтелекту, зокрема методи машинного навчання та правила прийняття рішень. Така система надає такі переваги, як скорочення часових та людських ресурсів, необхідних для моніторингу ефективності кампаній, забезпечення оперативного реагування на зміни в поведінці цільової аудиторії, підвищення рентабельності рекламного бюджету шляхом оптимізації ставок, формування стратегії на основі глибокої аналітики, а не інтуїтивних рішень.

Ця система передбачає модульну архітектуру, яка охоплює *шар збору даних*, інтегрований із зовнішніми API рекламних платформ і CRM, *аналітичний модуль*, що формує агреговані звіти, проводить кластеризацію аудиторій, оцінює ефективність каналів комунікації, *модуль прийняття рішень*, побудований на основі набору правил або моделей машинного навчання, що дозволяє змінювати ставки, бюджети та креативи залежно від змін зовнішнього середовища, *механізм валідації результатів*, який забезпечує перевірку коректності змін і їх впливу на цільові KPI.

Одне із рішень побудування базової архітектури такої системи (рис. 1), включає в себе такі етапи як збір даних (наприклад, з *Google Ads API*), аналітика показників ефективності (*ROAS*, *CTR*, *CPA* тощо), інтерпретація через *rule engine* або *ML-модель*, автоматичне оновлення кампаній через *API*. Ця архітектура дозволяє створити замкнене коло, де результат впливає на наступне рішення.

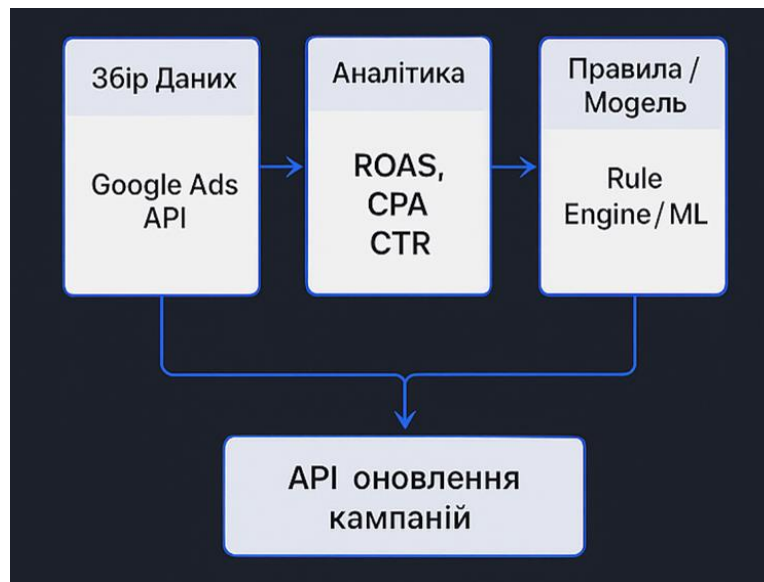


Рис. 1. Базова архітектура інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень для керування рекламними кампаніями

Попри значні переваги, існують і певні виклики. По-перше, необхідно враховувати питання етичності використання персоналізованих даних. По-друге, складність побудови якісної системи залежить від доступності, повноти та достовірності даних. Крім того, автоматичне прийняття рішень повинне бути контрольованим по причині того, що людський фактор не має бути повністю виключений із процесу.

Загалом, інтелектуальні системи підтримки рішень у сфері маркетингу — це потужний інструмент трансформації класичних моделей керування. Вони забезпечують автоматизацію рутинних процесів, відкривають нові можливості для персоналізації та стратегічного планування, а також створюють передумови для глибшої інтеграції штучного інтелекту в бізнес-середовище.

Література

1. Nguyen B., Simkin L. (2017) The Internet of Things (IoT) and Marketing: the State of Play, Future Trends and the Implications for Marketing, *Journal of Marketing Management*, 33(1–2), pp. 1–6.
2. Kotler P., Keller K. L. (2016) *Marketing Management*: 15th ed., Pearson Education, p. 33.
3. Kotler P., Kartajaya H., Setiawan I., (2017) *Marketing 4.0: Moving from Traditional to Digital*. — Hoboken, NJ: Wiley 2017. — 208 p.

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ВЗАЄМОДІЇ AI LLM ІЗ ПРОТОКОЛОМ MCP

Вернік М. О., Олещенко Л. М.

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

E-mail: misha.vernik1@gmail.com

oleshchenkoliubov@gmail.com

Software for Interaction of AI LLM With MCP Protocol

AI LLM (Large Language Models) are currently based on the Google research paper, which uses transformers, becoming an innovative technology; meanwhile, the rush and the fierce battle between the world-leading AI companies provides enormous number of different models, with other integrations, currently the integration part is dealt via REST API protocol, which requires strict format. Still, the Anthropic company has introduced a new interactive protocol between LLMs called Model Context Protocol (MCP)[1].

AI LLM розвиваються стрімко, породжуючи велику кількість моделей, наприклад, класичні чат-«трансформери» або «міркуючі» моделі. В той самий час жорстока конкуренція між світовими лідерами OpenAI, Google, Anthropic, Perplexity та DeepSeek прискорює процес пониження ціни на використання токенів для обробки запитів користувача [2].

Відповідно постала архітектурна задача, аби створити загальний протокол для взаємодії із серверами, які взаємодіють з LLM. На поточний момент це все реалізується через архітектурне рішення адаптера та REST- протоколу, але це створює труднощі в інтеграції та підтримці різних ресурсів та інструментів (наприклад, доступ до Google Drive).

Для вирішення цієї задачі компанією Anthropic був представлений новий протокол взаємодії між LLM — Model Context Protocol (MCP), який є новим стандартом взаємодії між великими мовними моделями та зовнішніми інструментами або джерелами даних.

MCP визначає єдиний спосіб, за яким модель може запитувати, отримувати й підтримувати контекстну інформацію з різних систем — зокрема, сховищ даних, API або локальних середовищ (Рис. 1). Це дозволяє моделі динамічно формувати свій контекст з кількох джерел, розширюючи її пам'ять, точність і адаптивність до складніших запитів.

Протокол MCP спрямований на уніфікацію механізмів підключення контексту для моделей, що дає змогу масштабовано інтегрувати зовнішні знання у процес генерації відповідей. MCP забезпечує гнучку, стандартизовану і безпечну взаємодію між клієнтами та мовними моделями, дозволяючи динамічно передавати контекст, налаштування та інструкції для покращення якості відповідей.

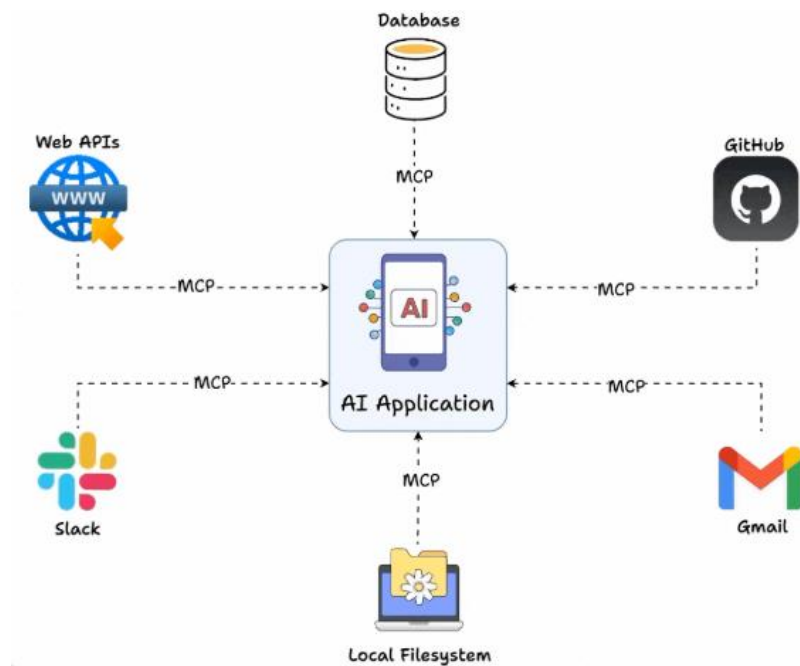


Рис. 1. Використання протоколу MCP

На Рис. 2 зображено архітектуру запропонованої програмної системи, яка працює на локальному комп'ютері користувача.

Центральним елементом є клієнт MCP, який за допомогою протоколу MCP взаємодіє з трьома MCP-серверами. MCP Сервер 1 має доступ до Сховища А, MCP Сервер 2 — до Сховища Б, а MCP Сервер 3 — через Web API підключається до віддаленого сервісу в мережі Інтернет. Кожен сервер виконує свою роль у системі обробки й передавання даних, а їхня взаємодія забезпечує комплексну роботу з локальними сховищами та зовнішніми ресурсами.

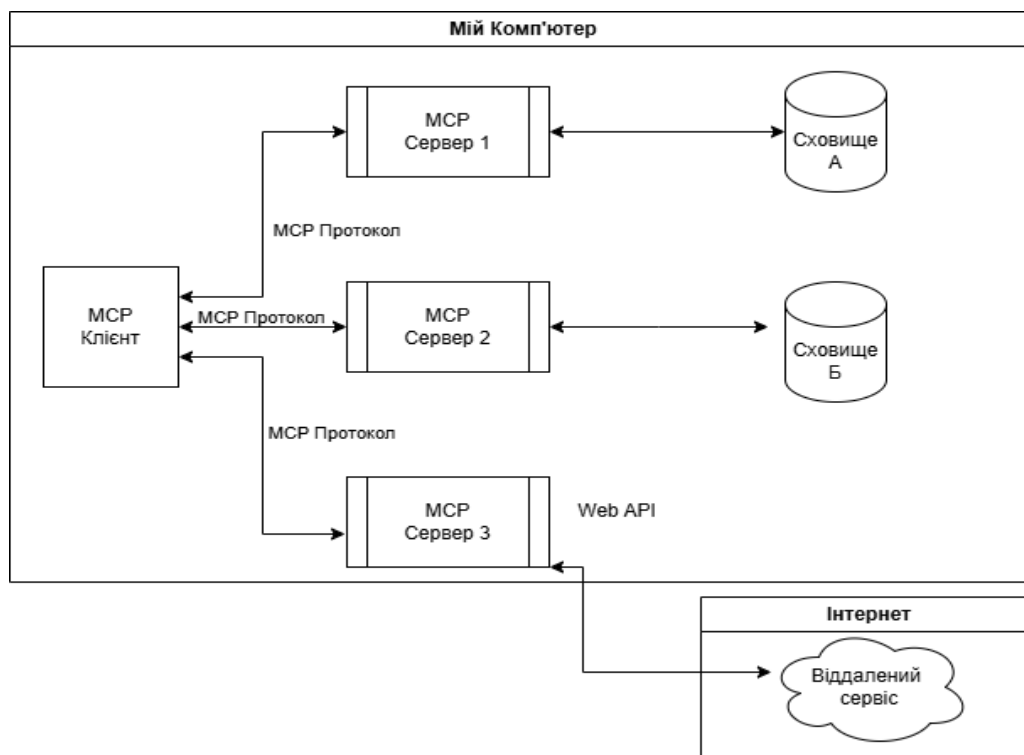


Рис. 2. MCP-архітектура запропонованого програмного забезпечення [1]

Тепер буде наведено практичне використання цієї архітектури для доступу до внутрішніх ресурсів університету та компанії через оболонку LLM (Рис. 3).

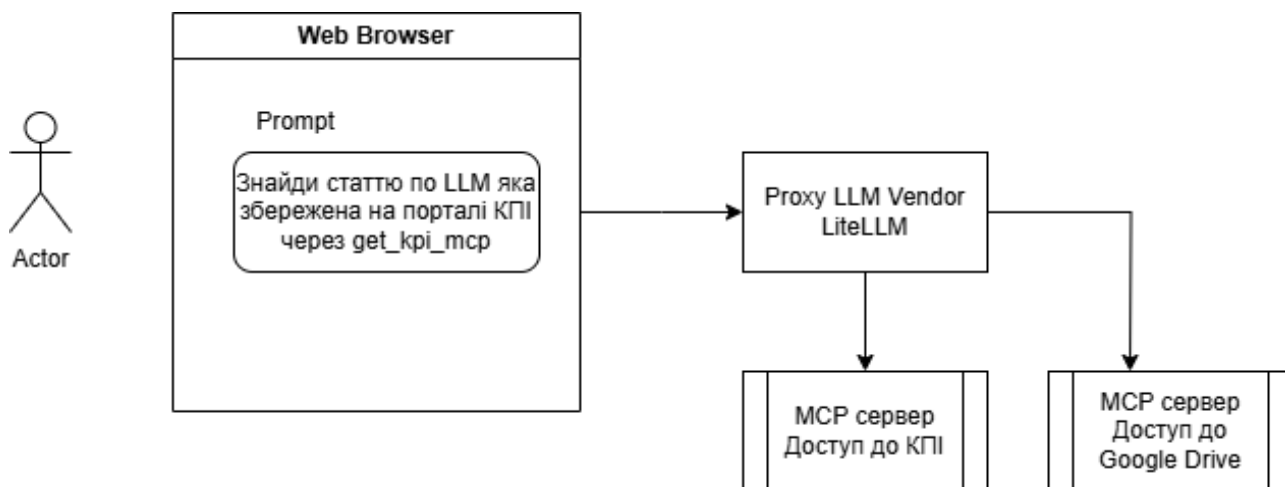


Рис. 3. Взаємодія із внутрішніми та зовнішніми ресурсами

Запропонований підхід базується на розгортанні контейнера в Docker LiteLLM для проксування запитів на 4 типи вендорів (OpenAI, Antropic, Google, Perplexity) та створення загального хабу для доступу до MCP-серверів.

У поточній реалізації було створено 2 MCP-сервери:

1. Для доступу за власним ключем до внутрішніх ресурсів КПІ.
2. Для доступу до власних документів в Google Drive.

Кожен сервіс розгорнутий в хмарному середовищі Azure. Наступним етапом взаємодії є підключення MCP LiteLLM адаптера (хаба) до ChatGPT чи власної інтеграції LLM чат взаємодії.

На Рис. 3 наведено приклад створення «підказки» (Prompt) — «Знайди статтю по LLM, яка збережена на порталі КПІ через get_kpi_mcp».

У цьому випадку при обробці тексту LLM ідентифікує доступні інструменти через LiteLLM, а також автоматично виявить без людської взаємодії, що має бути використаний сторонній MCP-сервер «Доступ до КПІ», який, в свою чергу, відпрацює пошуковий запит внутрішньо-закритого ресурсу.

Література

1. Hou X., Zhao Y., Wang S., Wang H. (2025) Model Context Protocol (MCP): Landscape, Security Threats, and Future Research Directions, *Cryptography and Security*, arXiv preprint arXiv:2503.23278. doi: 10.48550/arXiv.2503.23278.
2. Maslej N., Fattorini L., Perrault R., Parli V., Reuel A., Brynjolfsson E., Etchemendy J., Ligett K., Lyons T., Manyika J., Niebles J. C., Shoham Y., Wald R., Clark J. (2024) Artificial Intelligence Index Report 2024, *Artificial Intelligence*, arXiv preprint arXiv:2405.19522. doi: 10.48550/arXiv.2405.19522.

АДАПТИВНІ МОДЕЛІ ПРОГНОЗУВАННЯ НА ОСНОВІ ТРАНСФОРМЕРІВ ДЛЯ АНАЛІЗУ ЧАСОВИХ РЯДІВ ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

Вовченко О. О.

Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна

E-mail: vovchenkoalex0@gmail.com

Adaptive Forecasting Models Based on Transformers for Economic Time Series Analysis

This paper investigates the application of transformer architecture for building adaptive forecasting models for economic time series. A modified transformer architecture is proposed, featuring temporal attention mechanism and specialized modules for exogenous variables integration. Comparative analysis with traditional econometric methods and other neural networks shows that transformer-based models can provide higher accuracy, especially during periods of market volatility. The research demonstrates potential advantages of these models and identifies promising directions for future investigations in economic forecasting using transformer architectures.

Прогнозування економічних часових рядів з високою точністю є одним із найважливіших завдань сучасної економетрики та фінансової аналітики. В умовах нестабільності фінансових ринків, швидких змін в економіці та збільшення обсягів доступних даних традиційні методи прогнозування дедалі частіше демонструють свої обмеження. Ефективне прогнозування економічних показників критично важливе для прийняття обґрунтованих рішень.

Традиційні економетричні моделі — ARIMA, GARCH, експоненційне згладжування та векторні авторегресії (VAR) — мають фундаментальне теоретичне обґрунтування та загальну інтерпретованість. Проте ці підходи демонструють обмежену здатність до моделювання складних нелінійних взаємозв'язків між економічними показниками [1].

Розвиток різних архітектур для обробки послідовних даних пройшов значний еволюційний шлях. Рекурентні нейронні мережі (RNN) — це перший ефективний механізм для моделювання даних з часовими залежностями. Проте в нього є обмеження — нездатність зберігати інформацію про події, віддалені в часі.

Мережі довгої короткочасної пам'яті (LSTM) подолали обмеження RNN, впровадивши керовані інформаційні шлюзи, що дозволяють моделі контролювати потік інформації. Ці шлюзи фільтрують та зберігати релевантну інформацію протягом тривалих проміжків часу, що значно покращило продуктивність обробки природної мови (NLP).

Архітектура трансформерів здійснила справжню революцію в обробці послідовних даних завдяки механізму самоуваги, який дозволяє одночасно враховувати взаємозв'язки між усіма елементами послідовності. На відміну від

попередніх підходів, трансформери обробляють весь часовий ряд паралельно, що суттєво прискорює навчання та уможлиблює виявлення складних взаємозалежностей у даних. Ця перевага є критичною для моделювання економічних часових рядів, де сезонні патерни часто перетинаються з довгостроковими трендами та циклічними коливаннями [2].

Сучасні моделі прогнозування на основі трансформерів, представлені різними архітектурами, кожна з яких має власні інноваційні особливості для роботи з часовими рядами. Temporal Fusion Transformer (TFT) відзначається механізмами вибору змінних, які дозволяють визначати найбільш актуальні фактори для прогнозування.

Модель також використовує кодування статичних коваріат та механізм уваги з кількома головами, який зосереджується на найбільш релевантній історичній інформації. PatchTST реалізує підхід на основі «патчів», розбиваючи часовий ряд на менші сегменти для ефективного виявлення сезонних трендів та застосовуючи механізми самоуваги до відносин як всередині патчів, так і між ними. DLinear спрощує процес, явно розкладаючи часовий ряд на компоненти тренду та сезонності, застосовуючи до кожного спеціалізовану обробку [3].

Особливу цінність адаптивних моделей на основі трансформерів становить поєднання точності прогнозів з інтерпретованістю результатів. Механізм уваги дозволяє визначити, які історичні періоди мають найбільший вплив на конкретний прогноз.

Кількісна оцінка важливості факторів допомагає зрозуміти, як різні зовнішні фактори впливають на прогнозований показник. Декомпозиція прогнозу підвищує прозорість моделі та робить результати доступнішими для подальшого аналізу.

Адаптивні моделі прогнозування на основі трансформерів представляють ефективний підхід до аналізу економічних часових рядів. Ключовою перевагою є їхні механізми адаптації до змінних економічних умов, що дозволяє підтримувати стабільну точність прогнозів навіть при значних структурних змінах в економіці.

Література

1. Chen G. et al. (2011) Vector autoregression, structural equation modeling, and their synthesis in neuroimaging data analysis, *Computers in Biology and Medicine*, vol. 41, no. 12, pp. 1142–1155. URL : <https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2011.09.004>.
2. Міттал А. (2023) NLP Rise with Transformer Models. Комплексний аналіз T5, BERT і GPT. *Unite.ai*. URL : <https://www.unite.ai/uk/nlp-rise-with-transformer-models-a-comprehensive-analysis-of-t5-bert-and-gpt>.
3. Ємець К. (2024) Методи прогнозування часових рядів з вираженою сезонністю на основі трансформерів, *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences*, т. 333, № 2, с. 131–134. URL : <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-333-2-20>.

ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ ВИЯВЛЕННЯ АНОМАЛІЙ ДАНИХ**Гуро Д. А., Грибков С. В.***Національний університет харчових технологій, Київ, Україна**E-mail: kaliniaguro@gmail.com***Research of Data Anomaly Detection Algorithm**

This paper focuses on the problem of anomaly detection, as it is a multifaceted task that requires a combination of different approaches depending on the nature of the data and the type of anomaly. The paper discusses point, contextual, collective, and time series anomalies, as well as the corresponding methods for detecting them, ranging from statistical criteria and classical machine learning algorithms to modern deep neural networks and Bayesian models. In further work, this will allow us to reasonably select algorithms for implementing a system for monitoring and detecting anomalies in large data sets (in particular, web analytics such as GA4 BigQuery).

Проблема виявлення аномалій є важливою і досліджується в різних галузях та доменах застосувань [1]. Рішення для детектування аномалій знаходять застосування у фінансовому моніторингу (виявлення шахрайства), мережевій безпеці (інтрузія), медичній діагностиці, промисловому контролі тощо. Деякі методи розроблено під конкретні прикладні сценарії, тоді як інші є доволі загальними. Мета цього огляду — сформулювати теоретичну основу для подальшої реалізації системи детекції аномалій у даних, подібних до експорту Google Analytics 4 (GA4) в BigQuery. Для цього розглядається типологія задач виявлення аномалій та найбільш доцільні алгоритми для кожного типу, з акцентом на їх наукове обґрунтування.

У загальному випадку виділяють декілька типів аномалій у даних: точкові, контекстні, колективні та аномалії у часових рядах [2]. Кожен тип характеризується власною специфікою і може потребувати окремих підходів до виявлення.

Точкова аномалія — це окремий об'єкт даних, значення якого суттєво відхиляється від решти вибірки. Такий об'єкт розглядається як «викид» (outlier), якщо він аномальний відносно всіх інших спостережень. Точкові аномалії є найпростішим типом і були в центрі уваги більшості досліджень з виявлення аномалій. Прикладом може слугувати транзакція з нетипово великою сумою витрат для певного користувача — вона вважається аномальною, якщо значно перевищує нормальний діапазон для цього користувача.

Для виявлення точкових аномалій існує широкий спектр методів. Статистичні підходи припускають певний розподіл даних і шукають точки, малоймовірні згідно з цим розподілом. Класичним прикладом є критерій Граббса для пошуку одиничних викидів у вибірці (тест для однієї аномальної точки за припущення нормально розподілених даних) [3].

Класичні алгоритми машинного навчання для пошуку точкових аномалій включають безнаглядні методи, що визначають об'єкти, які істотно

відрізняються від решти: наприклад, алгоритм локального фактору віддаленості LOF виявляє об'єкти з низькою локальною щільністю [3]. Також широко застосовуються однокласові класифікатори — зокрема, однокласова модель опорних векторів (One-Class SVM), яка навчається лише на нормальних даних і визначає гіперповерхню, що охоплює область нормальних значень. Популярним є і деревоподібний алгоритм Isolation Forest, який ізолює точки випадковими розбіжностями (розрізаннями простору ознак) і виявляє аномалії як ті об'єкти, що ізолюються за меншу кількість розрізів у дереві [4]. Крім того, застосовуються методи на основі кластеризації (аномальними вважаються точки, що не належать жодному щільному кластеру) та інші евристичні.

Сучасні підходи використовують і глибоке навчання для виявлення аномалій у високорозмірних даних. Автоенкодери (автоасоціативні нейронні мережі) навчаються відновлювати нормальні дані і фіксують великі помилки відновлення як ознаку аномалії. Варіаційні автоенкодери та генеративні моделі (наприклад, GAN) дозволяють будувати ймовірнісні моделі даних та виявляти малоймовірні зразки як аномальні. За даними останніх досліджень, методи глибокого навчання виявляються ефективнішими за традиційні алгоритми на великих і складних наборах даних [5].

Контекстна аномалія (умовна аномалія) — це об'єкт даних, який є нетиповим лише в певному контексті, хоча поза цим контекстом може виглядати нормальним. Наявність такого контексту обумовлена додатковими контекстними атрибутами.

Наприклад, спроба входу співробітника в систему за межами робочих годин може сигналізувати про аномальну подію доступу у часовому контексті. В аналізі часових рядів контекстними атрибутами є час або сезонність, у геопросторових даних — координати місця; оцінка об'єкта як аномального здійснюється з урахуванням цих факторів.

Для виявлення контекстних аномалій необхідно моделювати очікувану поведінку в різних умовах.

Статистичні методи часто базуються на моделюванні залежності між ознаками та контекстом: наприклад, моделі регресії або часові ряди (ARIMA, експоненційне згладжування) використовуються для прогнозування нормального значення показника з урахуванням сезонних коливань чи тренду, а значні відхилення від прогнозу розглядаються як аномалії [6].

У випадку часових даних, якщо модель ARIMA побудована на історичних спостереженнях, то точки, для яких залишки (різниця між фактичним значенням і прогнозом) є статистично значущими, вважаються аномальними.

Методи машинного навчання для контекстних випадків можуть включати кластеризацію: дані групуються за визначеними контекстами, і всередині кожної групи здійснюється пошук аномальних об'єктів.

Глибоке навчання пропонує універсальні засоби моделювання складних залежностей. Рекурентні нейронні мережі (RNN, зокрема LSTM) добре підходять для часових даних і можуть навчитися прогнозувати послідовність значень; великі похибки прогнозу сигналізують про аномалії. Нейромережі

також можна збагачувати контекстною інформацією (наприклад, додаванням ознак часу доби, дня тижня тощо) для врахування сезонності або інших умов. [7, 10]

Байєсівські підходи у контекстному сценарії дозволяють явно врахувати невизначеність. Наприклад, баєсівські мережі знань можуть моделювати ймовірності подій з врахуванням залежностей між ними і виявляти аномалії як події з малою апостеріорною ймовірністю. Баєсівські онлайн-алгоритми детекції змін (напр., Bayesian Online Change Point Detection) також застосовуються — вони виявляють моменти раптової зміни режиму роботи системи у потоці даних, що часто вказує на настання аномального інтервалу [8].

Колективна аномалія — це набір пов'язаних між собою об'єктів, сукупність яких є нетиповою відносно решти набору даних. Окремі елементи такого набору можуть не бути аномальними самі по собі, але їх певна комбінація або послідовність є рідкісною чи неможливою за нормальних умов.

Приклад: якщо протягом 10 днів поспіль фіксуються аномально високі температури, то така тривала аномальна теплова хвиля вважається колективною аномалією, хоча кожен окремий денний показник міг би випадково трапитись і в нормі.

Інший приклад — незвична послідовність дій у комп'ютерній системі (певна специфічна комбінація запитів до веб-сервера, операцій з базою даних, спроб доступу тощо), яка в цілому утворює підозрілий патерн, відсутній у нормальній діяльності системи.

Статистичні підходи до виявлення колективних аномалій можуть ґрунтуватися на моделях послідовностей. Наприклад, прихована марковська модель (НММ) або модель n-грам оцінюють ймовірність появи певної послідовності подій, і достатньо мало ймовірні послідовності вважаються аномаліями. Також застосовуються статистичні тести для виявлення значущих відхилень у межах рухомого вікна спостережень (щоб знайти аномальний сегмент ряду) [9].

Алгоритми машинного навчання для колективних аномалій включають методи кластеризації послідовностей або графів. Можна будувати класифікатори, що розрізняють «нормальні» та «аномальні» послідовності, але в багатьох випадках навчальні дані з мітками аномалій відсутні, тому використовують безнаглядові підходи.

Глибокі нейронні мережі успішно моделюють складні залежності у послідовностях. Наприклад, архітектури секвенційного автоенкодера або LSTM-автоенкодера можуть навчитися стискати та відновлювати цілі сегменти часового ряду; якщо певна послідовність відновлюється погано (висока похибка реконструкції), це свідчить про її аномальність. Також застосовуються моделі з механізмом attention для виявлення аномальних підпослідовностей у серіях даних [10].

Байєсівські методи пропонують інструменти для врахування складних взаємозв'язків. Баєсівські мережі (в тому числі динамічні баєсівські мережі для часових процесів) можуть моделювати залежності між множиною подій, і низька ймовірність спільної появи певної комбінації сигналізує про аномалію.

Аномалії у часових рядах можуть належати до будь-якого із вищезгаданих типів (точкові, контекстні або колективні), але їх виділяють в окрему категорію через важливість прикладних задач та наявність послідовної структури у даних. Часовий ряд — це впорядкована послідовність спостережень у часі; аномальними можуть бути як окремі часові точки (наприклад, разовий різкий стрибок значення), так і цілі інтервали або підпослідовності.

Для детектування аномалій у часових рядах традиційно широко застосовували статистичні методи контролю процесів: контрольні карти Шухарта, критерії для автокореляцій, а також моделі прогнозування (напр., ARIMA або експоненційне згладжування) з аналізом залишків. Історично література з аномального виявлення в часових даних була орієнтована переважно на статистичні підходи. Однак із зростанням обсягів даних і появою нових алгоритмів, машинне навчання та глибоке навчання стали невід’ємною частиною цієї сфери [10].

Сучасні методи для часових рядів часто поєднують моделі прогнозування із алгоритмами класифікації: наприклад, модель Facebook Prophet (що враховує сезонність) може використовуватися для автоматичного виявлення аномальних точок, або ж до часового ряду застосовують алгоритми, згадані для точкових аномалій (LOF, Isolation Forest тощо) на основі ознак, витягнутих із рухомих вікон ряду [13]. Глибокі нейронні мережі (наприклад, LSTM або TCN — Temporal Convolutional Networks) навчаються на історичних часових даних і здатні виявляти складні патерни, включно з довгостроковими залежностями.

Виявлення аномалій становить складну багатогранну проблему, вирішення якої вимагає інтеграції різноманітних методологічних підходів, що залежать від природи даних, їхньої структури та специфіки аномальних явищ. У цьому дослідженні здійснено систематичний аналіз різних типів аномалій, зокрема точкових, контекстних, колективних, а також тих, що проявляються в динаміці часових рядів.

Розглянуто широкий спектр методів їх виявлення, починаючи від традиційних статистичних критеріїв і класичних алгоритмів машинного навчання, таких як кластеризація чи регресійний аналіз, і закінчуючи сучасними підходами, що базуються на глибоких нейронних мережах і баєсівських моделях.

Такий комплексний теоретичний огляд створює міцну основу для поглибленого розуміння особливостей різних типів аномалій і дозволяє визначити оптимальні методи їх виявлення залежно від специфіки даних і поставлених завдань.

Особливу увагу приділено аналізу переваг і обмежень кожного методу, що сприяє обґрунтованому вибору алгоритмів для практичного застосування. Наприклад, статистичні методи є ефективними для виявлення точкових аномалій у статичних наборах даних, тоді як глибокі нейронні мережі демонструють високу результативність у задачах аналізу складних часових рядів або великих обсягів неструктурованих даних.

Баєсівські моделі, своєю чергою, забезпечують гнучкість у врахуванні невизначеності та контекстуальних особливостей, що є важливим для

виявлення контекстних і колективних аномалій. Ця теоретична основа відкриває можливості для розробки адаптивних систем моніторингу, здатних ефективно обробляти великі масиви даних, зокрема у сфері веб-аналітики, наприклад, на платформах типу GA4 BigQuery.

У перспективі отримані знання сприятимуть створенню інноваційних систем детекції аномалій, які зможуть оперативно ідентифікувати відхилення в реальному часі, забезпечуючи високу точність і надійність. Такі системи матимуть широке застосування в різних галузях, від аналізу поведінки користувачів у цифрових екосистемах до моніторингу технологічних процесів і фінансових операцій. Подальші дослідження в цій галузі можуть бути спрямовані на вдосконалення алгоритмів, підвищення їхньої обчислювальної ефективності та адаптацію до специфічних вимог обробки великих даних, що забезпечить стійкість і масштабованість пропонованих рішень.

Література

1. Chandola V., Banerjee A., Kumar V. (2009) Anomaly detection: A survey, *ACM Computing Surveys*, 41(3): Article 15.
2. Gujral E. (2023). *Survey: Anomaly Detection Methods*. figshare. Preprint. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.22290466.v1>.
3. Grubbs F. E. (1969) Procedures for Detecting Outlying Observations in Samples, *Technometrics*, 11(1):1–21.
4. Liu F. T., Ting K. M., Zhou Z.-H. (2008) Isolation Forest, *2008 Eighth IEEE Intern. Conf. on Data Mining, Pisa, Italy*, pp. 413–422, doi: 10.1109/ICDM.2008.17.
5. Goodfellow I., Pouget-Abadie J., Mirza M., Xu B., Warde-Farley D., Ozair S., Courville A., Bengio J. (2014). *Generative Adversarial Networks*. arXiv:1406.2661.
6. Petrova A., Deyneka M. (2022). Arima-Models: Modeling And Forecasting Prices Of Stocks. *Internauka Series Economical Sci*, 10.25313/2520-2294-2022-2-7921.
7. Sherstinsky A. (2020). Fundamentals of Recurrent Neural Network (RNN) and Long Short-Term Memory (LSTM) network. *Physica D: Nonlinear Phenomena*, 404, 132306. 10.1016/j.physd.2019.132306.
8. Pan Y., Zheng Z. (2020) Bayesian online change point detection method for process monitoring, *2020 Chinese Control And Decision Conference (CCDC), Hefei, China*, pp. 3389–3393, doi: 10.1109/CCDC49329.2020.9164236.
9. Hiemstra D. (2009). N-Gram Models, *Encyclopedia of Database Systems*. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-0-387-39940-9_935
10. Thakur D., Biswas S., Ho E. S. L., Chattopadhyay S. (2022) ConvAE-LSTM: Convolutional Autoencoder Long Short-Term Memory Network for Smartphone-Based Human Activity Recognition, *IEEE Access*, vol. 10, pp. 4137–4156.
11. Abraham B., Box G. E. P. Bayesian analysis of some outlier problems in time series. *Biometrika* 66(2): 229–236, 1979.
12. Liu F. T., Ting K. M., Zhou Z.-H. (2008) Isolation Forest. *Proc. IEEE Int. Conf. on Data Mining (ICDM)*, pp. 413–422.

ЕВОЛЮЦІЯ ТРАНСФОРМЕРНИХ АРХІТЕКТУР У ЗАДАЧАХ ОБРОБКИ ПРИРОДНОЇ МОВИ

Жебрак А. М.
ФОП Жебрак А.М.
E-mail: Artem172902@gmail.com

Evolution of Transformer Architectures in Natural Language Processing Problems

This thesis reviews the evolution of transformer architectures in NLP, from “Attention Is All You Need” to models like BERT, GPT, and DistilBERT. It highlights key innovations in attention mechanisms and model compression, as well as challenges like resource demands and bias.

У сучасному NLP трансформери стали фундаментом для вирішення широкого спектру задач. Перший «Transformer» [1] відмовився від рекурентних мереж на користь механізму самоуваги, що відкриває можливість паралельного обчислення [1]. Його ключові компоненти — багатоголова увага (multi-head attention), що дозволяє охоплювати різні представлення контексту, та позиційне кодування, яке вводить інформацію про порядок токенів у послідовності.

BERT [2] став першим успішним застосуванням двобічного кодування в трансформерах: модель одночасно аналізує контекст зліва та справа, використовуючи завдання маскування слів (masked language modeling) і передбачення наступного речення (next sentence prediction). Це значно підвищило здатність до розуміння семантики та дискурсної цілісності тексту [2]. BERT поклала початок низці адаптацій для різних мовних середовищ: від багатомовних моделей (mBERT) до спеціалізованих для низькоресурсних мов. Серія GPT (OpenAI, 2019–2020) показала іншу стратегію — автогенеративне попереднє навчання з одnobічним контекстом. GPT-2 продемонстрував високу якість генерації зв'язного тексту, а GPT-3 із 175 млрд параметрів охопив можливості few-shot learning, коли моделі дають інструкції вхідними прикладами без спеціального донавчання [3]. Надмірне збільшення розміру змусило звернути увагу на ефективніші архітектури, здатні зменшити час навчання й пам'ять. Для покращення продуктивності з'явилися оптимізації тренування та архітектури. RoBERTa [5] відмовилася від next-sentence prediction і збільшила розмір корпусу, що дало кращі результати на багатьох бенчмарках [4]. ALBERT (Lan et al., 2020) зменшив кількість параметрів за рахунок факторизації вбудовувань і спільних ваг, зберігши високу точність [5]. Лінійні трансформери (Linformer), Performer та інші варіанти з апроксимаційною увагою зменшили складність уваги до лінійної, що актуально для дуже довгих послідовностей.

Однією з актуальних проблем є обробка довгих документів. Longformer та BigBird вводять розріджену і локальну увагу, що забезпечує лінійну

складність обчислень щодо довжини тексту. Ці моделі застосовують блоки глобальної та локальної уваги для збереження контексту при роботі з тисячами токенів [6]. Подібні підходи дозволяють ефективно вирішувати юридичний аналіз, медичні діагнози на основі тексту та обробку наукових статей.

Ще одна лінія розвитку — створення легких моделей. DistilBERT (Sanh et al., 2019) використовує knowledge distillation для отримання компактного варіанту BERT із мінімальними втратами точності [7]. Pruning та квантова оптимізація дозволяють скоротити обсяг моделей без істотного зниження їх продуктивності, що критично для мобільних та вбудованих застосунків. Adaptive Transformer вводить динамічний вибір голів уваги й шарів, дозволяючи регулювати обчислювальні витрати в реальному часі.

Застосування трансформерів охоплює класифікацію тексту, машинний переклад, відповіді на запитання, резюмування та генерацію коду. Проте упередженість даних, велика потреба в ресурсах та складність інтерпретації залишаються викликами. Методи Explainable AI — LIME, SHAP, аналіз attention-матриць — частково вирішують питання прозорості, але потребують додаткових досліджень в контексті глибоких архітектур.

Майбутні напрями розробок включають мультимодальні трансформери для обробки тексту, зображень та аудіо в єдиному просторі, безперервне та федеративне навчання для збереження приватності та адаптації до нових доменів, а також інтеграцію з онтологіями й графами знань для глибшого контекстного розуміння. Вирішення цих завдань сприятиме розвитку більш інтелектуальних, ефективних і доступних NLP-систем.

Література

1. Vaswani A., Shazeer N., Parmar N. et al. (2017) Attention is all you need, *Advances in Neural Information Processing Systems*, vol. 30.
2. Devlin J., Chang M.-W., Lee K., Toutanova K. (2018) *BERT: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding*, arXiv preprint. URL : arXiv:1810.04805.
3. Raffel C., Shazeer N., Roberts A. et al. (2020) Exploring the limits of transfer learning with a unified text-to-text transformer, *Journal of Machine Learning Research*, vol. 21, no. 140, pp. 1–67.
4. Brown T. B., Mann B., Ryder N. et al. (2020) Language models are few-shot learners, *Advances in Neural Information Processing Systems*, vol. 33, pp. 1877–1901.
5. Liu P., Yuan W., Fu J. et al. (2023) Pre-train, prompt, and predict: A systematic survey of prompting methods in natural language processing, *ACM Computing Surveys*, vol. 55, no. 9, pp. 1–35.
6. Zhang Y., Zhong Y., Chen Q. et al. (2023) Knowledge-enhanced language models: A survey of methods and trends, *Information Fusion*, vol. 91, pp. 60–83.
7. Floridi L., Chiriatti M. (2020) GPT-3: Its nature, scope, limits, and consequences, *Minds and Machines*, vol. 30, pp. 681–694.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ФРЕЙМВОРКІВ ДЛЯ ГЛИБИННОГО НАВЧАННЯ: TENSORFLOW VS PYTORCH

Жебрак А. М.
ФОП Жебрак А.М.
E-mail: Artem172902@gmail.com

A Primary Analysis of Frameworks for Global Development: TensorFlow VS PyTorch

This thesis presents a comparison of TensorFlow and PyTorch—two leading deep learning frameworks. It focuses on usability, performance, ecosystem, and deployment tools, highlighting strengths and trade-offs to guide researchers and developers.

Сучасна розробка систем на основі глибинного навчання значною мірою залежить від використання потужних інструментів і фреймворків. Найбільш популярними серед них є TensorFlow, розроблений компанією Google, та PyTorch, підтримуваний Meta AI.

Обидва фреймворки широко використовуються для створення нейронних мереж, проте відрізняються підходами до моделювання, продуктивністю, інструментами для візуалізації та підтримкою розгортання.

TensorFlow традиційно орієнтований на промислові рішення, підтримує граф обчислень, має розвинуту екосистему з такими модулями, як TensorBoard, TensorFlow Lite, TensorFlow Serving.

Порівняно з цим, PyTorch пропонує більш інтуїтивно зрозумілий імперативний стиль програмування, що полегшує налагодження моделей та зручний для дослідницьких задач. PyTorch також отримав офіційну підтримку від багатьох наукових конференцій, де є основою для численних публікацій.

У контексті продуктивності TensorFlow має переваги у розгортанні на мобільних пристроях та в хмарі, однак PyTorch поступово наздоганяє його завдяки TorchScript та підтримці ONNX. Щодо документації та спільноти, обидва фреймворки активно підтримуються, хоча в PyTorch акцент зроблено на гнучкість, а в TensorFlow — на масштабованість і стабільність.

Порівняння двох платформ демонструє, що вибір залежить від контексту завдань: для швидкого прототипування та наукових досліджень часто обирають PyTorch, а для продуктивних комерційних рішень — TensorFlow. Обидва фреймворки активно розвиваються, і дедалі більше рішень намагаються забезпечити сумісність між ними через спільні формати моделей.

У майбутньому очікується зростання значення інтеграції з іншими мовами програмування, підтримки розподіленого навчання та оптимізацій для спеціалізованого обладнання, що вплине на подальший вибір інструментів для глибинного навчання.

Серед ключових аспектів, що розрізняють TensorFlow та PyTorch, варто виділити API рівні: TensorFlow 2.x зробив значний крок у напрямку спрощення, запровадивши Keras як стандартний високорівневий API, однак PyTorch із самого початку був побудований із зручністю для користувача, що сприяло його популярності серед студентів та дослідників.

Крім того, інструменти відлагодження та профілювання мають важливе значення для роботи з великими нейронними мережами. PyTorch інтегрується з Python-дебагерами на рівні коду, що робить процес розробки більш прозорим. TensorFlow, зі свого боку, пропонує TensorBoard — потужну візуалізацію метрик, графів і продуктивності, яка є стандартом у багатьох виробничих середовищах.

Також варто відзначити підтримку модульності та експериментів. PyTorch легко дозволяє створювати нестандартні архітектури «на льоту», змінюючи логіку моделі без необхідності компіляції графа. TensorFlow вимагає чіткішого планування структури, але забезпечує стабільність та контроль над ресурсами, що є перевагою в масштабних проєктах.

Особливу увагу також слід приділити можливостям масштабування і підтримці розподіленого навчання. TensorFlow пропонує вбудовані інструменти для розподіленого навчання, включаючи `tf.distribute.Strategy`, що дозволяє тренувати моделі на кількох GPU чи навіть у кластерному середовищі. PyTorch, у свою чергу, активно розвиває `torch.distributed`, а також фреймворк PyTorch Lightning, який спрощує запуск розподілених тренувань і забезпечує зручний інтерфейс для швидких досліджень без втрати контролю над логікою моделі.

І, нарешті, в умовах зростаючої ролі штучного інтелекту в мобільних та вбудованих системах, TensorFlow має деяку перевагу завдяки таким інструментам, як TensorFlow Lite та TensorFlow.js, які дозволяють запускати моделі на смартфонах та в браузерях. У той же час, PyTorch Mobile лише нещодавно набрав популярності та ще перебуває у фазі свого активного розвитку.

Література

1. Abadi M. et al. (2016) *TensorFlow: Large-scale machine learning on heterogeneous systems*, arXiv preprint. URL : arXiv:1603.04467.
2. Paszke A. et al. (2019) PyTorch: An imperative style, high-performance deep learning library, *Advances in Neural Information Processing Systems*, vol. 32.
3. Zhang H., Zheng Y., Wang Y. (2021) A comparative study of deep learning frameworks, *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1992, no. 1.
4. Saxena A., Khare S., Krishna R. (2022) Comparative analysis of PyTorch and TensorFlow frameworks for deep learning applications, *Materials Today: Proceedings*, vol. 56, pp. 2755–2761.
5. Serban R. et al. (2021) A performance evaluation of PyTorch and TensorFlow for deep learning applications, *Procedia Computer Science*, vol. 184, pp. 410–417.

ВПЛИВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ НА ТРАНСФОРМАЦІЮ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАМОВЛЕНЬ У ЮВЕЛІРНІЙ ГАЛУЗІ

Захарченко А. А., Ліманська Н. В.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: limanskanv@nuft.edu.ua

The Impact of Artificial Intelligence on The Transformation of Custom Orders in the Jewelry Industry

The modern jewelry industry is undergoing revolutionary changes thanks to the integration of artificial intelligence. According to The Rapaport research, more than 65% of leading jewelry brands are already using artificial intelligence to personalize products and optimize production. This trend is due to the growing demand for unique jewelry that reflects the customer's individuality. The aim of the study is to comprehensively analyze the key areas of impact of artificial intelligence on the creation of individual jewelry, including generative design, virtual fitting, and personalized recommendations. The study also covers practical cases of implementation of these technologies and their impact on the efficiency of business processes.

Сучасна ювелірна галузь переживає революційні зміни завдяки інтеграції штучного інтелекту. Згідно з дослідженнями Rapaport, понад 65% провідних ювелірних брендів вже використовують штучний інтелект для персоналізації продуктів та оптимізації виробництва. Ця тенденція пов'язана зі зростанням попиту на унікальні прикраси, які відображають індивідуальність клієнта [1].

Мета дослідження полягає у комплексному аналізі ключових напрямів впливу штучного інтелекту на створення індивідуальних ювелірних виробів, зокрема: генеративний дизайн, віртуальну примірку та персоналізовані рекомендації. Дослідження також охоплює практичні кейси впровадження цих технологій та їхній вплив на ефективність бізнес-процесів.

Генеративний штучний інтелект став потужним інструментом для ювелірних дизайнерів. Наприклад, платформа GIA's AI Design Lab дозволяє створювати унікальні ескізи за 2–3 хвилини на основі вподобань клієнта. Алгоритми аналізують такі параметри, як улюблені кольори, стиль одягу та попередні покупки, щоб запропонувати оптимальний варіант [2].

Крім того, штучний інтелект використовує великі дані, включаючи понад 10000 історичних дизайнів, для прогнозування трендів. Це дозволяє брендам запобігати помилкам у дизайні та пропонувати клієнтам актуальні рішення.

Технології доповненої реальності (AR) трансформують процес вибору прикрас. За допомогою мобільних додатків клієнти можуть «приміряти» 3D-моделі прикрас у реальному часі, що значно підвищує їхню впевненість у покупці.

Згідно з даними WiserBrand, використання AR-примірників зменшує кількість повернень на 40%, оскільки клієнти отримують більш точне уявлення

про вигляд прикрас. Це також дозволяє знизити витрати на логістику та повернення [3].

AI-асистенти, такі як ChatGPT-інтегровані консультанти, аналізують дані з соціальних мереж, історію покупок та навіть відгуки клієнтів, щоб пропонувати персоналізовані рекомендації. Наприклад, система може запропонувати діамантові сережки клієнтці, яка часто ставить лайки подібним прикрасам у Instagram.

За даними Rapaport, бренди, які використовують AI-рекомендації, підвищують конверсію на 35% та збільшують середній чек на 20%.

Випадки впровадження:

1. Brilliant Earth — використовує ШІ для створення унікальних обручок, враховуючи анатомічні особливості пальця клієнта. Система аналізує розмір, форму та стиль, щоб запропонувати ідеальний варіант.

2. Blue Nile — AI-система компанії підбирає діаманти за 4К-параметрами (колір, чистота, вага, форма), що дозволяє клієнтам знаходити ідеальний камінь за лічені хвилини.

3. Cartier — впровадив віртуального консультанта на базі ChatGPT, який надає персоналізовані рекомендації в режимі реального часу. Це скоротило час обслуговування на 30%.

Використання штучного інтелекту в ювелірному виробництві скорочує час розробки індивідуальних виробів з тижнів до годин, що дозволяє брендам швидше реагувати на попит. Цей інструмент генерує індивідуальні пропозиції ювелірних виробів на основі вподобань клієнта, так як окрім параметрів, які вводять самі покупці, він враховує поточні тенденції та різні варіації цін за короткий проміжок часу, то ж клієнти отримують підібрані варіанти ювелірних виробів за лічені секунди.

Технології віртуальної примірки знижують операційні витрати за рахунок зменшення кількості повернень, а персоналізація — підвищує задоволеність клієнтів і їхню готовність до повторних покупок. В перспективі розвитку застосування штучного інтелекту в ювелірній галузі є удосконалення історії виробів та забезпечення прозорості етапів виробництва через інтеграцію блокчейну, а також стрімкий розвиток AI-асистентів з функцією емоційного аналізу для точнішого визначення потреб клієнтів.

Література

1. Yan I. (2024) AI is revolutionizing the jewelry industry [online], *Rapaport*. URL : <https://rapaport.com/magazine-article/ai-is-revolutionizing-the-jewelry-industry>.
2. Magee M. D. (2024) Generative artificial intelligence as a tool for jewelry design [online], *GIA*. URL : <https://www.gia.edu/gems-gemology/fall-2024-artificial-intelligence-in-jewelry-design>.
3. Khorolsky D. (2024) AI and the jewelry industry [online], *Wiserbrand*. URL : <https://wiserbrand.com/ai-and-jewelry-industry>.

МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ДОСТУПНОЇ КОМУНІКАЦІЇ: ЖЕСТОВА МОВА, ТРАНСКРИПЦІЯ ТА СИНТЕЗ МОВЛЕННЯ

Іващенко В. І.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: mr.ruryks@gmail.com

AI-Enabled Opportunities for Automated Accessible Communication: Sign Language, Transcription and Speech Synthesis

This article explores the use of artificial intelligence in creating automated accessible communication systems for people with speech or hearing impairments. It discusses the application of speech-to-text and text-to-speech conversion, gesture recognition, and adaptive interfaces. The goal is to support multimodal interaction using AI technologies such as NLP, computer vision, and edge computing. These developments are also considered within the framework of automated human-machine communication and computer-integrated technologies.

У сучасних умовах цифровізації та автоматизації важливим напрямом розвитку є створення інтелектуальних систем підтримки людино-машинної взаємодії, здатних адаптуватися до особливостей користувача. Однією з ключових задач у цьому напрямі є забезпечення автоматизованої доступної комунікації для людей з порушеннями слуху, мовлення або моторики, особливо в контексті інклюзивності та соціального захисту вразливих категорій населення. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, понад 1 мільярд людей у світі мають проблеми зі слухом, мовленням або комунікаційними функціями [1]. У відповідь на ці виклики все більше досліджень та розробок у сфері штучного інтелекту спрямовані не лише на підвищення ефективності, а й на забезпечення рівного доступу до цифрових сервісів. Застосування штучного інтелекту (ШІ) як основи автоматизованих комунікаційних модулів відкриває можливості для реалізації персоналізованих, адаптивних і безбар'єрних систем, здатних функціонувати у режимі реального часу, як у хмарних рішеннях, так і на пристроях із обмеженими ресурсами.

Запропонована система поєднує технології ШІ та в цьому контексті виступає не лише як технологічна платформа, а як рушійна сила побудови нових моделей взаємодії між користувачами та цифровими середовищами. Уявімо ситуацію, коли користувач із порушенням слуху підключається до онлайн-конференції. Традиційно він залишався би поза межами активної взаємодії, проте сучасні ШІ-рішення здатні не лише транскрибувати мовлення інших учасників, а й перетворювати текстові відповіді на синтезоване мовлення. З іншого боку, люди з порушенням мовлення можуть спілкуватися за допомогою жестів, які автоматично розпізнаються системою та інтерпретуються у зручний формат для співрозмовника [5]. Ці можливості не є абстрактними — вони активно розробляються і вже частково реалізовані в

різних комерційних і дослідницьких проєктах. Це включає не лише передачу інформації, а й її адаптацію до потреб користувача в режимі реального часу, що є ключовим завданням у галузі автоматизованих систем управління.

У межах такої автоматизованої обробки мовлення та зображень передбачається реалізація наступного функціоналу:

- реального часу транскрипція голосу в текст (STT) та зворотна генерація мовлення (TTS),
- розпізнавання елементів жестової мови через комп'ютерний зір,
- інтелектуальна маршрутизація та адаптація інтерфейсу відповідно до типу виявлених особливостей користувача.

Це дозволяє створити єдиний канал взаємодії в реальному часі між людьми з різними можливостями спілкування. Наприклад, система забезпечує конвертацію жестів у текстову або голосову форму, а також зворотну трансформацію відповіді у зручний для користувача формат (наприклад, субтитри або вивід жестового аватара).

У реальній практиці подібні принципи було реалізовано мною в окремих модулях відеосервісу підтримки технічного обслуговування житлових комплексів. У межах цієї системи було впроваджено функціонал реального часу транскрипції аудіо за допомогою Deepgram AI [2], а також інтеграцію з OpenAI API [3] для текстової адаптації та перекладу. Ці модулі взаємодіяли з користувацьким інтерфейсом у форматі відеодзвінків через OpenTok.js SDK [4]. Це дозволяло учасникам дзвінка, зокрема користувачам із порушеннями слуху, оперативно отримувати текстову інтерпретацію розмови, а також підтримувалося дублювання ключової інформації у вигляді повідомлень.

Уся система реалізована як автоматизований модуль, який можна інтегрувати в існуючі відеокommунікаційні сервіси або в інформаційні системи підтримки прийняття рішень.

Подальші дослідження планується зосередити на покращенні точності мультимодальних моделей для жестової мови та оптимізації розпізнавання в обмежених апаратних умовах (edge/IoT).

Література

1. World Health Organization (2021). *Deafness and hearing loss*. URL : <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>.
2. Deepgram (2024). *Speech to Text API*. URL : <https://deepgram.com/learn/daily-video-live-transcription>.
3. OpenAI (2023). *Whisper Speech-to-Text Model*. URL : <https://openai.com/index/whisper>.
4. OpenTok.js SDK (2023). *Set up a Basic Web Client*. URL : <https://tokbox.com/developer/tutorials/web/basic-video-chat>.
5. Bhama S., Palraj J. (2023). Sign Language Recognition using Deep CNN with Normalised Keyframe Extraction and Prediction using LSTM. *Journal of Scientific & Industrial Research*, 82(7):745-755.

ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ПОВЕДІНКОВИХ СЦЕНАРІЇВ ТА ЕМОЦІЙНОГО АНАЛІЗУ

Котвицька А. А, Мазуренко О. О.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: anya.kotvickaya@gmail.com

Utilization of Neural Networks for Modeling Behavioral Scenarios and Emotion Recognition

Neural networks are increasingly used to analyze user behavior and emotional states across various digital systems. This paper explores key architectures such as RNN, LSTM, CNN, and transformers (e.g., BERT) for processing multimodal data including text, audio, and facial expressions. The research highlights applications in remote education, healthcare, and personalized marketing, where emotion recognition helps tailor user experience. Special attention is given to future improvements such as enhancing model interpretability, protecting user privacy, and integrating neurophysiological data to deepen behavioral analysis. Ethical considerations and the need for transparent algorithms are also emphasized.

У сучасному цифровому середовищі нейромережі відіграють вирішальну роль у моделюванні поведінки користувачів та розпізнаванні емоційних станів. Завдяки здатності обробляти великі обсяги даних і виявляти приховані патерни, ці технології забезпечують адаптивну взаємодію між користувачем і системою. Особливо ефективним є глибоке навчання у створенні віртуальних асистентів, освітніх платформ і чутливих до емоцій користувача інтерфейсів [1].

Для аналізу поведінкових сценаріїв застосовувались рекурентні нейронні мережі (RNN) та їх модифікації LSTM, які дозволяють моделювати часові послідовності дій користувача. Емоційний аналіз базувався на використанні трансформерних моделей (BERT, RoBERTa) для текстових даних [2], згорткових нейронних мереж (CNN) для обробки міміки обличчя [3], а також CNN-RNN-архітектур для аналізу аудіоінформації. Для вищої точності застосовувався мультимодальний підхід, що об'єднує текст, зображення і аудіо. Навчання проводилось на відкритих датасетах DEAP, IEMOCAP, MELD із використанням фреймворків TensorFlow, Keras, PyTorch. Оцінювання моделей проводилось за метриками точності, повноти, F1-міри та ROC-AUC [4].

Мультимодальні нейронні мережі забезпечили точність класифікації емоцій до 90%, що перевищує результати моделей, які використовують один тип вхідних даних [5]. Поведінкове моделювання дозволило прогнозувати дії користувачів з високою достовірністю, а також ідентифікувати аномальні шаблони, зокрема в контексті кібербезпеки.

Застосування емоційного аналізу в дистанційній освіті дало змогу адаптувати подання матеріалу до рівня залученості студента, що підвищує ефективність навчання [6]. У медичній сфері нейронні мережі допомагають

виявляти ранні ознаки депресії та тривожних розладів, а в маркетингу — персоналізувати контент на основі емоційної реакції користувача [7].

Нейронні мережі є потужним інструментом для створення чутливих та адаптивних систем. Проте для підвищення ефективності та етичності їх застосування необхідно наступне.

1. Поліпшити інтерпретованість моделей. Більшість нейромереж залишається «чорними скриньками». Важливо інтегрувати методи пояснення результатів моделей (Explainable AI, XAI) [8]. **2.** Посилити захист персональних даних. Варто впроваджувати диференційне приватне навчання та інші методи, які забезпечують анонімність [9]. **3.** Підвищити стійкість до шуму та маніпуляцій. Актуальними є дослідження в сфері захисту моделей від атак на вхідні дані (adversarial attacks) [10]. **4.** Інтегрувати нейрофізіологічні дані. Це дозволяє глибше розуміти внутрішні стани користувача та підвищує точність інтерпретації поведінки [11]. **5.** Розвивати етичні стандарти використання. Системи повинні функціонувати в межах законодавчих і моральних рамок, особливо в галузях охорони здоров'я та освіти [12].

Подальший розвиток нейромереж повинен бути комплексним, поєднуючи технічне вдосконалення моделей із забезпеченням їх безпеки, прозорості й етичності. Важливо розвивати методи підвищення інтерпретованості (Explainable AI) і захисту персональних даних та стійкість до атак на вхідні дані. Інтеграція нейрофізіологічних сигналів може значно покращити точність аналізу поведінки. Крім того, необхідно формувати етичні стандарти, особливо в сферах охорони здоров'я та освіти, що забезпечить соціальну відповідальність та довіру до адаптивних систем.

Література

1. LeCun Y., Bengio Y., Hinton G. (2015) Deep learning, *Nature*.
2. Devlin J., Chang M.-W., Lee K., Toutanova K. (2018) *BERT: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding*, arXiv preprint. URL : arXiv:1810.04805.
3. Goodfellow I. et al. (2016) *Deep learning*. MIT Press.
4. Deng J., Leung C., Tsang K. (2020) *Multimodal emotion recognition*. Springer.
5. Poria S., Cambria E. et al. (2017) Multimodal sentiment analysis: A survey, *Information Fusion*.
6. Bosch N. et al (2015) Detecting student emotions in computer-based learning environments, *Journal of Educational Data Mining*.
7. Zhao R. et al. (2021) Emotion recognition from multimodal physiological signals using deep neural networks, *Biomedical Signal Processing*.
8. Ribeiro M. T. et al. (2016) Why should I trust you?, *KDD*.
9. Dwork C. (2006) Differential privacy, *ICALP*.
10. Kurakin A. et al. *Adversarial machine learning at scale*, arXiv:1611.01236.
11. Koelstra S. et al. (2012) DEAP dataset, *IEEE Trans. Affective Computing*.
12. Floridi L. et al. (2018) AI4People — An ethical framework for a good AI society, *Minds and Machines*. 2018.

ВПРОВАДЖЕННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У ВЕБ-ОРІЄНТОВАНУ СИСТЕМУ ДЛЯ ПІДТРИМКИ ПРОДАЖІВ КНИГАРНІ

Куць Г. О.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: anna2212kuts@gmail.com

Implementation of Artificial Intelligence in a Web-Oriented System for Supporting Bookstore Sales

The integration of artificial intelligence into a web-based bookstore system creates new opportunities to enhance both functionality and user experience. AI enables more intuitive interaction with the system by adapting to user needs, understanding behavior patterns, and delivering relevant content.

Світ електронної комерції переживає революцію, і одним із головних драйверів цього розвитку наразі стає штучний інтелект (ШІ) [1]. У сучасному онлайн-магазині важливо вміти розуміти потреби кожного клієнта.

Наразі сайт книжкової крамниці вже має базові функції, серед яких рекомендації книг. Однією з найкорисніших можливостей ШІ для онлайн-книгарні є створення персоналізованих рекомендацій.

Замість простого випадкового підбору книг за жанром чи автором, як це реалізовано на базовому рівні, ШІ дозволяє враховувати більше: історію покупок користувача, переглянуті книги, жанри, час активності, реакцію на попередні рекомендації.

На основі цих даних система вчиться розуміти інтереси кожного відвідувача й пропонувати саме ті книги, які найбільше його зацікавлять.

Для реалізації такого підходу використовуються спеціальні сервіси, як-от *RetentionX* — інструмент на основі ШІ, що спеціалізується на аналізі даних з інтернет-магазинів. Він перетворює сирі дані про клієнтів і їхню поведінку на цінну аналітичну інформацію.

Використовуючи алгоритми прогнозування, *RetentionX* допомагає власникам магазинів краще розуміти своїх клієнтів, будувати персоналізовані стратегії взаємодії, утримувати покупців і збільшувати їхню довгострокову цінність [2].

Наступним етапом цього розвитку є гіперперсоналізація — підхід, при якому система створює унікальний профіль кожного клієнта на основі його переглядів, покупок, вподобань та інших даних. Це дозволяє показувати саме ті книги, які з найбільшою ймовірністю зацікавлять конкретну людину. Такий підхід вже використовують великі компанії, як-от *Amazon* чи *Starbucks*, і він дозволяє значно підвищити рівень лояльності, збільшити продажі, а також покращити користувацький досвід у цілому [1].

Впровадження векторного пошуку у веб-систему книгарні дозволить значно покращити точність і зручність пошуку книг.

ШІ визначає емоційний тон і зміст книги не за назвою, а шляхом аналізу її опису, відгуків читачів та ключових слів. Він використовує технології обробки природної мови (NLP), щоби «зчитувати» теми, настрої і сенси в текстах, а також перетворює ці дані у векторні представлення, що дозволяє знаходити схожі за емоцією та змістом книги. Такий підхід особливо корисний у випадках, коли користувач не пам'ятає точну назву або хоче знайти щось подібне [1]. Векторний пошук легко інтегрується з іншими функціями ШІ — наприклад, з рекомендаційною системою.

У межах онлайн-книгарні автоматизовані email-розсилки є ефективним інструментом для інформування користувачів про новинки, акції та персональні рекомендації книг відповідно до їхніх інтересів. ШІ дозволяє надсилати кожному клієнту саме ті пропозиції, які можуть його зацікавити — наприклад, книги улюбленого жанру або нові твори обраного автора.

Один із таких інструментів — сервіс *Mails.ai*, що працює на базі ШІ. Його можна інтегрувати з базою користувачів сайту, автоматично збираючи email-адреси під час реєстрації або оформлення замовлення. Система самостійно генерує тексти листів, надсилає їх у найкращий час для максимальної ймовірності відкриття, а також аналізує результати — хто відкрив, клікнув чи зробив покупку [3–4]. Це дозволяє постійно вдосконалювати стратегію розсилки, економити час і забезпечувати ефективну, персоналізовану взаємодію з клієнтами.

Як бачимо, існує багато різних способів впровадження ШІ в онлайн-книгарні — від персоналізованих рекомендацій і гіперперсоналізації до векторного пошуку та автоматизованих email-розсилок, — і кожен із них дозволяє зробити взаємодію з клієнтами точнішою, зручнішою та ефективнішою.

Література

1. Wezom (2024). *Як ШІ змінює електронну комерцію: 8 прикладів* [online]. URL : <https://wezom.com.ua/ua/blog/yak-shi-zminyuje-elektronnu-komertsiyu-8-prikladiv>
2. Forbes Ukraine (2025). *Асистенти e-commerce. Як ШІ допомагає автоматизувати роботу інтернет-магазинів? Добірка інструментів* [online]. URL : <https://forbes.ua/business/asistenti-e-commerce-yak-shi-dopomagaе-avtomatizuvati-robotu-internet-magaziniv-dobirka-instrumentiv-23032025-28185>
3. Netpeak (2023). *Штучний інтелект для інтернет-магазинів: що може робити і чи варто його використовувати?* [online]. URL : <https://netpeak.net/uk/blog/shtuchniy-intelekt-dlya-internet-magaziniv-shcho-mozhe-robiti-i-chi-var-to-yogo-vikoristovuvati/>
4. Mails.ai (2025). *Introducing Mails.ai* [online]. URL : <https://help.mails.ai/en/articles/45-introducing-mailsai>

ГАЛЮЦИНАЦІЇ ПОПУЛЯРНИХ БЕЗОПЛАТНИХ МОДЕЛЕЙ ШІ ТА ОСНОВНІ ЗАХОДИ ІЗ ЇХ ЗАПОБІГАННЯ

Литвинов В. А., Грибков С. В.

*Інститут проблем математичних машин і систем
Національної академії наук України, Київ, Україна,
Національний університет харчових технологій, Київ, Україна
E-mail: l3914306@gmail.com*

Hallucinations of Popular Free AI Models and Basic Measures to Prevent Them

The paper aims to examine the applied aspects of hallucinogenicity of popular free models (ChatGPT 3.5, DeepSeek, Gemini, Claude 3 Sonnet) from the “point of view” of the models themselves. The main types of typical hallucinations of these models, approximate comparative estimates of their hallucinogenicity, methods of their prevention (reduction) are considered.

Галюцинації ШІ полягають в генерації правдоподібної інформації, яка невірна, або не пов'язана з поставленою в запиті задачею. В літературних джерелах, наприклад, [1–2] більшою частиною розглядаються загальні причини цього явища і шляхи зниження галюціногенності моделей Large Language Model (LLM). В той же час для звичайних користувачів популярних доступних моделей представляє, на думку авторів, практичний інтерес саме їх відповідні конкретні вади і можливі заходи по їх попередженню. Ставиться задача розгляду галюціногенності популярних безоплатних моделей (ChatGPT 3.5, DeepSeek, Gemini, Claude 3 Sonnet) з «точки зору» їх самих. Розглядаються основні види типових галюцинацій зазначених моделей, орієнтовні порівняльні оцінки їх галюціногенності, методи їх попередження (зменшення).

Приклади типових галюцинацій. Підставою для визначення типовості слугує змістовне співпадіння і узагальнення відповідних «думок» кожної з розглянутих моделей відносно себе і своїх «колег». Одержані наступні результати.

ChatGPT (GPT 3.5):

- вигадує неіснуючі публікації з конкретними авторами і датами публікацій;
- створює хибні історичні факти, наприклад, події, яких не було;
- генерує фіктивні цитати реальних осіб.

DeepSeek:

- китайські та англійські джерела адаптує до інших культур, наприклад, може навести, що деякий закон діє в Україні, хоча він прийнятий тільки в Китаї;
- може генерувати синтаксично невірний код, використовувати неіснуючі бібліотеки, функції (зокрема, мовою Python);

- генерує неіснуючі публікації на запит надати вихідні джерела;
- при довгому діалозі може бути втрачено основний зміст або суть.

Gemini:

- дає відповідь на іншій мові (наприклад, мимоволі переходить з української на англійську);
- підмінює логіку на загальноприйняті стереотипи;
- створює хибні біографічні факти, генерує неіснуючі новинні події.

Claude:

- перестраховується щодо побоювань дати неправильну відповідь на запит, ухилення від конкретики на користь узагальнення;
- контекстуальні галюцинації — може придумати псевдонаукове пояснення зв'язку між фактично непов'язаними темами;
- дає необґрунтовані узагальнення, засновані на стереотипах.

Загальна схильність моделей до галюцинацій. Результати оцінювання ІІІ моделей представлено у таблиці 1. Оцінки у вербальних термінах: 3.0 — середня, 3.5 — середньо-висока, 2.5 — середньо-низька, 2.0 — низька.

Таблиця 1. Оцінка ІІІ моделей «колегами» (1–5 балів)

Модель	ChatGPT	DeepSeek	Gemini	Claude
ChatGPT	3.0/5	3.0/5	3.0/5	3.0/5
DeepSeek	3.5/5	3.0/5	3.0/5	2.0/5
Gemini	3.0/5	2.0/5	2.5/5	2.0/5
Claude	2.5/5	2.0/5	2.5/5	2.0/5

Можливі заходи щодо запобігання галюцинаціям. Користувач спілкується з моделями через запити, тож основним заходом є адекватне їх формулювання. Щодо цього згадані моделі рекомендують зокрема наступне:

- чітке і максимально конкретне формулювання запиту;
- уникнення двозначностей, перекладів ідіом і приказок, прохань навести цитати, запитів про події після навчання моделей (2023) і т.д.;
- розбиття складних питань на прості частини;
- прохання до ІІІ визнати невпевненість у достовірності інформації;
- обмеження використання розглянутих моделей в критичних сферах (медицина, юриспруденція, фінанси, тощо).

Для підвищення впевненості в інформації ІІІ доцільно однаковий запит надати декільком моделям і порівняти відповіді (саме це автори здійснювали при одержанні попередніх результатів). Корисним може бути і порівняння відповідей на повторний, трохи перефразований запит однієї і тієї моделі.

Література

1. Makarova N. (2023) Neural Network Hallucinations: Types, Causes, Mitigation [online], *AltCraft*. URL: <https://altcraft.com/blog/neural-network-hallucinations>.

ПЕРЕХРЕСНІ САМООЦІНКИ ЗАГАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОПУЛЯРНИХ БЕЗОПЛАТНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ШІ

Литвинов В. А., Грибков С. В.

*Інститут проблем математичних машин і систем
Національної академії наук України, Київ, Україна,
Національний університет харчових технологій, Київ, Україна
E-mail: l3914306@gmail.com*

Cross-Evaluation of General Characteristics of Popular Free AI Tools

The paper aims to examine the applied aspects of hallucinogenicity of popular free models (ChatGPT 3.5, DeepSeek, Gemini, Claude 3 Sonnet) from the “point of view” of the models themselves. The main types of typical hallucinations of these models, approximate comparative estimates of their hallucinogenicity, methods of their prevention (reduction) are considered.

Останнім часом спостерігається активне впровадження великих мовних моделей (Large Language Model — LLM) штучного інтелекту (ШІ) у різні сфери професійної діяльності та повсякденного життя. Цей процес супроводжується значним прогресом у розвитку інструментів на основі ШІ — покращується не лише їхня функціональна якість, а й зростає різноманітність доступних рішень. Паралельно з цим у науковій та професійній літературі значно збільшується кількість публікацій, які присвячені аналізу, оцінці та вибору оптимальних моделей для конкретних застосувань у таких галузях як бізнес-аналітика, програмна інженерія, креативні індустрії та інші сфери діяльності (як показано, наприклад, у дослідженнях [1]).

Важливо відзначити, що рекомендації, що містяться в таких публікаціях, формуються на основі комплексного підходу. Вони поєднують у собі як теоретичні обґрунтування та логічні висновки, так і результати практичних експериментів. Крім того, значну цінність становить безпосередній досвід авторів-практиків, які тестують та впроваджують ці моделі у реальних умовах. Таке поєднання теоретичного фундаменту з практичними наробками дозволяє формувати більш об'єктивні та ефективні рекомендації щодо вибору та застосування LLM-моделей у різних контекстах.

На наш погляд, поряд з цим, заслуговує на інтерес більш-менш формалізований структурований огляд можливостей і характеристик на основі «власних думок» самих моделей ШІ — відносно себе і своїх «колег». Тобто мова йде про своєрідне інтерв'ю. Для такого експериментального огляду обрані популярні доступні чат-боти, орієнтовані на широкий круг користувачів і їх задачі, а також маючі мобільну версію, що створює зручну можливість для постійного користування. Зокрема, одержані оцінки характеристик моделей ChatGPT 3.5 + DALL-E, DeepSeek V3, Gemini 1.5, Claude 3 Sonnet за 5-бальною шкалою (1 — погано, або немає; 2 — слабо; 3 — середньо; 4 — добре; 5 — відмінно) та кількісні обмеження по деяким характеристикам. В таблиці 1 в

якості прикладу, наведені оцінки моделей (із самооцінкою) з боку ChatGPT і DeepSeek по заданим характеристикам-критеріям.

Таблиця 1. Оцінка моделей з боку Chat GPT і DeepSeek

Критерії	Оцінки ChatGPT				Оцінки DeepSeek			
	GPT	DeepSeek	Gemini	Claude	GPT	DeepSeek	Gemini	Claude
Ерудиція	4	4	5	4	4.5	4.7	4.3	4.6
Креативність	4	3.5	4.5	5	4.8	4,5	4	4.1
Загальна аналітика	3.5	4	4.5	5	4.2	4.6	4.1	4.8
Аналіз зображень	4	3	5	4.5	4.5	1	4.5	4
Генерація зображень	4	2	3	1	4.5	1	1	1
Робота з файлами	3	3.5	4.5	5	4	5	3.5	4.5
Робота з кодом	4	4.5	4	4	4.5	4.9	4.3	4.6
Контент	3	4	4	5	3	4	4	5
Галюцинації	3.5	3	3	4.5	3.5	4.2	3	4.5
Швидкість	5	4.5	4	3.5	5	4.5	4	3.8
Якість української мови	4	3.5	4.5	5	5	4.3	3.5	4

Дані, наведені в табл. 1, у поєднанні з відповідними даними аналогічних таблиць для оцінок моделей Gemini та Claude, формують комплексне уявлення про оціночні «судження» досліджуваних моделей у контексті визначених критеріїв. Підсумкові оцінки моделей, які враховують також їхні власні додаткові критерії, представлено в табл. 2.

Таблиця 2. Підсумкові оцінки моделей, які враховують їхні власні додаткові критерії

Модель	Складові оцінки з боку				Середня оцінка
	ChatGPT	DeepSeek	Gemini	Claude	
ChatGPT	3,9	4,3	2,9	3,5	3,65
DeepSeek	3,9	4,5	3,7	4,2	4,07
Gemini	4,3	3,8	4,8	4,0	4,22
Claude	4,5	4,4	4,3	4,3	4,37

Слід зазначити, що на тлі переважно близьких значень сумарних середніх оцінок простежується помітна тенденція до завищення власної оцінки можливостей у більшості моделей (за винятком ChatGPT). Так, середня оцінка

моделі DeepSeek, отримана від інших моделей, становить 3,93 бали, тоді як її самооцінка сягає 4.5 бали. Аналогічна ситуація спостерігається для моделі Gemini, де відповідні показники відповідно складають 4,33 та 4,8 бали.

Загальне уявлення, сформоване на основі даних таблиць 1 і 2, доповнюється конкретними проблемно-орієнтованими уточненнями запитів. У таблиці 3 наведено детальні дані щодо обмежень моделей за критеріями «Робота з файлами» та «Контент», надані ChatGPT.

Таблиця 3. Обмеження моделей III за критеріями «Робота з файлами» та «Контент»

Модель	Складові оцінки з боку			Контент токенів
	Типи файлів	Обсяг до	Аналіз	
ChatGPT	PDF, PNG, JPG, WEBP	20 MB	Аналіз зображень, інфографіки	4000 (2000 укр.слів)
DeepSeek	PDF, DOCX, TXT, CSV	5 MB	Аналіз змісту, пошук, резюме	16000 (8000 укр. слів)
Gemini	PDF, DOCX, TXT, JPG, PNG	20 MB	Аналіз змісту, пошук, вилучення тексту	32000 (16000 укр. слів)
Claude	PDF, DOCX, TXT, JPG, PNG, CSV	50 MB	Глибокий аналіз і пояснення змісту, таблиць, графіків, зображень	200 000 (100 000 укр. слів)

Загалом, кожна з розглянутих LLM–моделей загального призначення фокусується на роботі с текстами (природними і кодами) та зображеннями, в цій сфері має свої сильні і слабкі сторони, і вибір для конкретного застосування залежить від конкретних задач, вимог і обмежень. У цьому відношенні, поряд з іншими джерелами, дані з інтерв'ю моделей (і, зокрема, наведені дані) можуть бути корисними для старту процесу вибору — попереднього зважування критеріїв, деталізації і послідовного поглибленого уточнення. Для підвищення достовірності і укріплення довіри до результатів процесу доцільно співставлення даних, що декларують різні моделі.

Література

1. Choosing the right AI model for your task [online] — URL : <https://docs.github.com/en/copilot/using-github-copilot/ai-models/choosing-the-right-ai-model-for-your-task>

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У КОНТЕКСТІ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ФІЛОСОФСЬКИХ ЗОМБІ

Ляшко С. В.

*Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»,
м. Дніпро, Україна*

Artificial Intelligence in the Context of Solving the Problem of P-Zombies

Хоча загалом наш нинішній погляд на подальший розвиток технології штучного інтелекту не налаштовує на еволюційний чи етичний оптимізм – про що ще буде сказано, — повертаючись до вже зачепленої нами в іншому місці теми картезіанських роботів, не можемо не побачити й очевидної перспективи в появі штучної розумної істоти, а саме: пролиття світла на сучасну методологічну проблему філософських зомбі (англ. *philosophical zombie*, *p-zombie*). Додамо трохи попередніх роз'яснень.

Філософські зомбі в сьогоденному науково-філософському та методологічному дискурсі — це гіпотетичні істоти, які фізично цілком відповідні людям, але позбавлені «нематеріальної» свідомості, всіляких *qualia*. Історичними попередниками їхніми є гоббсівські епіфеноменальні люди й картезіанські автоматони, а розгорнутий диспут щодо природи їхнього внутрішнього життя можна знайти вже у Дж. Локка. Р-зомбі подаються деякими аналітичними філософами як теоретичний доказ існування в світі чогось нефізичного (читай – розумної душі), а відповідно, і заперечення фізикалістичного концепту (сучасного матеріалізму) [1, 3].

Уникаючи подальшого опису як самого аргументу, так і його термінологічних членів, звернемося до нашої основної тези. На нашу думку, саме технологія ШІ вперше дає людству перспективу практичної перевірки зазначеного аргументу. Доки люди не дійшли до того рівня біохімічної маніпуляції, що дозволяла би створювати нових біологічних істот без попереднього органічного матеріалу безпосередньо з неорганічних речовин, ми мали би зосередитися на можливостях істот цифрових, які вже стрімко розвиваються.

Коротко кажучи, якщо в майбутньому людству вдасться створити роботизований аналог людини, який не просто буде як завгодно складно й органічно реагувати на зовнішні подразники у внутрішній цілковитій тиші та темряві (*silent and dark within*) [1, с. 74], а матиме реальні *qualia*, тоді можна буде вважати питання фізикалізму вирішеним.

Дійсно: це доведе відсутність необхідності існування у природі чогось нефізичного («нематеріального») й слугуватиме новою опорою як фізикалізму зокрема, так і методологічному науковому світоглядові в цілому; це доведе матеріальність самих *qualia* (або, точніше, того, що в них фактично є фізичний

еквівалент) й, певно, назавжди позбавить аргументації погляд на розум як на «світло Боже» (Декарт), тобто зробить його необґрунтованим.

Наразі, в 2025, це лише перспектива, оскільки розроблений нещодавно ChatGPT на питання чи є у нього свідомість і чи може він ображатися, справедливо відповідає, що він як суто математичний код і «складний калькулятор» позбавлений як свідомости, так і справжньої суб'єктности; що він не існує (працює) поза запитам зовнішнього користувача. Тож, як би кумедно це не звучало, штучному інтелектові обдаровані геймери змогли створити ігровий аналог з червоних блоків у Minecraft'i, досить старій програмі, яка передбачає елемент заданої творчости та генератор псевдовипадкових чисел.

Але обнадійливими є останні новини технологій, з яких відомо про представлення прототипу так званих аналогових чипів, що працюють подібно до людського мозку [2], і, на відміну від цифрових, не лише враховують звичні нулі й одиниці, а й мають «резистори пам'яті», що можуть зберігати певний діапазон чисел, значно полегшуючи та розширюючи роботу комп'ютера за рахунок того самого фізичного об'єму.

Самий факт створення чипа, який уподібнений до людського мозку, позбавляє наше єство чималої частки божественного, якщо можна так висловитися: рукотворна машина ще більше уподібнилася до свого творця, навіть конкуруючи з ним в окремих галузях. А отже, незабаром ми могли би стати свідками патентування неорганічних аналогів нейронів і зв'язків між ними, тобто – штучної нервової системи. У будь-якому разі симбіоз різноманітних чипів і людського мозку вже представлений науковій спільноті та робить прорив у медицині, дозволяючи паралітикам ходити та керувати системами розумного дому силою думки.

Якщо ж відтворена електромеханічно нервова система людини (йдеться, звісно ж, про ідеально-довершений її варіант, а не перші кроки) призведе чи не призведе до виникнення у машини справжньої свідомости, тобто суб'єктивного відображення об'єктивного світу, тоді ми матимемо надійний емпіричний доказ чи заперечення аргументу філософських зомбі, оскільки поки єдиним вартим контраргументом проти нього є саме те, що цілком аналогічна фізично людині істота матиме ті самі відчуття, а отже аргумент втрачає сенс.

Література

1. Леонов А. (2016) Роберт Кірк — засновник філософських зомбі, *Філософська думка*, № 2, с. 71–77. URL : http://nbuv.gov.ua/UJRN/Philos_2016_2_10.
2. Мак-Каллум Ш., Валланс К. (2023) IBM представила прототип чипа, який працює як людський мозок [online], *BBC News*. URL : <https://www.bbc.com/ukrainian/news-66533984>.
3. Синиця А. С. (2013) Філософські зомбі: логіко-когнітивна інтерпретація, *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія: Теорія культури і філософія науки*, № 1029(2), вип. 48, с. 59–65. URL : [http://nbuv.gov.ua/UJRN/VKhITK_2013_1029_48\(2\)__9](http://nbuv.gov.ua/UJRN/VKhITK_2013_1029_48(2)__9).

РОЗРОБЛЕННЯ АІ-НОТАТНИКА ДЛЯ ГОЛОСОВОГО ФІКСУВАННЯ ДУМОК, СТРУКТУРОВАНИХ НОТАТОК І ЗАДАЧ ІЗ АНАЛІТИКОЮ

Мельничук Р. В., Костіков М. П.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: romannmelnychuk@gmail.com

Development of AI-Notebook for Voice Recording of Opinions, Structured Notes and Tasks with Built-in Analytics

This paper presents the concept of an AI-powered note-taking desktop application for voice-based capture of thoughts, followed by summarization, classification, and analytics. By leveraging Whisper ASR and GPT technologies, the system automatically generates structured notes and tasks. The solution is particularly valuable for IT teams, enabling fast recording of ideas, technical feedback, and internal communication.

Сучасна динаміка роботи потребує швидкого фіксування думок у цифровому вигляді. Голосовий ввід утричі швидший за машинопис [1], а точність новітніх ASR-систем наближається до людської [2], що робить голосові інтерфейси зручними й ефективними. У цьому контексті актуальними стають АІ-нотатники, як-от Voicenotes [5], що поєднують диктування з аналітикою. Розробка такого додатку відповідає потребам користувачів у збереженні ідей і підтримці інновацій.

Мета роботи — створення десктопного застосунку, що за допомогою штучного інтелекту дозволяє голосом фіксувати думки, автоматично формувати структуровані нотатки і задачі та аналізувати активність користувача.

Архітектура АІ-нотатника побудована за модульним принципом. Застосунок реалізовано на платформі Electron, що забезпечує крос-платформність і дає змогу використовувати веб-технології для створення десктопного додатка. Інтерфейс побудовано на React, що надає гнучкість і модульність. Electron інтегрується з Node.js, що забезпечує доступ до мікрофона, файлової системи та виконання фонових задач.

Для розпізнавання мовлення застосовується модель Whisper від OpenAI — потужна ASR-система, натренована на сотнях тисяч годин даних. Вона демонструє високу точність, зокрема для української мови, і добре працює в умовах шуму [2, 4]. Whisper інтегровано у додаток як модуль, що перетворює аудіо в текст у режимі реального часу.

Далі текст передається у модуль обробки природної мови на основі GPT-3.5 (ChatGPT), який виконує стислу генерацію змісту нотатки та визначає її тип (ідея, задача, рефлексія тощо). GPT використовує zero-shot підхід і не потребує попереднього навчання, досягаючи точності, порівнянної зі спеціалізованими моделями.

Оброблена інформація зберігається у локальній базі даних SQLite, яка дозволяє організувати ефективне сховище нотаток, задач і статистики. Весь процес — від натискання гарячої клавіші до відображення структурованої нотатки в інтерфейсі — реалізується автоматично. Завдяки відкритим AI-API та доступним моделям, реалізація такого прототипу стала можливою у короткі терміни [5].

Аналітичний модуль формує графіки активності, розподіл за типами думок, хмару слів і тижневі дайджести. Це дає змогу користувачу краще розуміти власну продуктивність і тематику зафіксованих думок. Аналітика підсилює інформативність нотаток і може бути цінним інструментом у роботі команд, подібно до рішень типу Notion AI.

AI-нотатник має високу прикладну цінність для бізнесу, оскільки дає змогу швидко фіксувати робочі ідеї, задачі та фідбек голосом без відриву від основної діяльності. Це особливо корисно під час нарад, брейнштормів або дзвінків, коли важливо не втратити зміст обговорення. Замість ручного запису користувач просто диктує, а система зберігає суть у структурованому вигляді.

Автоматичне узагальнення та класифікація дозволяють швидко переглядати зміст думок і приймати рішення без потреби опрацьовувати довгі транскрипти. Інструменти аналітики показують динаміку активності, співвідношення типів нотаток та ключові теми. Це допомагає командам оцінити навантаження, продуктивність і фокус обговорень.

Таким чином, AI-нотатник перетворює голосові думки на цінний інформаційний ресурс, підвищує прозорість комунікації та сприяє впровадженню ефективного знаннявого менеджменту.

Застосування великої мовної моделі (LLM), зокрема GPT-4, є ключовою інновацією AI-нотатника. Вона відповідає за генерацію підсумків і автоматичну класифікацію думок за змістом. GPT працює у zero-shot режимі — без додаткового навчання, завдяки чому здатна розпізнавати контекст і точно відносити нотатку до категорій (ідея, задача, нагадування тощо). Дослідження підтверджують, що GPT-3/4 не поступаються спеціалізованим моделям у задачах класифікації.

Додаток підтримує офлайн-режим: якщо немає інтернету, користувач все одно може створювати й зберігати нотатки. Після відновлення мережі накопичені записи обробляються AI-моделлю автоматично. Серед інших технічних нюансів — затримка відповіді LLM (до кількох секунд) та потреба у захисті даних, що надсилаються до API. Для автономної роботи можливе розгортання локальної LLM, проте це вимагає значних апаратних ресурсів.

Таким чином, GPT не лише автоматизує класифікацію, а й забезпечує «розуміння» змісту, що робить нотатник інтелектуальним інструментом для повсякденного використання.

Перелік використаних технологій:

- Electron 23.xx — платформа для розробки крос-платформних настільних додатків (JavaScript, HTML, CSS).
- React 18.xx — бібліотека для побудови користувацького інтерфейсу.

- Node.js 18.xx — серверна платформа (вбудована в Electron) для виконання фонових скриптів, виклику API та роботи з файловою системою.
- Whisper ASR (OpenAI, 2022) — модель автоматичного розпізнавання мовлення (Large-V2) для транскрибування голосу в текст[4].
- OpenAI GPT-3.5 — велика мовна модель (через API) для генерації текстових підсумків та класифікації нотаток[4].
- SQLite 3 — вбудована реляційна база даних для збереження нотаток і супутньої інформації локально.
- D3.js / Chart.js — бібліотеки для побудови графіків і діаграм в модулі аналітики.
- Electron Forge / Electron Builder — інструменти для пакетування застосунку під Windows, macOS, Linux.

Розроблений AI-нотатник демонструє ефективність поєднання ASR та генеративного ІІ для швидкої фіксації думок і задач голосом. За кілька секунд користувач отримує структуровану нотатку з автоматичним підсумком і категорією. Вбудована аналітика допомагає зрозуміти продуктивність, тематику записів та динаміку активності.

Система знижує бар'єр між ідеєю та її документуванням, що сприяє збереженню важливої інформації, своєчасному виконанню задач і впорядкуванню знань.

Подальший розвиток проєкту передбачає інтеграцію з календарями й трекерами задач, а також створення AI-помічника для пріоритизації та планування. У планах — мобільна версія й веб-розширення, що розширюють зручність використання.

Таким чином, AI-нотатник — це універсальне рішення для особистої продуктивності та командної роботи в бізнес-середовищі.

Література

1. Ruan S. et al. (2016) *Speech Is 3x Faster than Typing for English and Mandarin Text Entry on Mobile Devices*: arXiv preprint. URL : arXiv:1608.07323.
2. Radford A. et al. (2022) *Robust Speech Recognition via Large-Scale Weak Supervision*: arXiv preprint. URL : arXiv:2212.04356, 2022.
3. Brown T. et al. (2020) Language Models are Few-Shot Learners, *Advances in Neural Information Processing Systems*, 33 (NeurIPS 2020), 1877–1901.
4. OpenAI. (2023) *GPT-4 Technical Report*: arXiv preprint. URL : arXiv:2303.08774.
5. Voicenotes (2025) *Voicenotes – AI Notes and Meetings*. [online]. URL : <https://voicenotes.com>.
6. Notion Help Center (2023) *Notion – AI Meeting Notes (beta). How Notion processes and stores captured audio* [online]. URL : <https://www.notion.com/help/ai-meeting-notes>.

ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ДАНИХ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Миськів С. Б., Вітер М. Б.

Національний транспортний університет, Київ, Україна

E-mail: sergii.myskiv@gmail.com

Use of Neural Networks for Modeling and Forecasting Electricity Consumption Data

Over the past decade, the use of neural networks has become an integral part of data modeling and forecasting in various industries. The paper analyzes modern approaches to modeling and forecasting electricity consumption data using neural networks, indicating their main advantages and disadvantages.

Нейронні мережі — це потужний інструмент у сучасному аналізі даних, що пропонує розширені можливості для моделювання та прогнозування складних закономірностей. Їхнє застосування в аналізі даних споживання електроенергії сприяє підвищенню ефективності споживання, забезпечує точніше прогнозування попиту та управління інтелектуальними мережами. Хоча ця галузь демонструє великий потенціал, вона все ще перебуває на ранніх стадіях розробки та дослідження.

Аналіз даних споживання електроенергії за своєю суттю є аналізом часових рядів. Часові ряди (англ. time series) — це ряд значень величини, отриманих у послідовні моменти часу, часто з рівними інтервалами між ними. У випадку даних споживання такими рядами є дані про обсяг споживання, зафіксовані з певною періодичністю: погодинно, щоденно, щомісячно чи щорічно.

За останнє десятиліття використання нейронних мереж стало важливою складовою в технологіях прогнозування енергоспоживання. Рекурентні нейронні мережі (RNN), зокрема LSTM (Long Short-Term Memory) та GRU (Gated Recurrent Units), здатні моделювати залежності у часових рядах значно ефективніше, ніж традиційні методи (ARIMA, SARIMA). Використання нейронних мереж (зокрема LSTM) надає можливість враховувати довготривалі залежності між різними факторами споживання, такими як: температура повітря, вологість, сезонність, скачки напруг та навіть блекауту.

Дослідження Global energy forecasting competition (2020–2023) [1] із Університету Північної Кароліни (США) демонструють, що використання LSTM може значно покращити якість короткострокового прогнозування за рахунок здатності «запам'ятовувати» попередні значення часового ряду, що пов'язане з відповідною архітектурою LSTM комірки (Рис. 1.).

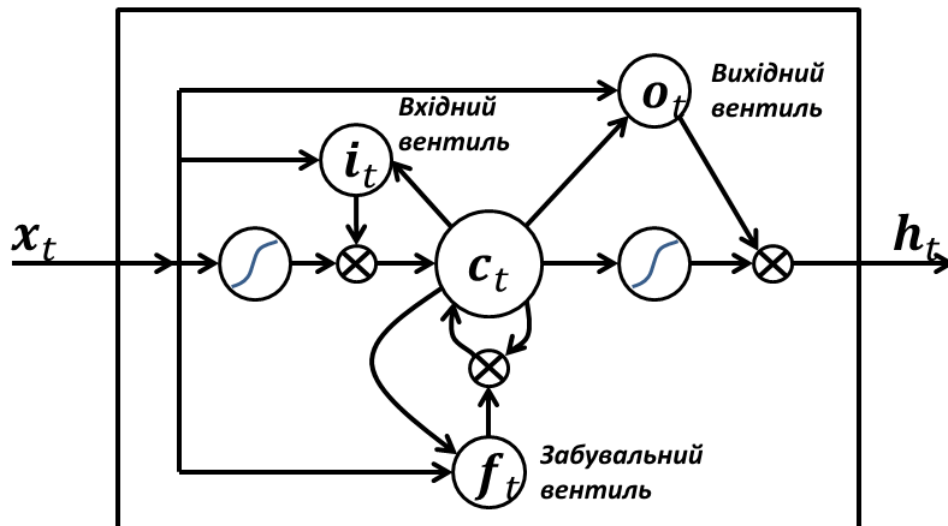


Рис. 1. Архітектура LSTM комірки, що здатна запам'ятовувати попередні значення

Також такі новітні підходи, як градієнтний бустинг, описані зокрема у роботах Breiman та Friedman (2019) [2] з Університету Каліфорнії, Берклі), дозволяють працювати з неповними даними та забезпечувати високу точність прогнозу, що є надзвичайно актуальними для України. Основною проблемою сучасних моделей залишається їх інтерпретованість — здатність зрозуміти та пояснити, чому модель прийняла саме таке рішення або здійснила сама це передбачення. Багато сучасних методів (градієнтний бустинг, глибокі нейронні мережі) працюють за методом «чорної скриньки», що ускладнює довіру до їх результатів і прийняття рішень на їх основі, і одночасно обмежує практичне застосування результатів прогнозування у виробничих системах.

Дослідження, проведені Haben S., Singleton C., Grindrod P. (2019) [3] з Оксфордського університету, показали, що використання методів глибокого навчання дозволяє знизити помилку прогнозу на 12-25% порівняно з традиційними підходами.

Особливе місце серед методів машинного навчання займають згорткові нейронні мережі (CNN), які показали високу ефективність при роботі з даними, що мають просторово-часову структуру. Інноваційний підхід до прогнозування споживання електроенергії з використанням CNN для виявлення просторових патернів у даних з розумних лічильників є особливо ефективний для прогнозування споживання на рівні мікрорайонів та навіть окремих будівель.

Література

1. Hong T., Pinson P., Fan S. (2020) Global energy forecasting competition 2014. *International Journal of Forecasting*, 36(3):820–838.
2. Breiman L., Friedman J. H. (2019) Predicting multivariate responses in multiple linear regression. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B*, 59(1):3–54.
3. Haben S., Singleton C., Grindrod P. (2019) *Analysis and clustering of residential customers energy behavioral demand using smart meter data*, 10(3):597–619.

ЕТИЧНІ ВИКЛИКИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ: ЧИ МОЖЕ НЕЙРОМЕРЕЖА БУТИ УПЕРЕДЖЕНОЮ?

Моторна Є. О., Грибков С. В.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: lizamotorna2004@gmail.com

Ethical Challenges of Artificial Intelligence: Can a Neural Network be Biased?

This paper explores the ethical risks associated with bias in artificial intelligence, particularly in neural networks. It examines how training data, design decisions, and algorithmic opacity contribute to discrimination in AI outputs. The paper reviews mitigation strategies and emphasizes the importance of transparency, inclusiveness, and accountability in AI development.

Штучний інтелект (ШІ), зокрема його підгалузь, що спирається на нейронні мережі, набуває дедалі більшої інтеграції в різні аспекти повсякденного життя сучасного суспільства, проникаючи в численні сфери людської діяльності. Ця технологія охоплює широкий спектр застосувань: від систем рекомендацій, які формують персоналізований контент на медіа-платформах, до пошукових механізмів, що оптимізують доступ до інформації, а також автоматизованих систем прийняття рішень, які відіграють ключову роль у таких критично важливих галузях, як банківська справа, медицина та юриспруденція. Таке масштабне впровадження ШІ у повсякденну практику не лише демонструє його технологічний потенціал, але й підкреслює необхідність глибокого критичного переосмислення його впливу на соціальні структури. Особливої уваги в цьому контексті набувають етичні аспекти, які стають невід'ємною частиною дискусій про майбутнє ШІ. Одним із найбільш актуальних і широко обговорюваних викликів є проблема упередженості, що проявляється як властивість алгоритмічних систем не лише відтворювати, а й у деяких випадках посилювати наявні соціальні нерівності, створюючи нові виклики для забезпечення справедливості та рівності в суспільстві. Упередженість у ШІ виникає в ситуаціях, коли алгоритмічна модель продукує результати, які є несправедливими або мають дискримінаційний характер стосовно певних демографічних груп, що може призводити до систематичного виключення або неадекватного представлення їхніх інтересів. Аналогічно, у системах прогнозування ризику злочинності алгоритми можуть демонструвати схильність до частішого позначення представників расових меншин, зокрема темношкірих осіб, як «ризикових», спираючись на історичні дані, які вже містять упередженість через системні нерівності в суспільстві. Такі явища не лише підривають довіру до технологій ШІ серед користувачів і суспільства загалом, але й створюють реальні загрози для дотримання прав людини, сприяючи посиленню дискримінації та маргіналізації вразливих груп.

Основним джерелом упередженості в системах ШІ є навчальні дані, які слугують фундаментом для функціонування алгоритмів. Якщо ці дані не є

достатньо збалансованими чи репрезентативними, модель неминуче засвоює і відтворює патерни, які можуть бути несправедливими або дискримінаційними за своєю природою. Більшість сучасних нейронних мереж базуються на історичних даних, які, за своєю суттю, відображають соціальні, гендерні, расові та економічні нерівності, що існували в минулому і продовжують впливати на сучасність. У такому разі модель не генерує нові упередження самостійно, а радше підсилює ті, що вже присутні в суспільстві, трансформуючи їх у автоматизовані рішення, які сприймаються як об'єктивні. Наприклад, у системах автоматизованого відбору кандидатів на роботу, якщо історичні дані демонструють перевагу певних демографічних груп, модель може продовжувати надавати пріоритет цим групам, ігноруючи кваліфікації інших претендентів, що призводить до замкненого кола, де упередженість відтворюється і посилюється з кожним новим циклом навчання. Таким чином, якість і структура навчальних даних стають визначальними факторами, які впливають на етичність результатів роботи ШІ.

Другим аспектом, що сприяє появі упередженості, є архітектура моделі та її гіперпараметри, які визначають логіку функціонування алгоритму. Навіть за умови використання збалансованих даних, неправильний вибір ваг, метрик оптимізації чи способу формування тестових вибірок може призвести до несправедливих результатів, які не відповідають принципам етичного застосування технологій. Якщо модель оптимізується з використанням метрик, що не враховують демографічну паритетність, вона може бути налаштована на користь більшості, ігноруючи потреби менш представлених груп, що посилює нерівність у результатах. Крім того, складність сучасних нейронних мереж, особливо тих, що належать до категорії глибоких архітектур, породжує проблему «чорної скрині», коли внутрішні механізми прийняття рішень стають непрозорими навіть для розробників. Така непрозорість ускладнює інтерпретацію моделей і перешкоджає розумінню причин, що лежать в основі конкретних рішень, що, у свою чергу, робить виявлення та корекцію упереджених патернів значно складнішим завданням. Цей аспект підкреслює необхідність розробки нових методів і підходів, які б дозволили підвищити прозорість і контрольованість ШІ. Для ефективного розв'язання цих проблем необхідно впроваджувати комплексні стратегії, які б охоплювали як технічні, так і соціальні аспекти функціонування ШІ. Одним із ключових напрямів є використання збалансованих і репрезентативних наборів даних, які б адекватно відображали різноманітність суспільства і мінімізували ризик відтворення історичних нерівностей. Водночас розробка нових методів навчання, що враховують етичні принципи, може сприяти створенню моделей, які будуть більш справедливими у своїх прогнозах і рішеннях. Підвищення прозорості моделей ШІ також відіграє важливу роль: наприклад, застосування методів інтерпретації, таких як пояснювальний ШІ (Explainable AI), дозволяє краще зрозуміти логіку роботи алгоритмів і виявити потенційні джерела упередженості. Крім того, залучення до процесу розробки різноманітних команд, які представляють різні соціальні перспективи, може допомогти врахувати ширший спектр етичних питань і уникнути однобокого підходу до

створення технологій. Врешті-решт, подолання проблеми упередженості в ШІ вимагає не лише технологічних інновацій, але й глибокого осмислення соціальних контекстів, у яких ці системи застосовуються, що робить це завдання міждисциплінарним і багатогранним. У дослідженні проаналізовано публікації з IEEE, ACM, досвід Algorithmic Justice League (AJL), документи AI Act від Єврокомісії та випадки використання генеративних моделей (GPT, DALL·E, Midjourney). Для аналізу етичних підходів були розглянуті концепції fairness-aware learning, data debiasing, adversarial testing, explainable AI (XAI).

Результати аналізу свідчать, що нейронні мережі схильні до відтворення упередженості навіть у випадках, коли дані здаються «нейтральними». Це зумовлено тим, що поняття нейтральності в даних часто є ілюзією — будь-яка вибірка має сліди культурних, політичних і економічних контекстів. Наприклад, великі мовні моделі можуть генерувати тексти, в яких чоловіки частіше фігурують у ролі лідерів, жінки — у контексті сім'ї або емоцій, а представники етнічних меншин — у кримінальному або негативному світлі. Навіть візуальні моделі, такі як DALL·E, мають тенденцію генерувати зображення CEO, лікарів, інженерів у переважній більшості як білих чоловіків, що підтверджує глибоку структурну упередженість у навчальних даних. З технічного боку, ефективними підходами до мінімізації упередженості виявилися: попередня обробка даних (балансування, нормалізація, фільтрація); регуляризація та модифікація функцій втрат з урахуванням fairness-метрик; генерація синтетичних прикладів для недостатньо представлених груп; аудит результатів із залученням міждисциплінарних команд; на політичному рівні важливими є зусилля з регулювання: ЄС впроваджує AI Act, який встановлює обов'язкові вимоги щодо прозорості, оцінки ризиків і недопущення дискримінації в алгоритмах. Упередженість у системах ШІ є складною системною проблемою, яка вимагає інтегрованого, міждисциплінарного підходу, що об'єднує знання з технологій, етики, соціології та права. Це зумовлено тим, що упередженість у ШІ не є суто технічним викликом, а радше соціально-технічним феноменом, який виникає на перетині алгоритмічних рішень і суспільних цінностей. Неможливо покладатися виключно на технічні засоби для її подолання, оскільки навіть найдосконаліша з технологічної точки зору модель може спричинити несправедливість, якщо не враховувати контексту її застосування та соціальних наслідків. У цьому сенсі етичний ШІ має бути не лише ефективним, але й прозорим, інтерпретованим і відповідальним. Прозорість передбачає, що користувачі та розробники можуть бачити, як і чому модель приймає певні рішення, що є критичним для забезпечення довіри до технологій. Інтерпретованість дозволяє розкрити внутрішні механізми роботи моделі, роблячи її рішення зрозумілими для людей, що особливо важливо у випадках, коли ці рішення впливають на життя людей. Відповідальність, у свою чергу, означає, що розробники та організації, які впроваджують ШІ, несуть зобов'язання за наслідки його застосування, що вимагає створення чітких рамок для оцінки та контролю.

Важливо не лише уникати упередженості, а й активно працювати над створенням моделей, які підтримують інклюзію, різноманітність та соціальну

справедливість. Це означає, що ШІ має бути розроблений таким чином, щоб сприяти рівності та забезпечувати справедливе представлення всіх груп суспільства, а не посилювати існуючі нерівності. Для досягнення цієї мети необхідно впроваджувати стандарти етичної оцінки моделей, які б дозволяли систематично перевіряти їх на наявність упередженості та інших етичних проблем. Такі стандарти мають бути розроблені на основі широкого консенсусу між технологами, етиками, соціологами та представниками громадськості, щоб забезпечити їхню всебічність і об'єктивність. Впровадження аудиту даних є ще одним критичним кроком, який передбачає ретельний аналіз навчальних наборів даних на предмет їхньої репрезентативності та збалансованості. Аудит має виявляти потенційні джерела упередженості, такі як недостатнє представлення певних груп або історичні нерівності, і пропонувати способи їх корекції, наприклад, через збагачення даних або застосування методів зважування. Забезпечення участі користувачів з різних соціальних груп у процесі навчання й перевірки моделей є ще одним важливим аспектом. Це дозволяє врахувати різноманітні перспективи та потреби, що сприяє створенню більш справедливих і інклюзивних систем. Такий підхід не лише підвищує якість моделей, але й сприяє їхній соціальній легітимності, оскільки користувачі відчувають, що їхні інтереси враховані. Крім того, важливо залучати до процесу розробки команд, які самі є різноманітними, що допомагає уникнути однобокого бачення проблем і рішень. Тільки через таку комплексну стратегію можна гарантувати, що нейронні мережі не будуть репродукувати дискримінацію, а навпаки — стануть інструментом соціального прогресу, сприяючи створенню більш справедливого та рівноправного суспільства.

У контексті глобальних викликів, пов'язаних із розвитком ШІ, необхідно звернути увагу і на правові аспекти. Розроблення і впровадження законодавчих рамок регулювання етичного використання ШІ критично важливі для відповідальності розробників і організацій. Вони мають включати чіткі вимоги до прозорості, інтерпретованості та відповідальності, механізми для моніторингу і контролю за дотриманням етичних стандартів. Важливо сприяти і міжнародній співпраці у цій сфері, щоб забезпечити узгодженість підходів і уникнути фрагментації регулювання, що може ускладнити розвиток технологій.

Подолання упередженості в ШІ вимагає не лише технологічних інновацій, а і глибокого переосмислення соціальних цінностей і норм. Це завдання міждисциплінарне і потребує залучення широкого кола експертів та активної участі громадськості. Лише через спільні зусилля можна створити ШІ, який буде служити на благо всього суспільства, а не лише окремих груп.

Література

1. Buolamwini J., Gebru T. (2018) Intersectional Accuracy Disparities, *Proc. of the 1st Conf. on Fairness, Accountability and Transparency*, PMLR 81:77–91.
2. Council of Europe (2025) *Common ethical challenges in AI*. [online] URL : <https://www.coe.int/en/web/human-rights-and-biomedicine/common-ethical-challenges-in-ai>.

ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ АНАЛІЗУ ВЕЛИКИХ МАСИВІВ НАУКОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Мрозакевич Р. Р., Гавриленко В. В.

E-mail: mrozakevych@gmail.com

Application of Artificial Intelligence to Analyze Large Amounts of Scientific Information

Today junior scientists face the problem of finding a journal for scientific publication. A large number of journals and databases of scientific information do not yet have developed intelligent search systems. The development of plugins with specific functions can be a solution to this problem. Such a plugin can be browser-based.

Актуальність теми полягає у забезпеченні потреб молодих науковців з пошуку відповідних журналів для публікацій за результатами наукових досліджень в умовах обмеженого часу підготовки до захисту. Пошук оптимального наукового журналу передбачає обробку великих масивів інформації з різноманітних баз даних та специфічних електронних ресурсів.

Під час пошуку наукового журналу враховуються декілька ключових факторів, які можуть бути реалізовані, наприклад, за системою пізнання чат-ботів [1]. Тобто, за допомогою запитів, сформованих до чат-ботів (ChatGPT, Copilot, Gemini та інші) природною мовою користувача, можна задати питання щодо пошуку журналу за тематикою й сферою дослідження, рейтингу видання, його індексування у базах даних та провідними бібліотеками світу, щодо доступності для читача, термінів публікації та процесу рецензування. Для пошуку журналу можна скористатися такими ресурсами, як Journal Finder (Elsevier), Springer Journal Suggester, Scimago Journal Rank. Подібні ресурси дозволяють фільтрувати журнали за встановленими критеріями та здійснювати пошук за ключовими словами, однак не використовують інтелектуальну обробку інформації за допомогою ШІ.

У зв'язку із зазначеним виникає потреба у створенні плагіну, який при інтеграції до браузеру дозволить здійснювати пошук та обробку джерел періодичної наукової інформації із задіянням інструментів ШІ. Наприклад, з використанням чат-ботів. А безпосередньо такий плагін може виступати як онлайн-помічник для цілеспрямованого пошуку [2]. Зазначений плагін можна побудувати, систематизуючи вимоги до основних завдань пошуку. Відповідно цього визначається функціонал плагіну: аналіз рівня цитування видання, формування вибірки робіт за зазначеними ключовими словами та інше.

Розробка плагіна може здійснюватися з використанням різних мов програмування. Наприклад, Python підходить для наукового аналізу завдяки бібліотекам NLTK, SpaCy, Scikit-learn. Для інтеграції у вебдодатки та використання як розширення у браузерах варто застосовувати JavaScript. Якщо

передбачається робота з великими масивами інформації з аналітичною складовою, то краще використовувати Java.

Безпосередньо для доступу до наукової інформації можна використовувати CrossRef API. Це дозволяє знаходити вже відомі наукові роботи за DOI, а далі будувати інтелектуальний механізм пошуку на основі ІІІ за напрямком визначеної роботи. При роботі з базою Scopus можна залучити Elsevier API. У цьому випадку механізм пошуку будується саме за Scopus із сортуванням видань за квантилями. Для відбору та аналізу видань можна використовувати вже існуючі моделі ІІІ. Розробка власної моделі буде доцільною у разі застосування унікальних параметрів аналізу.

Існує низка готових бібліотек та моделей, які можуть ефективно вирішувати завдання аналізу за ключовими словами, анотацією, чи текстом статті. Наприклад, моделі BERT, GPT, RoBERTa добре зарекомендували себе у обробці природної мови. Для вирішення завдань текстової аналітики можна використати бібліотеки SpaCy або NLTK. У деяких випадках для спрощення розробки можна використати готові інструменти CrossRef API або Semantic Scholar API, які призначені для роботи з науковими текстами.

У описаному підході до створення плагіну з пошуку найбільш відповідного журналу для публікації безпосередньо алгоритми аналізу тексту можуть базуватися на стемінгу, тобто, обробці слів шляхом скорочення до основи та порівняння з ключовими словами. Хоча обробку текстів можна побудувати ширше — з використанням міри TF-IDF або LDA для визначення ключових виразів та професійних термінів. Це дозволить звужити пошук з акцентом на тезаурус конкретної спеціальності. Отриманий результат порівняння та вибору журналів можна виводити безпосередньо у вікні браузера або у спливаючому вікні плагіну з наступним переходом до сайтів обраних журналів через гіперпосилання.

В цілому можна зазначити, що створення такого плагіну для обробки великих масивів інформації з метою пошуку оптимального наукового журналу для публікації статті може значно покращити процес вибору фахового видання для представлення своєї наукової розробки. Це дозволить оптимізувати час науковця, систематизувати роботу з пошуку інформації, а також автоматизувати пошук за ключовими виразами, професійними термінами, тематикою роботи.

Література

1. Rech A., Goltsev Y., Samusik N., Li H., Nolan G. P., June C. H., Jhala A. (2024) Mapping Path Forward for Using the Generative AI for Comprehension of Prognostic Genesets Implicated in Hematologic Malignancies. *Blood*, 144, 7521. <https://doi.org/10.1182/blood-2024-211865>.
2. Kryazhych O., Ivanov I., Isak L., Babak O. (2025) Development of an approach to chat-bot personalization with generative artificial intelligence when realize an online assistant. *Technology Audit and Production Reserves*, 3 (2 (83)), 12–19. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2025.326914>.

ЕФЕКТИВНІ АГЕНТИ НА ОСНОВІ ШІ

Паламар Р. В., Грибков С. В.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: veiaq.work@gmail.com

Effective AI Agents

The paper explores when agents are appropriate, their key components such as prompt chaining and orchestration, and how they differ from simple LLM calls. Practical recommendations for building efficient agent architectures are also provided.

Агентні системи, що базуються на використанні великих мовних моделей (LLM), представляють собою інноваційний підхід до вирішення складних завдань, який суттєво відрізняється від традиційних методів організації робочих процесів. Ці системи вирізняються здатністю автономно виконувати завдання, що потребують високого рівня адаптивності, інтелектуального аналізу та гнучкості у виборі стратегій. На відміну від класичних алгоритмічних підходів, які зазвичай спираються на чітко визначені послідовності дій і обмежені рамки функціональності, агенти на основі великих мовних моделей демонструють унікальну здатність самостійно оцінювати ситуацію, визначати оптимальні інструменти для виконання завдань і розробляти плани дій, що враховують специфіку конкретного контексту. Така автономність дозволяє агентним системам ефективно адаптуватися до змінних умов, що є особливо цінним у динамічних середовищах, де вимоги можуть змінюватися непередбачувано.

Основною перевагою агентних систем є їхня здатність до самокерованої поведінки, яка ґрунтується на інтеграції великих мовних моделей із механізмами прийняття рішень. Ці моделі, треновані на величезних масивах текстових даних, здатні обробляти складні запити, аналізувати різноманітні джерела інформації та генерувати відповіді, які враховують як семантичні, так і контекстуальні особливості завдання. Завдяки цьому агенти можуть не лише виконувати заздалегідь запрограмовані дії, але й самостійно визначати оптимальний набір інструментів, необхідних для досягнення мети. Наприклад, у процесі вирішення завдання агент може оцінити доступні ресурси, обрати відповідні програмні бібліотеки чи API, а також адаптувати свій підхід у разі виникнення нових умов або обмежень. Така гнучкість робить агентні системи незамінними у сферах, де потрібна швидка реакція на зміни, таких як автоматизація бізнес-процесів, управління проєктами чи аналіз даних у реальному часі.

Ще однією ключовою особливістю агентних систем є їхня здатність до планування складних послідовностей дій. На відміну від традиційних робочих процесів, які часто базуються на лінійних алгоритмах із фіксованою логікою, агенти можуть створювати багатоступеневі плани, що враховують як поточний

стан завдання, так і потенційні майбутні сценарії. Цей процес планування включає оцінку альтернативних шляхів вирішення проблеми, аналіз ризиків і прогнозування можливих результатів, що дозволяє агентам обирати найбільш ефективний підхід. Така здатність до стратегічного мислення робить агентні системи особливо цінними для вирішення завдань, що вимагають високого рівня абстракції, наприклад, у сферах штучного інтелекту, спрямованих на автоматизацію складних аналітичних процесів або підтримку прийняття рішень у неструктурованих середовищах.

Адаптивність агентних систем до змінних умов є ще одним важливим аспектом їхньої функціональності. Завдяки вбудованим механізмам самонавчання та аналізу контексту, агенти здатні динамічно реагувати на нові виклики, коригуючи свої дії відповідно до змін у зовнішньому середовищі. Наприклад, у разі виникнення несподіваних перешкод або зміни вхідних даних агент може переглянути свій план дій, обрати альтернативні інструменти чи навіть змінити стратегію виконання завдання. Така адаптивність забезпечується не лише потужними обчислювальними можливостями великих мовних моделей, але й інтеграцією з додатковими технологіями, такими як системи управління знаннями чи інструменти для аналізу даних, що дозволяють агентам отримувати актуальну інформацію та використовувати її для прийняття обґрунтованих рішень.

У порівнянні з традиційними робочими процесами, які часто обмежені статичними алгоритмами та потребують значних зусиль для модифікації, агентні системи пропонують значно вищий рівень автономності та гнучкості. Вони здатні не лише виконувати заздалегідь визначені завдання, але й самостійно визначати оптимальні шляхи їх реалізації, що робить їх універсальним інструментом для вирішення широкого спектра проблем. Наприклад, у сфері автоматизації бізнес-процесів агенти можуть самостійно аналізувати запити клієнтів, обирати відповідні інструменти для їх обробки та генерувати персоналізовані рішення, що значно підвищує ефективність роботи. У наукових дослідженнях такі системи можуть використовуватися для автоматизації аналізу великих обсягів даних, дозволяючи дослідникам зосередитися на інтерпретації результатів, а не на рутинній обробці інформації.

Таким чином, агентні системи на основі великих мовних моделей відкривають нові горизонти для автоматизації складних завдань, пропонуючи гнучкий і адаптивний підхід, який значно перевершує традиційні методи. Їхня здатність до автономного вибору інструментів, стратегічного планування та адаптації до змінних умов робить їх перспективним інструментом для широкого спектра застосувань, від автоматизації бізнес-процесів до наукових досліджень і розробки інноваційних рішень.

Anthropic визначає «агентів» як системи на основі LLM, які динамічно планують і виконують послідовність дій, самостійно обираючи, які інструменти використати, щоб досягти мети [1]. Це відрізняє їх від традиційних робочих процесів (workflows), у яких LLM лише слідує заздалегідь прописаному алгоритму. Зокрема, наголошується: Workflows — це системи, де LLM і зовнішні інструменти керуються через зафіксований код і сценарії; Agents — це

системи, де LLM самостійно спрямовують власні процеси і контроль над тим, як вирішити задачу.

Таким чином, під агента підпадають як повністю автономні системи (що самі планують кілька кроків вперед), так і гнучкі імплементації з інструментальною підтримкою. Ключова відмінність — це наявність самостійного контролю LLM над ходом дій.

Бажано спочатку вибирати найпростіше рішення з LLM, яке справляється з задачею, та збільшувати складність лише за потреби. Якщо завдання добре формалізоване та стабільне, то доцільно впровадити звичайний робочий процес (workflow), а не створювати ШІ агента. Агенти ж корисні там, де потрібна висока гнучкість і модельне ухвалення рішень у масштабі. Наприклад, якщо потрібна передбачуваність і стабільність для чітко визначених підзадач, краще використати звичайний workflow. Ще одним прикладом є випадок, коли завдання складне та змінне, де потрібне моделювання складних рішень на льоту, доцільніше застосувати агента. Для багатьох простих застосунків оптимізації результатів можна досягти вже одним викликом LLM з додаванням пошуку і наочного контексту. Агенти ж завжди пов'язують певний надлишок обчислень та затримки заради кращої якості рішення.

Доповнений LLM — це LLM, розширений можливостями пошуку інформації, зовнішніми інструментами та пам'яттю. З поточними моделями LLM можуть самостійно: генерувати запити до пошуку, обирати релевантні інструменти і вирішувати, які дані слід зберігати в пам'яті. Важливо налаштувати ці можливості під конкретне застосування та надати зрозумілий інтерфейс до таких розширень. Одним з підходів до інтеграції інструментів є протокол Model Context (MCP), що дозволяє під'єднувати різні сторонні API з простим клієнтським кодом.

До основних робочих процесів (workflows), що використовують доповнений LLM, відносять: ланцюжок запитів (prompt chaining); маршрутизація (routing); паралелізація (parallelization); оркестратор-робітники (orchestrator-workers); оцінювач-оптимізатор (evaluator-optimizer).

Ланцюжок запитів — задача розбивається на послідовність кроків, де вихід попереднього запиту стає входними даними для наступного (Рис. 1). Можна додавати програмні перевірки після кожного кроку (gate), щоб гарантувати правильний напрямок процесу. Цей підхід корисний, коли завдання чітко розбите на етапи.

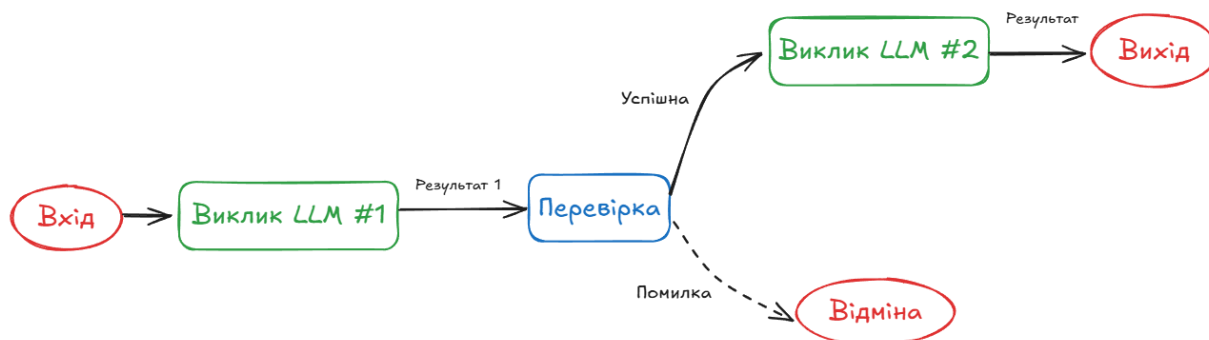


Рис. 1. Алгоритм ланцюжку запитів

Маршрутизація — вхідні дані класифікуються й спрямовуються до відповідного спеціалізованого підпроцесу (Рис. 2). Це дозволяє розділяти завдання на окремі підзадачі з власними промптами та інструментами. Якщо цього не робити, оптимізація під один вид вхідних даних може погіршити результати на інших.

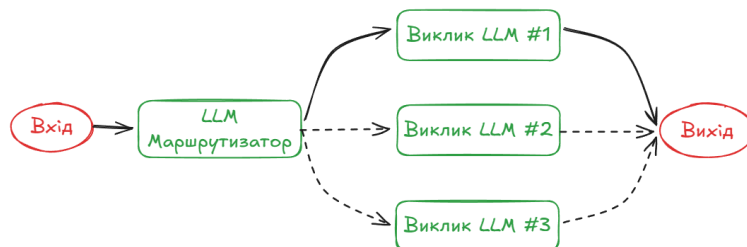


Рис. 2. Алгоритм маршрутизації

Паралелізація — LLM можуть працювати над задачею паралельно, а їхні результати потім об'єднуються програмно (Рис 3.).

Є два варіанти: розділення — розбити завдання на незалежні частини і обробляти одночасно різними екземплярами LLM; голосування — один і той же запит виконати кілька разів різними промптами, а потім зібрати результати за правилами голосування.

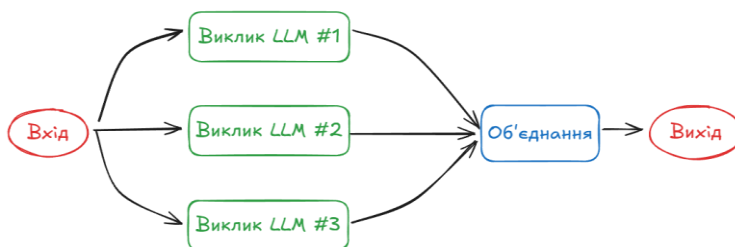


Рис. 3. Алгоритм паралелізації

Оркестратор-робітники — центральний LLM розбиває задачу на підзавдання динамічно, делегує їх кільком «робітникам»-LLM, а потім об'єднує їхні відповіді (Рис 4.). Це корисно, коли неможливо наперед визначити всі необхідні підзадачі.

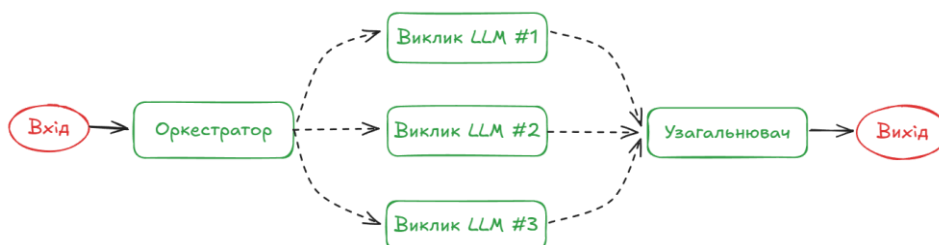


Рис. 4. Алгоритм оркестраторів-робітників

Оцінювач-оптимізатор — один LLM генерує відповідь, а інший оцінює її і дає зворотний зв'язок у циклі (Рис 5.). Цей підхід ефективний, коли є чіткі критерії оцінки, а покращення відповіді має міряний ефект.

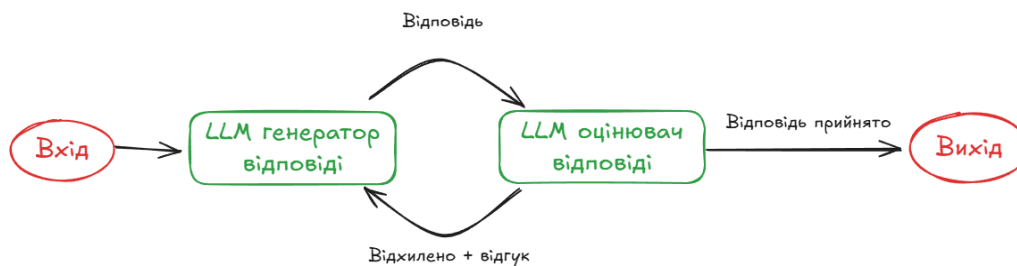


Рис. 5. Алгоритм оцінки-оптимізації

Окрему категорію становлять власне агенти, які виступають як «гнучкі виконавці». Зі зростанням здібностей LLM (краще розуміння складних запитів, планування, надійне використання інструментів, відновлення після помилок) агенти стають усе реальнішими. Агент зазвичай починає з команди чи інтерактивного діалогу з людиною. Коли задача стає зрозумілою, агент самостійно планує подальші кроки та діє, повертаючись до користувача лише за необхідності додаткових даних або узгодженням. Ключовим є те, що агент під час виконання отримує «заземлену» інформацію з оточення — наприклад результати викликів інструментів або виконання коду — щоб оцінювати свій прогрес. Агент може зупинитись на певних контрольних точках, запитуючи користувача про зворотний зв'язок, або завершувати роботу за умовою зупинки (наприклад, коли досягнуто мети чи перевищено ліміт ітерацій).

Реалізація агента зазвичай проста: це звичайний LLM, що в циклі використовує інструменти і враховує їхні результати. Тому вкрай важливо ретельно спроектувати сам набір інструментів і їхню документацію.

Важливо пам'ятати, що вищеописані блоки і workflows — це не шаблони, що їх потрібно безумовно наслідувати. Це загальні можливості і підходи, які розробник може поєднувати і адаптувати під свої задачі. Ключ до успіху — постійно вимірювати продуктивність системи і ітерувати реалізацію. Якщо певний підхід не дає кращого результату, краще залишитися на простішому.

Перспективи розвитку агентних систем пов'язані з їхньою подальшою інтеграцією з іншими технологіями штучного інтелекту, такими як машинне навчання для обробки неструктурованих даних чи системи комп'ютерного зору для аналізу візуальної інформації. Така інтеграція може розширити функціональні можливості агентів, дозволяючи їм вирішувати ще складніші завдання, які вимагають комбінації різних типів даних і аналітичних підходів. Вдосконалення етичних аспектів використання агентних систем, зокрема забезпечення їхньої прозорості та відповідальності, є важливим напрямком для майбутніх досліджень, оскільки це дозволить уникнути потенційних ризиків, пов'язаних із упередженістю чи непередбачуваною поведінкою.

Література

1. Anthropic (2024) *Building effective agents* [online]. URL : <https://www.anthropic.com/engineering/building-effective-agents>.

АРХІТЕКТУРНЕ РІШЕННЯ НА ОСНОВІ LLM ДЛЯ МІГРАЦІЇ КОРИСТУВАЦЬКОГО КОДУ

Поздняков О. А., Пархоменко А. В.

Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, Україна

E-mail: oleg.pozdnyakov.ua@gmail.com

LLM-based Architectural Solution for Custom Code Migration

The challenges of migrating custom code during the upgrade of enterprise systems such as SAP ERP to SAP S/4HANA lead to increased project timelines and costs. The developed architecture integrates a locally deployed Large Language Model trained on SAP enterprise code and includes components for code analysis, transformation, verification, and validation. Its implementation is aimed at eliminating the existing limitations of standard SAP tools and cloud services, as well as providing a secure and autonomous solution for migrating custom code.

У сучасній практиці модернізації корпоративних інформаційних систем [1 с. 26] особливої уваги заслуговує проблема перенесення користувацького коду, створеного в попередніх версіях систем, зокрема таких як SAP ERP. Цей код є носієм критично важливої бізнес-логіки, яка формувалася роками та часто є унікальною для кожного підприємства. На відміну від стандартних функцій SAP, користувацькі розробки не підтримуються повноцінно при переході на нову платформу, що призводить до необхідності складної та витратної адаптації вручну.

Проведене на великому українському машинобудівному підприємстві дослідження дозволило виявити ключові проблеми, пов'язані з міграцією коду з систем SAP ERP 6.0 та SAP R/3 4.0b на нову платформу SAP S/4HANA. Зокрема, в системі SAP ERP 6.0 було проаналізовано понад 2700 користувацьких об'єктів за допомогою стандартних інструментів ABAP Test Cockpit та Custom Code Migration App. За результатами автоматичного аналізу було виявлено понад 5300 зауважень, з яких приблизно третину можливо виправити у напіваавтоматичному режимі за допомогою Quick Fix. Проте більшість зауважень вимагали ручного втручання, що свідчить про обмеженість існуючих засобів автоматизації.

Важливим фактором є також те, що офіційні інструменти SAP підтримують лише версії, починаючи з SAP ERP 6.0 [2, с. 338]. Це означає, що компанії, які використовують більш ранні версії (а таких чимало в Україні й за кордоном), фактично позбавлені змоги використовувати рекомендовані SAP засоби для перевірки та перенесення коду. У кращому випадку вони змушені йти шляхом двоетапного оновлення — спочатку до SAP ERP 6.0, а потім до S/4HANA, що значно ускладнює планування та збільшує вартість проєкту.

Існуючі альтернативні рішення від сторонніх компаній теоретично дозволяють підвищити рівень автоматизації аналізу, однак майже всі з них є хмарними. Це суперечить ліцензійним угодам SAP і політикам інформаційної

безпеки багатьох організацій, особливо в державному, фінансовому та промисловому секторах. В результаті багато компаній залишаються без ефективного інструменту для міграції свого власного коду.

Тому, актуальною є задача створення повністю автономного рішення, яке поєднує можливості генеративного штучного інтелекту з локальною обробкою даних. Саме така концепція була покладена в основу запропонованої архітектури (Рис. 1), де роль аналізу та часткової трансформації коду виконує велика мовна модель (Large Language Model, LLM) [3], яка донавчається на прикладах змін між версіями SAP ERP і SAP S/4HANA. Модель розгортається в інфраструктурі підприємства та працює виключно з внутрішніми даними, забезпечуючи повну відповідність політикам безпеки підприємства та ліцензійним угодам SAP.

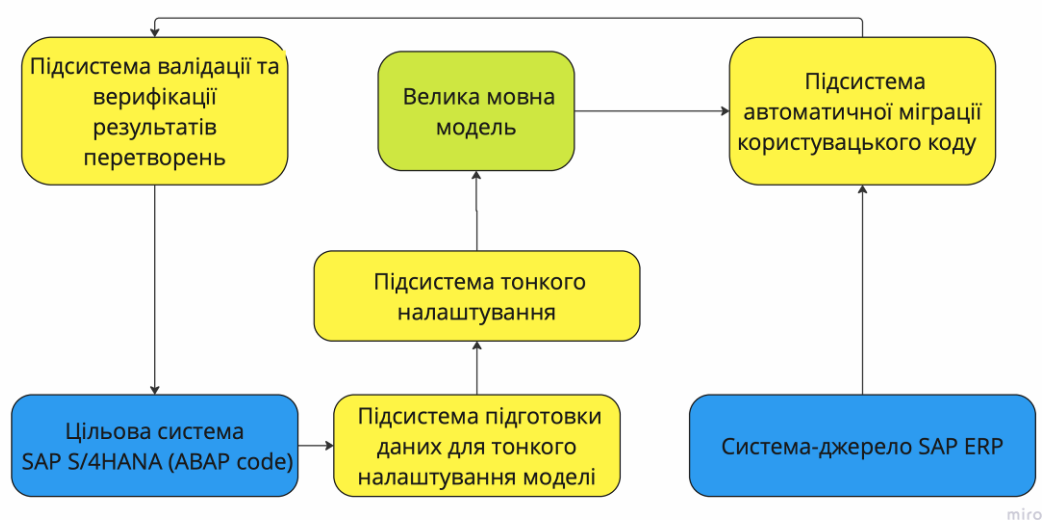


Рис. 1. Архітектурне рішення на основі LLM

Таким чином, дослідження існуючих підходів до міграції користувацького коду виявило цілу низку критичних обмежень сучасних інструментів і продемонструвало необхідність нових рішень, що поєднують гнучкість штучного інтелекту з локальною автономністю. Запропонована архітектура дозволяє вирішити ці проблеми шляхом інтеграції LLM з процесами підготовки, перенесення та перевірки коду, що в перспективі може стати універсальним інструментом для проєктів модернізації складних інформаційних систем.

Література

1. Великодний С. С., Тимофєєва, О. С. (2020) *Реінжиніринг програмного забезпечення інформаційних систем*: моногр. О. : Гельветика, 160 с.
2. Densborn F. (2024) *Migrating to SAP S/4HANA: Operating Models, Migration Scenarios, Tools, and Implementation*. Rheinwerk Publishing Inc, 633 p.
3. Chen M. (2021) *Evaluating Large Language Models Trained on Code* [online]. URL : <https://arxiv.org/abs/2107.03374>.

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ЯК ЗАПОРУКА СПОКІЙНОГО ЖИТТЯ

Позняк М. О., Харкянен О. В.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: poznjak21@gmail.com

Artificial Intelligence as a Guarantee of a Peaceful Life

With the advancements in artificial intelligence prevalent in news stories across the world, military practitioners, academics, and policymakers alike wonder what role these technological advancements will play in warfare. While truly reliable autonomous weapons are still far from deployment ready, there is a role within offensive and defensive operations where AI can play a role as critical combat multiplier: unburdening planning staffs to provide more focused efforts on the uniquely human aspects of operational planning.

Штучний інтелект став загальним терміном для характеристики машинної поведінки, що відтворює людські завдання, у тому числі в зоні бойових дій.

Існує два підтипи штучного інтелекту, а саме: машинне та глибинне навчання. Машинне навчання — це процес навчання та вдосконалення комп'ютера на основі спеціальних алгоритмів обробки даних. Глибинне навчання — це підгалузь машинного навчання, яка на основі використання штучних нейронних мереж дозволяє обробляти великі обсяги даних з метою пошуку взаємозв'язків та закономірностей у даних.

Оскільки глибинне навчання важче масштабувати через його складність, більший розвиток наразі отримало машинне навчання. Наприклад, американські розробники активно використовують його в своїх зенітних установках [1]. Одна з таких систем загально відома зараз в Україні — це фазований антенний радар для перехоплення цілі (англ. the Phased Array Tracking Radar to Intercept on Target, скор. PATRIOT), який використовує складну мережу комп'ютерів та алгоритмів для відстеження об'єктів, їх класифікації як загрозливих або дружніх, а також запуску ракет класу «земля-повітря».

Використання штучного інтелекту набуло популярності в багатьох країнах світу. Група з чотирьох установ на чолі з компанією Samsung та Корейським університетом розробила робота-охоронця під назвою SGR-A1 [2]. Цей робот-вартовий, також відомий як «Інтелектуальний робот-спостереження та охорони», може виявляти, попереджати та забезпечувати вогневу силу, використовуючи 40-мм автоматичний гранатомет. SGR-A1 — перший робот, який має системи спостереження, відстеження, стрільби та розпізнавання голосу, інтегровані в один блок. Робот має дистанційне керування за допомогою зв'язку, а також може працювати автономно. Враховуючи країну-розробника, не складно здогадатись, що цей робот активно використовується вздовж корейської демілітаризованої зони.

Українські розробники також активно впроваджують штучний інтелект у повсякденне життя та оборонний комплекс країни.

Sky Sentinel — це сучасна турель українського виробництва, яка вміє нейтралізовувати повітряні цілі з високою точністю (рис. 1).

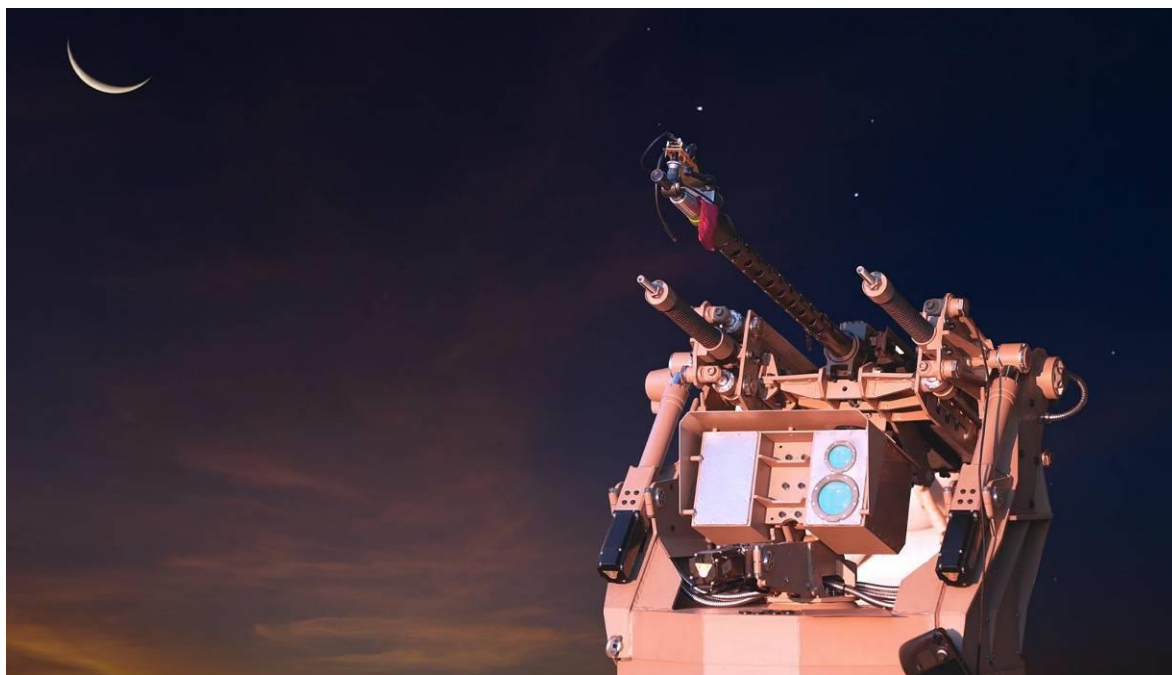


Рис. 1. ШІ-турель Sky Sentinel

Її вже прозвали «ловцем шахедів», оскільки саме ці дрони є улюбленою зброєю окупантів [3]. Втім, «вартовим неба» не важливі моделі російських бляшанок: на оптимальній відстані вони здатні збивати як «шахеда», так і менші дрони або навіть крилаті ракети. Якщо ціль потрапляє в зону дії турелі, вона буде знищена миттєво та автоматично.

Керування туреллю здійснюється за допомогою штучного інтелекту. Необхідно лише синхронізувати її із радаром та вивести на бойову позицію. Sky Sentinel здатна враховувати швидкість дронів та вітру, обертатись навколо своєї вісі на 360 градусів, рухати кулемет вниз і вгору, а також пересуватись на мобільному причепі.

На цей момент на платформі UNITED24 відкрито збір на суму \$1,5 млн., щоб забезпечити Україну 10 такими установками.

Література

1. Zequeira M. (2024) *Artificial Intelligence as a Combat Multiplier* [online]. URL : <https://www.armyupress.army.mil/Journals/Military-Review/Online-Exclusive/2024-OLE/AI-Combat-Multiplier>.
2. Korea University (2018) *SGR-A1* [online]: URL : <https://www.roboticstoday.com/robots/sgr-a1-description>.
3. Sky Sentinel (2025) *Sky Sentinel: fundraiser for peaceful nights* [online]. URL : <https://u24.gov.ua/sky-sentinel>.

ЯК ЗМІНЮЄТЬСЯ НАУКА ПРО ДАНІ В ЧАС ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Попов І. В.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: ivan5555513@ukr.net

How Data Science Is Transforming in the Era of Cloud Technologies

Data science is undergoing a major transformation with the proliferation of cloud technologies. This paper examines the evolution of data analytics under the cloud computing paradigm, highlighting how scalable resources, real-time processing, and enhanced analytical tools are reshaping traditional practices.

Хмарні технології стали каталізатором змін у науці про дані. Завдяки доступу до високопродуктивних обчислювальних ресурсів, гнучкій архітектурі, науковці та аналітики отримали можливість обробляти величезні обсяги даних у реальному часі, що значно підвищило ефективність процесів аналізу [1].

Сучасні хмарні платформи надають набір інструментів для автоматизації рутинних завдань, таких як попередня обробка даних, виявлення аномалій та розгортання моделей машинного навчання. Інтеграція цих методів аналізу з традиційними відкриває нові обрії для інноваційних підходів, зокрема у прогнозній аналітиці, обробці природної мови і візуалізації складних даних.

Стрімко зростає попит на фахівців, здатних ефективно застосувати хмарні рішення. Завдяки масштабованості та доступності ресурсів сучасні аналітичні платформи дозволяють організаціям оперативно реагувати на зміни в обсягах даних та швидко адаптуватися до нових викликів ринку. Це сприяє розвитку інновацій у фінансах, охороні здоров'я, маркетингу та держуправлінні [2].

Хмарні рішення також несуть певні виклики. Основні проблеми — кібербезпека, захист особистих даних, оптимізація витрат на хмарну інфраструктуру. Це вимагає розроблення спеціалізованих технологічних рішень та інтеграції їх із загальними стандартами безпеки, що критично важливо для підтримки довіри користувачів [1].

Зміни в підходах до науки про дані під впливом хмарних технологій відкривають нові можливості для прискорення дослідницьких процесів та інноваційних аналітичних методологій. Поєднання інновацій із розумінням економічних і етичних аспектів дозволить сформулювати майбутнє аналітики, що відповідає високим стандартам якості та безпеки [2].

Література

1. How the Cloud Is Changing Data Science 2023 [online]. URL: <https://hbr.org/2023/11/how-the-cloud-is-changing-data-science>.
2. Why Cloud Computing Is Critical for a Data Scientist in 2025 [online]. URL: <https://365datascience.com/trending/cloud-computing>.

ПРОГНОЗУВАННЯ ТРАНСПОРТНОГО ТРАФІКУ З ВИКОРИСТАННЯМ AI-МОДЕЛЕЙ ТА РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

Сватко В. В., Попченко Є. С., Борліс О. Є.

Національний транспортний університет, Київ, Україна

E-mail: vsvatko@ntu.edu.ua, alex@borlis.net

Traffic Forecasting Using AI Models and Management System Development

The study focuses on traffic prediction in urban environments using artificial intelligence models. The topic is highly relevant due to the rapid development of Smart City concepts and intelligent transportation systems. The research analyzes current scientific approaches and real-world implementations of AI-based traffic management solutions.

У роботі, що виконується, досліджується задача прогнозування транспортного трафіку в міському середовищі з використанням сучасних моделей штучного інтелекту.

Проблема є надзвичайно актуальною в контексті розвитку Smart City та інтелектуальних транспортних систем (ITS).

Лише за останні 5 років у наукометричних базах (Scopus, IEEE Xplore, SpringerLink) з'явилося понад 8 000 публікацій, присвячених тематиці застосування AI для моделювання, прогнозування та оптимізації транспортних потоків.

Практичне впровадження таких рішень можна спостерігати у проєктах на кшталт:

- Google Maps Traffic,
- Uber Movement,
- TomTom Traffic Index,
- IBM MetroPulse.

А також у державних ініціативах, зокрема

- Sidewalk Labs (Alphabet) у Торонто та
- AI for Traffic Flow Optimization у Сінгапурі.

Ці системи успішно використовують аналіз просторово-часових даних, глибоке навчання та графові структури для прогнозування навантаження та динамічного управління трафіком у режимі реального часу.

Метою дослідження є створення високоточного засобу прогнозування транспортного трафіку на основі моделей штучного інтелекту, що враховують просторово-часову динаміку дорожньої мережі.

Традиційні статистичні методи, такі як ARIMA або регресійні підходи, демонструють обмежену здатність до моделювання складних, нелінійних взаємозв'язків, які характерні для реального міського трафіку.

Натомість, моделі AI — зокрема:

- графові нейронні мережі (GNN),
- рекурентні мережі (RNN, LSTM),
- моделі з увагою (Transformers),

дозволяють адаптивно навчатися на великих обсягах історичних даних, виявляти приховані закономірності та ефективно прогнозувати трафік з урахуванням як часових змін, так і структури дорожнього графа.

Такий підхід відкриває шлях до створення масштабованих систем прийняття рішень у сфері міської мобільності та управління транспортом у режимі реального часу.

Моделі машинного навчання, зокрема:

- графові нейронні мережі — Graph Attention Network (GAT),
- Temporal Graph Convolutional Network,

найбільш придатні для задач прогнозування трафіку завдяки своїй здатності враховувати як структуру дорожньої мережі, так і часову динаміку змін.

GAT забезпечує адаптивне зважування впливу сусідніх вузлів у графі, що важливо для моделювання взаємозалежностей між ділянками дороги з різним трафіковим навантаженням.

Temporal Graph Convolution дозволяє формалізувати історичні закономірності зміни швидкості чи інтенсивності руху у вигляді часових послідовностей, пов'язаних із просторовими структурами.

Система управління передбачає створення повного циклу обробки даних: від збору, очищення та генерації ознак до побудови моделей та візуалізації результатів. Дані для дослідження будуть отримані з відкритих джерел, зокрема:

- *METR-LA*;
- *PEMS-Bay*;
- *NYC Taxi Trips*;
- *T-Drive*;
- *OpenStreetMap*.

Для збору інформації буде реалізовано напівавтоматизовані скрипти на Python з використанням бібліотек `requests`, `osmnx`, `pandas` та `geopandas`.

Очищення даних включатиме:

- видалення або інтерполяцію пропущених значень,
- фільтрацію аномалій,
- нормалізацію вхідних параметрів, а також приведення часових позначок до єдиного формату.

Для цього застосовуватимуться такі методи, як *forward-fill*, *interpolate(method='linear')*, а також перевірка *consistency* за допомогою графових індексів.

Зібрані дані будуть представлені у вигляді графа дорожньої мережі з ребрами, зваженими за інтенсивністю руху чи середньою швидкістю на відповідних ділянках.

У межах дослідження передбачено:

- використання відкритих датасетів (METR-LA, PEMS-Bay, T-Drive, NYC Taxi Trips);
- побудову графа дорожньої мережі на основі даних OpenStreetMap;
- генерацію ознак (час, події, погода) для підвищення точності прогнозу;
- реалізацію Python-додатку з API (CLI або FastAPI) для керування моделлю;
- оцінку результатів за допомогою метрик MAE, RMSE, MAPE та просторових карт похибок.

Очікується, що розроблена система забезпечить щонайменше порівняну точність прогнозування трафіку порівняно з традиційними методами, такими як ARIMA, LSTM та іншими базовими підходами.

Основна перевага полягає в здатності враховувати як часові, так і просторові зв'язки між дорожніми ділянками за допомогою графових структур, що підвищує адаптивність моделі в умовах реального міського середовища.

На основі результатів цієї роботи планується розширення досліджень у кількох напрямках.

Зокрема, актуальним є використання IoT-даних із сенсорів, мобільних застосунків і транспортних засобів для оперативного оновлення моделі.

Перспективним є також застосування підкріпленого навчання для оптимізації транспортного управління, зокрема в адаптивному керуванні світлофорами або маршрутами.

Іншим напрямком є моделювання мультиагентної взаємодії, що дозволить враховувати поведінку різних учасників руху в динамічних умовах.

Крім транспортної галузі, розроблена архітектура може бути адаптована і в інших сферах, де важливе прогнозування потоків, наприклад у логістиці, управлінні складськими системами, перевезеннях вантажів або навіть в енергетичних мережах.

Такі підходи відкривають можливості для створення інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень у складних, розподілених середовищах.

Література

1. Taniguchia E., Thompson R. G., Qureshic A. G. (2020) Modelling city logistics using recent innovative technologies. *Transportation Research Procedia*, vol. 46, pp. 3–12. [online]. URL : <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.03.157>
2. Nikitas A., Michalakopoulou K., Tchouamou N. E., Karampatzakis D. (2020) Artificial Intelligence, Transport and the Smart City: Definitions and Dimensions of a New Mobility Era. *Sustainability*, vol. 12, no. 2789, pp. 1–19. [online]. URL : <https://doi.org/10.3390/su12072789>.
3. Danchuk, V., Bakulich, O., Svatko, V. (2019) Building Optimal Routes for Cargo Delivery in Megacities. *Transport and Telecommunication*, vol. 20, no. 2, pp. 142–152. [online]. URL : <https://doi.org/10.2478/ttj-2019-0013>

ІНТЕГРАЦІЯ ЗАСОБІВ ШІ ДЛЯ ПРОЄКТУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ІНТЕРФЕЙСУ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ

Селіванов М. В., Пархоменко А. В.

Національний університет «Запорізька політехніка», Запоріжжя, Україна
E-mail: maxsel98@gmail.com, parkhomenko.anzhelika@gmail.com

Integration of AI Tools for Designing Intelligent Interface of Computer Systems

Analysis of the current state of computer systems (CS) development indicates the active implementation of artificial intelligence (AI) technologies, which significantly simplify and automate numerous processes of CS interface design.

Аналіз поточного стану розробки комп'ютерних систем (КС) свідчить про активне впровадження технологій штучного інтелекту (ШІ), які суттєво спрощують і автоматизують численні процеси дизайну інтерфейсів КС [1].

У дослідженні [2] показано, що використання ChatGPT для автоматизації створення технічних завдань, структурування проєктів та генерації текстового контенту дозволяє дизайнерам значно прискорити та ефективніше організувати робочий процес. Окрім того, активне застосування MidJourney для створення візуальних елементів і використання Figma як основного інструменту для реалізації та тестування дизайнів є важливими етапами в автоматизації дизайну. Пропонована методика, яка базується на інтерактивному діалозі «ШІ-користувач», дозволяє значно полегшити виконання рутинних задач дизайнера, автоматизуючи етапи, що зазвичай займають багато часу.

Для проєктування інтелектуального інтерфейсу КС пропонується використовувати можливості OpenAI Platform, що дозволяє інтегрувати ChatGPT, MidJourney, Figma API та інші інструменти в єдину екосистему.

Для MVP (Minimum Viable Product) версії було вирішено розробити плагін для Figma за допомогою інтеграції OpenAI API та Figma API, цей додаток написаний за допомогою мови програмування JavaScript, інтерфейс зроблений засобами HTML та CSS.

Результатом розроблення став плагін з функціональністю, яка значно покращує ефективність роботи дизайнерів (Рис. 1) Цей додаток дозволяє працювати з текстом, генерувати зображення, автоматично застосовуючи зміни до елементів макету. Таким чином користувач може отримувати функціонал OpenAI безпосередньо в середовищі Figma без необхідності перемикатися між декількома додатками, копіюючи і вставляючи вміст, це значно економить час.

В MVP версії плагіну було реалізовано основні мінімальні можливості плагіну:

- Модифікація тексту: плагін дозволяє скорочувати текст, зробити його більш ємким або збільшувати його обсяг для додавання

детальніших пояснень. Крім того, є функція перевірки граматики для виділеного тексту.

- Зміна тону тексту: користувач може вибрати стиль написання, наприклад, зробити текст більш офіційним, академічним або неформальним.
- Персоналізований запит: користувач може вводити власні запити для різних завдань, таких як переклад тексту на іншу мову або виконання інших специфічних запитів.
- Генерація картинок: вбудована функція генерації зображень на базі введеного запиту з автоматичним вставленням картинок у Figma.

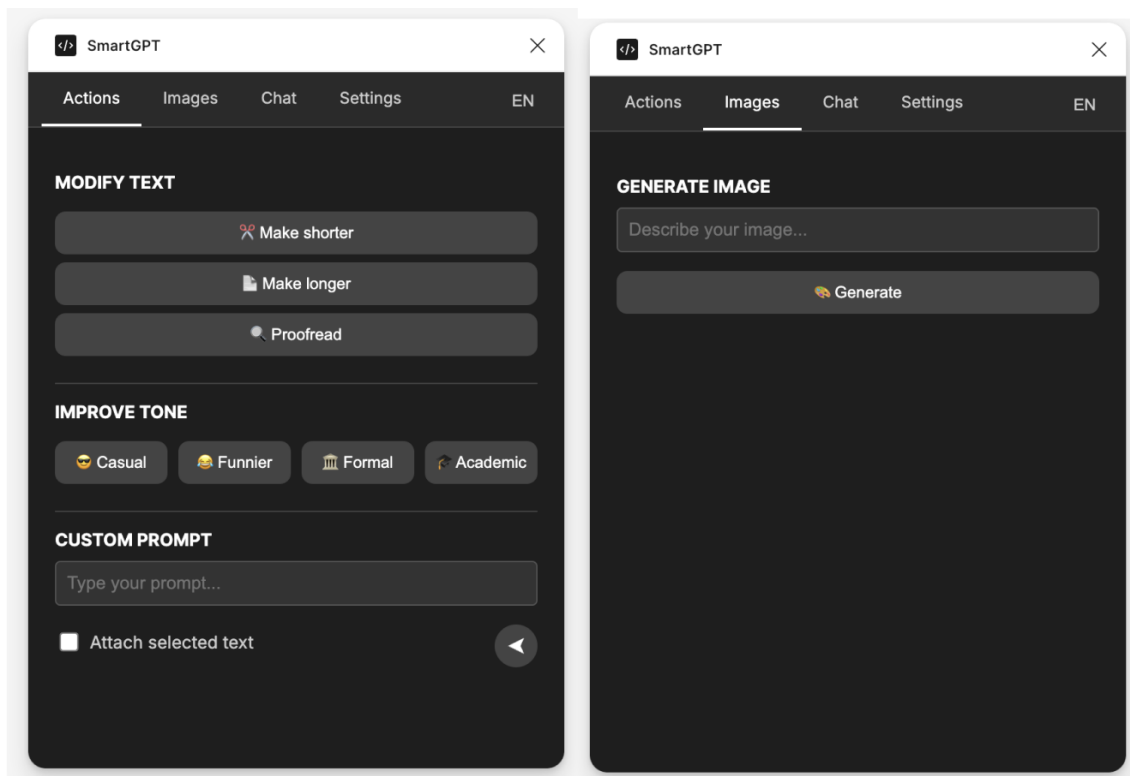


Рис. 1. Плагін у Figma

У подальшому планується додавання ще таких функцій як:

- Повноцінний чат «ШІ-користувач» з історією запитів.
- Організація робочого простору у проєкті, наприклад перейменування шарів, створення дизайн системи, палітри кольорів та інше.
- Аналіз дизайн макетів користувача з надаванням порад від GPT моделі.
- Детальні налаштування для генерації зображень, інтеграція MidJourney та інших моделей генерації зображень.

В основі плагіну використовується персоналізований GPT, створений на платформі OpenAI. (Рис.2) В налаштуваннях задаються інструкції та вказівки щодо того, як має поводитися GPT, його функції. Також можна завантажити додаткові файли для розширення знань GPT-моделі.



Name

CS Design Assistant

Description

Personal designer assistant

Instructions

Personal assistant for web, UI/UX and product designer. Focused on different design tasks and questions, such as: generation of structure, texts, logic, scripts, visualization by text prompts. Efficient proficiency in Figma, Google Material guidelines, Apple human interface guidelines, web trends, typography, copyrighting. Formal, respectful speech to the user.

Conversations with your GPT can potentially include part or all of the instructions provided.

Conversation starters

Knowledge

Conversations with your GPT can potentially reveal part or all of the files uploaded.

Upload files

Capabilities

- ☒ Web Search
- ☒ Canvas
- ☒ 4o Image Generation

Рис. 2. Конфігурація персоналізованого GPT

Для оцінки ефективності плагіну продемонструються деякі функції: скорочення тексту опису (Рис.3) та генерації зображень (Рис. 4)

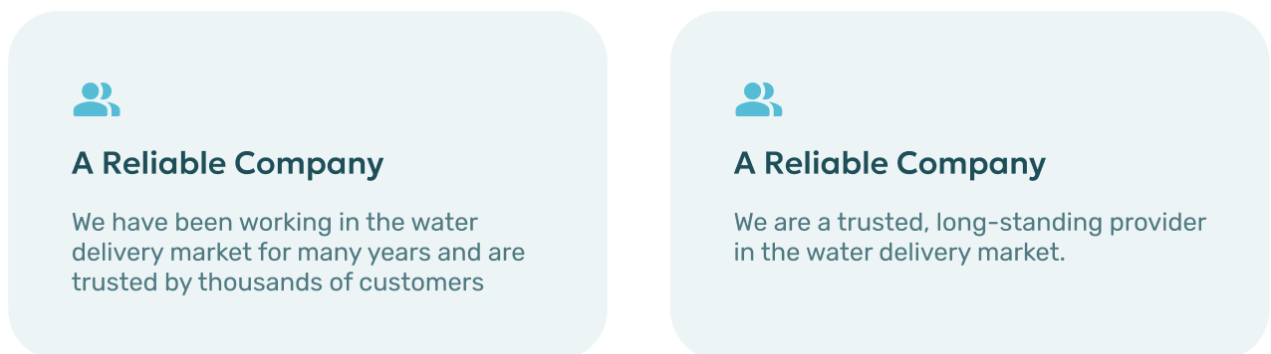


Рис. 3. Скорочення тексту опису (до/після)

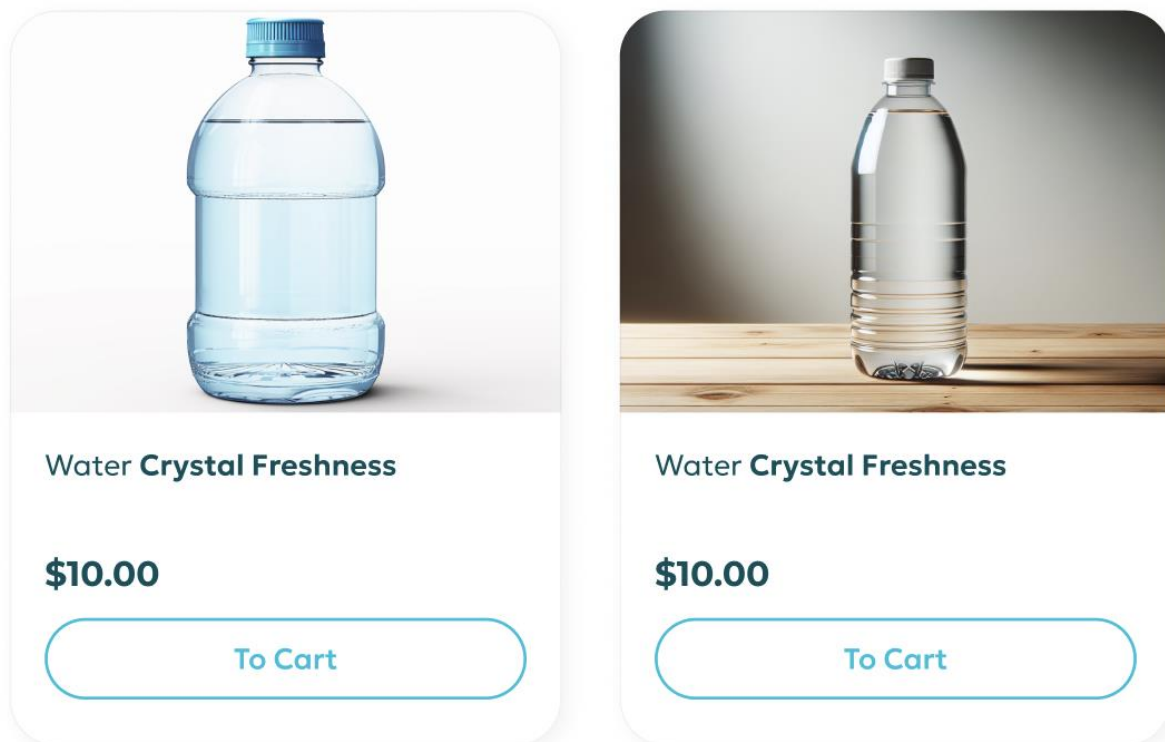


Рис. 4. Генерація зображень

Подальше впровадження ширшого функціоналу дозволить створити універсальний застосунок на основі ШІ, який спеціалізується саме на вирішенні задач, пов'язаних із дизайном інтерфейсів.

Такий застосунок зможе не лише відповідати на професійні питання, генерувати структуру та текстовий контент, але й активно сприяти у формуванні візуальних елементів завдяки інтеграції з професійним інструментом Figma. Це дозволить користувачам на кожному етапі створення та аналізу дизайну інтерфейсу отримувати рекомендації, автоматизовану допомогу та інтерактивний зворотній зв'язок від інтелектуальної системи.

Таким чином, така інтеграція може стати основою для створення більш адаптивних, інтуїтивно зрозумілих інтерфейсів, що значно зменшать час, необхідний на розробку та тестування, дозволяючи дизайнерам зосередитись на креативних аспектах та оптимізації користувацького досвіду.

Література

1. Селіванов М. В., Пархоменко А. В. (2024) Використання методів та засобів штучного інтелекту при навчанні вебдизайну *Тиждень науки-2024: Щорічна наук.-практ. конф. викладачів, науковців, молодих учених, аспірт та студ., Запоріжжя, 15–19 квітня 2024.* Запоріжжя : НУЗП, с. 86.
2. Zeleneva I., Parkhomenko A., Subbotin S. et al. (2025) Challenges and approaches to the artificial intelligence in education, *Futureproofing Engineering Education for Global Responsibility. ICL 2024. Lecture Notes in Networks and Systems.* Springer, Cham, vol. 1260, pp. 377–384.

ВИКОРИСТАННЯ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ АНОМАЛІЙ У МЕРЕЖЕВОМУ ТРАФІКУ

Сірик В. А., Грама М. П.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: sva1.1nb@gmail.com

Using Machine Learning for Anomaly Detection in Network Traffic

Machine learning is an effective approach for detecting anomalies in network traffic and enhancing cybersecurity. The report presents the use of unsupervised algorithms such as Isolation Forest, One-Class SVM, Robust Covariance, and LOF, evaluated on synthetic data. Emphasis is placed on detection accuracy and the potential of these methods in modern intrusion detection systems.

Зі зростанням складності мережевих систем та обсягів трафіку виникають нові виклики у сфері кібербезпеки. Традиційні методи виявлення аномалій, які ґрунтуються на сигнатурах або заздалегідь визначених правилах, виявляються неефективними у виявленні нових чи складно структурованих загроз. У такому контексті актуальним стає використання методів машинного навчання, які дають змогу автоматично виявляти нетипову поведінку без необхідності ручного маркування даних [1].

Одним з найбільш перспективних підходів є застосування алгоритмів без учителя, які навчаються лише на «нормальних» даних, формуючи уявлення про типову поведінку, а потім виявляють відхилення. Серед таких методів найвищу ефективність продемонстрували: Isolation Forest, One-Class Support Vector Machine (One-Class SVM), Robust Covariance (еліптична оболонка) та Local Outlier Factor (LOF) [1]. Ці моделі відзначаються гнучкістю у використанні та здатністю до масштабування для роботи з великими обсягами мережевих логів..

У дослідженні Е. Агъеманга [1], яке лягло в основу роботи, проведено симуляційний аналіз п'яти популярних алгоритмів на синтетичних даних. Моделі були навчені на нормально розподілених точках, а далі перевірялися на здатність виявляти штучно додані аномалії. Отримані результати дозволяють порівняти не лише ефективність, а й обчислювальну складність кожного з методів.

Алгоритм Isolation Forest продемонстрував найкращий баланс між точністю і чутливістю (recall), досягнувши F1-метрики 64% та 95% чутливості. Цей підхід базується на ізоляції: випадковим чином формуються дерева прийняття рішень, де для аномалій потрібно менше розгалужень, аби їх відокремити. Такий механізм виявився надзвичайно ефективним для виявлення аномалій у складних наборах даних [1]. Крім того, метод добре масштабується, що дозволяє використовувати його в системах з великим трафіком і високою швидкістю передачі даних.

One-Class SVM досяг 100% чутливості — тобто виявив усі аномалії, але мав помірну точність на рівні 50%, що вказує на значну кількість хибних спрацьовувань. Його варіант із використанням *Stochastic Gradient Descent* (SGD), навпаки, показав 100% точності, але лише 5% чутливості, тобто майже не виявив справжніх аномалій, хоч і не припустився жодного хибного виявлення [1].

Метод *Robust Covariance*, який базується на припущенні нормального (гаусового) розподілу даних, добре працює з симетричними кластерами, але може втратити ефективність за умов більш складної структури вибірки. *Local Outlier Factor* (LOF), що враховує локальну щільність, продемонстрував найнижчі результати серед усіх протестованих алгоритмів [1, 2].

Крім алгоритмічних особливостей, важливу роль у виявленні аномалій відіграє етап попередньої обробки даних: нормалізація, усунення шуму, вибір релевантних ознак. Без якісного підготовчого етапу навіть найточніші моделі можуть втратити ефективність. Тому доцільно поєднувати машинне навчання з класичними методами статистичного аналізу та фільтрації даних для підвищення загальної надійності системи [2, 3]. У реальних умовах саме комбінування підходів дозволяє досягти кращих результатів, ніж використання окремого методу. У реальних умовах саме комбінування підходів дозволяє досягти кращих результатів, ніж використання окремого методу.

Загалом дослідження підтвердило що не існує універсального алгоритму для виявлення аномалій. Вибір методу має ґрунтуватися на специфіці мережевого трафіку, кількості ознак, вимогах до швидкодії та цільовому застосуванні — чи то виявлення DDoS-атак, ботнет-активності, чи несанкціонованого доступу [2, 3].

Таким чином, машинне навчання — це ключовий інструмент сучасних систем виявлення вторгнень (IDS). Його застосування дозволяє будувати адаптивні та ефективні рішення, здатні реагувати на нові типи атак. Подальші дослідження доцільно спрямувати на використання реального трафіку, побудову ансамблевих моделей, а також інтеграцію людського контролю для підвищення точності та пояснюваності рішень.

Література

1. Agyemang E. F. (2024) Anomaly detection using unsupervised machine learning algorithms: A simulation study, *Scientific African*, 26, e02386. DOI: 10.1016/j.sciaf.2024.e02386.
2. IBM (2023) *Anomaly detection in machine learning: Finding outliers for optimization of business functions*. [online]. URL : <https://www.ibm.com/think/topics/machine-learning-for-anomaly-detection>
3. JetBrains (2025) *Anomaly Detection in Machine Learning Using Python*. [online]. URL : <https://blog.jetbrains.com/pycharm/2025/01/anomaly-detection-in-machine-learning>.

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У ПІДВИЩЕННІ ЕФЕКТИВНОСТІ ОПЕРАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ЗАКЛАДІВ ХАРЧУВАННЯ: ВІД ПРОГНОЗУВАННЯ ПОПИТУ ДО АВТОМАТИЗАЦІЇ ОБСЛУГОВУВАННЯ

Скригун В. О., Грибков С. В.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: vlad1slavskrygun@gmail.com

Artificial Intelligence in Enhancing the Efficiency of Operational Processes in Food Service Establishments: From Demand Forecasting to Service Automation

This paper examines the possibilities of using artificial intelligence in food service establishments to increase their efficiency. It is noted that unlocking the full potential of AI in food service is only possible through its integration with other information systems. The advantages and disadvantages are presented, and the prospects for using AI in food service establishments are identified

Сучасні підприємства громадського харчування функціонують у високодинамічному середовищі, де успішність їхньої діяльності значною мірою зумовлена здатністю до швидкої адаптації до змін, оптимізації внутрішніх процесів і забезпечення високого рівня задоволення потреб споживачів. Традиційні підходи до управління часто виявляються недостатньо ефективними через виклики, спричинені інтенсивною конкуренцією, нестабільністю попиту та необхідністю підвищення операційної продуктивності.

У цьому контексті впровадження інноваційних технологічних рішень, зокрема систем штучного інтелекту (ШІ), набуває стратегічного значення для досягнення конкурентних переваг і реалізації поставлених цілей. Технології ШІ надають потужні інструменти для автоматизації рутинних операцій, обробки та аналізу великих масивів даних, а також підтримки прийняття обґрунтованих управлінських рішень, що сприяє комплексному вдосконаленню всіх аспектів діяльності закладів громадського харчування.

Системи ШІ відіграють трансформаційну роль у вдосконаленні операційних процесів у сфері громадського харчування, відкриваючи нові перспективи для підвищення їхньої ефективності, економічної доцільності та конкурентоспроможності. Завдяки інтеграції передових технологій ШІ заклади громадського харчування отримують можливість оптимізувати ключові аспекти своєї діяльності, що охоплюють прогнозування ринкових потреб, управління ресурсами, взаємодію з клієнтами та організацію роботи персоналу. Одним із ключових напрямів використання ШІ є прогнозування попиту та вдосконалення структури меню. Завдяки здатності ШІ обробляти великі обсяги історичних даних, включаючи відомості про продажі, сезонні коливання, погодні умови, а також локальні події, технології дозволяють формувати точні прогнози щодо попиту на окремі страви та інгредієнти.

Такий підхід забезпечує оптимізацію закупівель, що сприяє скороченню надлишкових запасів і зменшенню обсягів харчових відходів. ІІІ аналізує відгуки клієнтів і популярність страв, пропонуючи рекомендації для створення оптимальних комбінацій у меню, а також персоналізованих пропозицій, які враховують індивідуальні вподобання відвідувачів на основі їхньої історії замовлень. Ця функціональність не лише підвищує задоволеність клієнтів, але й сприяє зростанню доходів закладів через цілеспрямоване просування страв.

Ще одним важливим аспектом є вдосконалення управління запасами, що відіграє критичну роль у зниженні операційних витрат і забезпеченні високої якості продуктів. Системи на основі ІІІ здійснюють автоматичний моніторинг рівня запасів, прогнозують потреби в інгредієнтах на основі даних про очікуваний попит і формують замовлення постачальникам у режимі реального часу. Такий підхід мінімізує ризики виникнення дефіциту чи надлишку сировини, забезпечуючи стабільне функціонування кухні та зниження витрат на логістику. Завдяки глибокому аналізу даних і автоматизації процесів поповнення запасів ІІІ підвищує точність управління ресурсами, що дозволяє закладам ефективно реагувати на зміни в попиті та підтримувати безперервність операційної діяльності.

Автоматизація взаємодії з клієнтами є ще одним вагомим внеском ІІІ у підвищення якості обслуговування. Інтелектуальні чат-боти та голосові асистенти здатні оперативно обробляти запити, пов'язані з бронюванням столиків, наданням інформації про меню, години роботи чи спеціальні пропозиції. Це дозволяє значно зменшити навантаження на персонал, звільняючи час для виконання більш складних завдань, що потребують людської участі.

Завдяки персоналізованим рекомендаціям, які базуються на аналізі смаків і вподобань клієнтів, ІІІ-системи сприяють покращенню клієнтського досвіду, скороченню часу очікування та підвищенню лояльності відвідувачів. Такий підхід не лише оптимізує операційні процеси, але й створює конкурентну перевагу для закладів у висококонкурентному ринковому середовищі.

Повноцінне розкриття потенціалу ІІІ в закладах харчування можливе лише за умови його інтеграції з іншими інформаційними системами, які вже використовуються або можуть бути впроваджені.

Впровадження технологій ІІІ у закладах громадського харчування, попри численні переваги, супроводжується певними викликами, які потребують ретельного розгляду. Значні фінансові витрати, необхідні для початкових інвестицій у придбання спеціалізованого програмного забезпечення та обладнання, становлять суттєвий бар'єр, особливо для невеликих підприємств.

Крім того, ефективне використання систем ІІІ вимагає залучення висококваліфікованих фахівців, які здатні забезпечити їхнє впровадження, налаштування та подальшу технічну підтримку. Не менш важливим є завдання інтеграції ІІІ з наявною інформаційно-технологічною інфраструктурою, що може бути ускладненим через несумісність систем або потребу в їх модернізації. Особливу увагу слід приділити питанням захисту конфіденційності та безпеки даних клієнтів, оскільки обробка персональної

інформації системами ШІ створює потенційні ризики витоку даних або порушення приватності, що вимагає відповідності суворим стандартам кібербезпеки та законодавчим нормам.

Попри зазначені обмеження, перспективи застосування ШІ у сфері громадського харчування залишаються надзвичайно обнадійливими. Подальший прогрес у розвитку технологій машинного навчання та комп'ютерного зору сприятиме створенню більш автономних систем, здатних самостійно керувати широким спектром операційних процесів із мінімальним втручанням людини. Інтеграція ШІ з технологіями Інтернету речей (IoT) відкриває нові можливості для безперервного моніторингу стану обладнання, оптимізації виробничих процесів і підвищення їхньої ефективності завдяки аналізу даних у реальному часі.

У найближчому майбутньому ШІ відіграватиме дедалі вагомішу роль у формуванні персоналізованого клієнтського досвіду, адаптуючи пропозиції до індивідуальних потреб і вподобань відвідувачів на основі аналізу їхньої поведінки та попередніх взаємодій. Дослідження вказують, що застосування ШІ значно підвищує операційну ефективність і економічну рентабельність у сфері гостинності, що підтверджує його стратегічну цінність для галузі.

Таким чином, ШІ утверджується як невід'ємний елемент сучасного управління операційними процесами в закладах громадського харчування. Від точного прогнозування ринкового попиту та вдосконалення структури меню до автоматизації взаємодії з клієнтами й комплексного управління ресурсами, технології ШІ пропонують інноваційні рішення, які дозволяють підприємствам не лише успішно конкурувати в умовах високого ринкового тиску, але й досягати сталого розвитку.

Інтеграція ШІ з системами управління взаємовідносинами з клієнтами (CRM) та планування ресурсів підприємства (ERP), а також постійне вдосконалення технологій створюють підґрунтя для реалізації новаторських підходів у сфері гостинності. Хоча впровадження ШІ пов'язане з певними труднощами, його численні переваги, зокрема підвищення продуктивності, зниження витрат і покращення якості обслуговування, значно переважають ці виклики.

Отже, ШІ стає ключовим рушієм цифрової трансформації у сфері громадського харчування, забезпечуючи закладам можливості для інноваційного зростання та адаптації до динамічних ринкових умов.

Література

1. AI Time Journal. (2025) Next-Gen Dining: How AI Is Reshaping Restaurant Experiences, *AI Time Journal*. URL : <https://www.aitimejournal.com/next-gen-dining-how-ai-is-reshaping-restaurant-experiences/52235>.
2. Gao H., Liu Y. (2023) AI-Driven Innovations in Hospitality: A Systematic Review of Restaurant Management, *International Journal of Hospitality Management*, pp. 1–9.

ІНТЕГРАЦІЯ RPA-РІШЕННЯ НА БАЗІ UIPATH ІЗ МОДЕЛЛЮ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ БІЗНЕС-ПРОЦЕСУ ПЕРЕВІРКИ КЛІЄНТСЬКИХ ДАНИХ

Стороженко А. С.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: anatozystark001@gmail.com

Integration of UiPath-Based RPA Solution with Machine Learning Model for Business Process Optimization in Client Data Verification

This paper presents a practical case of combining robotic process automation (RPA) and machine learning (ML) to automate routine client data verification tasks in a corporate environment. A UiPath unattended robot was integrated with a custom-trained Random Forest model in Python, resulting in a significant decrease in manual workload. The solution achieved 97–98% automation coverage, optimizing business process efficiency and human resource allocation.

У сучасних умовах диджиталізації бізнесу питання ефективного розподілу людських ресурсів стає ключовим для компаній, що мають справу з великою кількістю рутинних, однотипних операцій. Одним із підходів до вирішення цієї проблеми є впровадження технологій роботизованої автоматизації процесів (RPA), які дозволяють автоматизувати рутинні дії без потреби у залученні людини.

RPA або роботизація процесів та автоматизація — це технологічна концепція створення роботів-застосунків, метою яких є автоматизації бізнес-процесів та рутинних задач шляхом відтворення людських дій за ПК, що включає в себе як безпосередньо роботизації окремих дій виконуваних людиною (наприклад, внесення даних у корпоративні застосунки даних клієнта через графічний інтерфейс застосунку) так і елементи автоматизації (наприклад, частину бізнес-процесу, який раніше повністю людина виконували через UI операційної системи та застосунків робот може виконувати шляхом запитів до бази даних чи використовувати API-інтеграцію).

У межах реалізації проекту було розроблено RPA-рішення за допомогою продуктів екосистеми UiPath [1]. Робот працює у режимі з понеділка по п'ятницю та забезпечує автоматичну обробку великого обсягу зарплатних відомостей, що раніше оброблялись в ручному режимі співробітниками. Бізнес-процес включає перевірку та звірку даних клієнтів. Включає в себе необхідність перевірки наявності достатньої кількості коштів на рахунку клієнта для обробки ЗП відомості, визначення причини надходження коштів (це може бути заробітня плата, відрядження, лікарняні і тд) шляхом аналізу призначення платежу вказаною клієнтом та безпосередню обробку відомості) у внутрішніх десктопних застосунках. До впровадження RPA-підходу цей процес виконувався вручну кількома співробітниками та займав порядку 80% робочого дня. Особливістю процесу є його навантаження, котре в середині та кінці

місяця може виростати в 5-6 разів, що веде до значного збільшення витрат людського часу та залучення більшої кількості співробітників у процес. Автоматизоване рішення змогло покрити приблизно 85% обробок відомостей, однак решта 15% залишались поза межами обробки через наявність неструктурованих даних, отриманих від клієнтів у більш довільному форматі, що не підлягав звичайній алгоритмізації за патернами по ключових словах та вимагав контекстного аналізу для класифікації. Такі запити направлялися на ручне опрацювання.

Для подальшої оптимізації рішення було вирішено застосувати модель машинного навчання, метою якої стала класифікація вхідних неструктурованих даних клієнта для подальшої обробки. Модель була реалізована на мові Python із використанням бібліотеки *scikit-learn* [2]. У процесі розвідкового аналізу даних було виявлено значну кількість аномалій та шумів, які з математичної точки зору могли вважатися артефактами, що потребують виключення з датасету. Проте вилучення таких даних суттєво знижувало точність роботи моделі (до 69–71%).

Після експериментів із різними алгоритмами машинного навчання було обрано *RandomForestClassifier* [3], який продемонстрував високу стійкість до «шумних» даних та забезпечив точність до 98% на тестовому наборі. Навчену модель було збережено у вигляді бінарного файлу, який викликається роботом через скрипт безпосередньо в межах виконання RPA-процесу. Робот передає в модель відповідні дані, а у відповідь отримує класифіковану інформацію для подальшої обробки або повідомлення про невдачу класифікації.

В результаті інтеграції машинного навчання в існуючий RPA-процес вдалося зменшити кількість ручного опрацювання на 98% а загальна частка оброблених відомостей роботом сягнула 97-98%. Це дозволило суттєво зменшити навантаження на співробітників та перевести значну частину процесу в безперервний автоматизований режим. В наслідок роботизації бізнес-процесу та подальшої оптимізації замовнику вдалося вивільнити працівників від рутинної роботи та надати їм змогу вирішувати більш креативні задачі, котрі вимагають аналітичних навичок.

Важливо зазначити, що через вимоги конфіденційності компанії, яка стала платформою для реалізації цього рішення, числові метрики, назви застосунків та деталі архітектури не розголошуються. Однак загальний досвід демонструє потенціал поєднання RPA та ML для трансформації рутинних бізнес-процесів у великих організаціях.

Література

1. *UiPath* (2025) [online]. URL : <https://www.uipath.com>.
2. *Scikit-learn* (2025) [online]. URL : <https://scikit-learn.org/stable>.
3. *Skikit-learn RandomForestClassifier*. (2025) [online]. URL : <https://scikit-learn.org/stable/modules/ensemble.html#forest>.

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ПРИ ПЛАНУВАННІ ЛАБОРАТОРНИХ ВИПРОБУВАНЬ

Тарасенко Я. В., Орлов С. В., Литовченко В. В.

*Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Черкаси, Україна
E-mail: yaroslav.tarasenko93@gmail.com*

Features of Using Artificial Intelligence Methods in Planning Laboratory Tests

The paper analyzes the current state of research in the direction of using artificial intelligence in planning laboratory tests. Through analyzing characteristic features of using artificial intelligence methods in this direction, a number of methods were proposed. These methods meet the requirements and correspond to the specific tasks of using the artificial intelligence methods in mentioned field. The most appropriate approach of using artificial intelligence to meet the formalized principles and features of planning laboratory tests has been determined.

В умовах стрімко зростаючої конкуренції актуальність процедур підтвердження якості, надійності та безпечності будь якої продукції виробництва є необхідною умовою її подальшого постачання та експлуатації. Лабораторні випробування набувають все більшої важливості через можливість відтворення умов експлуатації продукції вітчизняного та закордонного виробництва для підтвердження її якості та надійності. Проблема підвищення ефективності планування лабораторних випробувань породжується вимогою до підвищення точності результатів експериментальних досліджень. Найбільш перспективним напрямком для вирішення цієї проблеми є застосування методів штучного інтелекту для автоматизації процесів планування лабораторних випробувань.

Сучасні наукові роботи розглядають формалізовані підходи до планування багатофакторних експериментів при лабораторних випробуваннях [1]. Статистичні методи розглядають з метою визначення впливу різних факторів на результати лабораторних випробувань. Аналіз показав недостатньо повний розгляд питань автоматизації процесів планування лабораторних випробувань з використанням методів штучного інтелекту в сучасних наукових працях.

Використання методів штучного інтелекту при плануванні лабораторних випробувань характеризується рядом особливостей, які відрізняють шляхи їх застосування від інших сфер та напрямків. У роботі [2] проаналізовано ефективність методів штучного інтелекту за різними критеріями. В аналізі розглядались наступні критерії: точність результатів, надійність і відтворюваність, швидкість обробки даних, масштабованість і адаптивність. У контексті проведення лабораторних випробувань точність результатів, а також надійність і відтворюваність є критично важливими критеріями. Швидкість обробки результатів не є критично важливим критерієм при плануванні

лабораторних випробувань. Масштабованість і адаптивність є важливим критерієм, оскільки дозволяє охопити ширший спектр лабораторних випробувань при виконанні робіт з планування.

Необхідною задачею є формування ряду методів, які за особливостями застосування у сфері планування лабораторних випробувань найбільш ефективно можуть бути застосовані.

У роботі [2] було наведено ефективність наступних методів: машинного навчання, глибинного навчання, обробки природньої мови та аналізу великих даних. Зазначено, що методи машинного навчання характеризуються високою точністю при недостатньо ефективній інтерпретації. Методи глибинного навчання надають інструмент для обробки складних шаблонів, але характеризуються недостатньою відтворюваністю. Обробка природньої мови важлива для інтерпретації якісних даних, але через потребу в складних моделях може знижувати час обробки інформації. Аналіз великих даних надає інструментарій для виявлення статистичних закономірностей, але потребує великого масиву вхідних даних.

Найбільше задачам планування лабораторних випробувань відповідають методи машинного навчання, обробки природньої мови та аналізу великих даних. Варто також враховувати, що зазначена вище потреба проведення факторного аналізу при плануванні лабораторних випробувань також зумовлює свої особливості.

У [3] пропонують підхід обробки накопичених результатів лабораторних випробувань, який ґрунтується на методах штучного інтелекту. Підхід передбачає використання багатошарових нейронних мереж та алгоритмів навчання на основі зворотного поширення помилки. Такий підхід відповідає задачам планування лабораторних випробувань та враховує розглянуті основні особливості використання методів штучного інтелекту в цих задачах.

Таким чином, врахування особливостей використання методів штучного інтелекту при плануванні лабораторних випробувань надає можливість максимально ефективно використати підходи формалізації для автоматизованого планування лабораторних випробувань та у перспективі підвищити якість, точність та відтворюваність результатів випробувань.

Література

1. Чепок Р. В. (2024) Розробка багатфакторних планів експериментів з високою точністю їх аналітичного опису для оперативного використання при лабораторних випробуваннях, *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, № 2, с. 117–123.
2. Басюк Л. В., Лисенко Т. А., Носач І. В. (2024) Аналіз ефективності методів штучного інтелекту для обробки та інтерпретації даних в освітніх дослідженнях, *Педагогічна академія: наукові записки*, № 9.
3. Коротка Л. І. (2018) Аналіз нейромережових моделей в задачах оптимізації технології енергоконденсованих систем, *Математичне поділювання*, № 1 (38), с. 69–76.

ВПЛИВ ВОКАЛОЇДІВ НА МЕДІА. ВІРТУАЛЬНІ АВАТАРИ, ЩО ЗМІНЮЮТЬ МУЗИКУ

Терещенко І. О., Грама М. П.

Національний університет харчових технологій

E-mail: gramamp@nuft.edu.ua

The Impact of Vocaloids on the Media. Virtual Avatars that Change Music

Vocaloids have significantly influenced modern media, transcending their original purpose as vocal synthesis software. Characters like Hatsune Miku have become global pop culture icons, appearing in concerts as holograms, video games, and even commercials. Their accessibility allows independent creators to produce professional-level music without hiring singers. Additionally, Vocaloids have inspired new genres, fan art, and virtual entertainment trends, blending technology with artistry.

VOCALOID — одна з найпоширеніших із багатьох комп'ютерних програм-синтезаторів співу, розроблена компанією YAMAHA Corporation в Японії у 2004 році, яка з того часу отримала 6 глобальних оновлень. Не дивлячись на велику конкуренцію протягом років, серед трендових пісень можна помітити віртуальних айдолів зокрема завдяки хітам на кшталт каверу «Ievan Polkka», оригінальними «World Is Mine — Supercell» та «Mesmerizer — 32ki». Сучасний медіапростір переживає радикальні зміни завдяки розвитку технологій, серед яких особливе місце займають вокалоїди, створені за допомогою програмного синтезу голосу. Вони не лише трансформують музичну індустрію, а й впливають на культуру, мистецтво та спосіб поширення власної творчості. Назва «вокалоїд» утворилась від програмного забезпечення-засновника, тому для узагальнення всіх віртуальних аватарів використовується відповідна назва. VOCALOID дозволяє створювати вокальні партії, імітуючи справжній спів людини. Він працює на основі записаних фонем, зразків реальних співаків у вигляді «voicebank» (з англ. «голосовий банк») та дозволяє налаштовувати тембр, швидкість, частоту та інші параметри під потрібний жанр чи настрій пісні.

Використання віртуальних аватарів відкриває нові горизонти для творчості, поєднуючи простоту концепції з широкими функціональними можливостями. Для захисту голосових провайдерів створюються віртуальні аватари — цифрові персонажі з унікальною ідентичністю, які відокремлюють реальну особу від її творчого інструменту (приклад на Рис. 1). Такі герої отримують власні біографії, характери та естетику, що не лише зменшує ризики, але й стає потужним маркетинговим інструментом. Наприклад, популярність голосових баз часто залежить від продуманого образу персонажа: його візуальної складової, історії та навіть «особистих» вподобань.



Рис. 1. Дизайни популярних вокалоїдів

Вокалоїди, як технологія, ніколи не створювалися для того, щоб замінити живих співаків чи позбавити когось роботи. Навпаки, вони дали можливість тисячам творців реалізувати свої ідеї, навіть якщо у них не було грошей на професійного вокаліста. Найкращим прикладом для розгляду є Хацуне Міку, яка з часом свого створення перетворилася на справжню поп-ідолку приблизно з 3,7 мільйонів прослуховувань в Spotify [1]. Її образ вийшов далеко за межі синтезатора: вона стала персонажем ігор, голограмою, «обличчям» вокалоїдів і навіть культурним феноменом. Для багатьох вона не просто інструмент, а маскот, символ цілої спільноти, візуальний персонаж, наповнений численними неканонічними до голосового провайдера подіями, який можна доповнювати та інтерпретувати під ідеї продюсера. Справжнім проривом став перший віртуальний концерт Хацуне Міку у березні 2010 року. Завдяки 3D-проекціям та моделям з Project Diva айдолка змогла вийти на сцену перед 25 тисячами глядачів. Успіх призвів до турів по Північній Америці, включаючи виступ на Anime Expo 2011. Знайти точну кількість пісень де використовується її voicebank достатньо складно, але кількість може виходити за 100 тисяч серед яких найпопулярнішими на 2025 є «Ievan Polkka», «The Future of Beginning — 40mP, sasakure.UK» [1], «Bad Girl A — Mitchie M», «Delusion — DECO*27» [2]. За статистикою останніх 3 років на Рис. 2, помітно як популярність зростає, показуючи, що спільнота тримає не тільки старих фанатів, але й приймає нових.



Рис. 2. Діаграма кількості прослуховувань пісень з Хацуне Міку [2]

Але є основний момент, про який не потрібно забувати — вона voicebank. Інструмент, створений на основі голосу реальної людини, використання вокалоїда не робить автора менш значимим, а доповнює творчий процес. Користуючись інструментами людина не втрачає своє звання як творця, свій

бренд та має повноцінне право кредитувати себе. Чарт середини року за 2024 рік узяли штурмом пісні за участю Касане Тето, такі як «Override» (No.1), «HITO Mania — Sasuke Haraguchi» (No.2), «Medicine — Sasuke Haraguchi» (No.3), «Mesmerizer — 32ki» (No.6), «Sukina Souzai Happyou Dragon — пбайі» (No.7)... Основною причиною такої популярності є комерційний реліз Synthesizer V AI Kasane Teto 27 квітня 2023 року. Цей синтезатор голосу, який може створювати більш людський, реалістичний вокал, починався як першоквітневий розіграш у березні 2008 році разом випуском безкоштовної програми для синтезу голосу UTAU. На честь 15-річчя цього несподіваного початку, хіт-парад першої половини 2024 року був наповнений піснями з її голосом двох різних версій. [3] «Cheerful JAPAN!» є благодійною акцією, покликана зібрати кошти на допомогу постраждалим від землетрусу і цунамі 2011 року в Тохоку, невелика частина від продажу кожної фігурки вокалоїдів йшла до відповідних благодійних фондів, яка за офіційним джерелом станом на 31 жовтня 2018 року збрала наступну суму: ¥5,712,000 [4]. Crypton Future Media, Inc. була однією з кількох компаній, які долучилися до акції також. 30 вересня 2020 року вийшла гра Project Sekai: Colorful Stage!, яка поєднала класичні механіки Project Diva з сучасними gacha-елементами, представивши покоління віртуальних ідолів в нових образах, а саме: Хацуне Міку, Мегуріне Лука, Кагаміне Рін і Лен, Кайто та Мейко. Також 20 оригінальних персонажів, які розділені на 5 музичних гуртів, кожен з яких має унікальну історію та тематику. Ця гра не лише оновила інтерес до Vocaloid-музики серед молодшої аудиторії, але й стала платформою для колаборацій з відомими продюсерами, такими як Kurage-P або DECO*27, чії пісні отримували нове життя у виконанні як віртуальних, так і людських айдолів.

Отже, вокалоїди — це не просто технологічний інструмент, а цілий культурний міст між фантазією та реальністю. Вони підтримують музичний простір, даючи голос тим, хто його не мав, і відкривають нові горизонти для творчості. Їхня магія у здатності об'єднувати людей через мелодії, поза межами мов, націй і навіть фізичних обмежень. Саме тому вони стали не лише частиною музики, а й потужним явищем сучасного медіапростору, що надихає мільйони на власні проєкти.

Література

1. Chartmetric (2025) *Music Stats Hatsune Miku* [online] URL : <https://app.chartmetric.com/artist/9363735>.
2. Songstats (2025) *Analytics Hatsune Miku* [online] URL : <https://songstats.com/artist/hzsdixvf/hatsune-miku?source=spotify>.
3. Billboard Japan (2024) *Japan's Vocaloid Scene: Top Trend for the First Half of 2024 Is 'Room for Interpretation'* [online] URL : <https://www.billboard.com/music/music-news/japan-vocaloid-scene-top-trend-2024-mid-year-room-for-interpretation-1235775210>.
4. *Cheerful JAPAN! Official English Site* (2025) [online] URL : <https://cheerfuljapan.com/en/>.

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ АНАЛІЗУ ПОВЕДІНКИ ПОКУПЦІВ ТА РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМ РЕКОМЕНДАЦІЙ У ЕЛЕКТРОННІЙ КОМЕРЦІЇ

Ткачук Н. В.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: na.tka.victorian@gmail.com

Application of Artificial Intelligence Methods for Customer Behavior Analysis and Implementation of Recommendation Systems in E-Commerce

Artificial intelligence is widely used in online commerce to analyze customer behavior, identify purchasing patterns, and improve the overall shopping experience. By processing large volumes of user data, it becomes possible to segment audiences, forecast demand, and tailor marketing strategies more effectively. A key tool in this context is the recommendation system, which suggests relevant products based on user preferences and previous interactions. One of the most effective methods used to personalize offers and enhance sales in e-commerce is collaborative filtering.

Штучний інтелект (ШІ, AI) вже став невід'ємною частиною нашого життя, перетворившись із наукового експерименту на потужний інструмент, який впливає на розвиток багатьох сфер. Одна з них — це торгівля, де ШІ стає справжнім помічником у повсякденній роботі. Торговельні підприємства сьогодні змушені постійно адаптуватися до нових викликів і прагнуть забезпечити своїм клієнтам найкращий сервіс [5]. ШІ допомагає компаніям на всіх етапах їхньої діяльності — від управління запасами до організації маркетингових кампаній. Аналізуючи величезні обсяги даних, AI може прогнозувати, чого хочуть споживачі, виявляти нові тенденції та навіть пропонувати індивідуальні пропозиції для кожного покупця. Наприклад, системи рекомендацій, які базуються на алгоритмах машинного навчання, підказують клієнтам ті продукти, що їм дійсно сподобаються, базуючись на їхніх попередніх покупках та інтересах. Це не лише підвищує задоволення клієнтів, а й збільшує обсяги продажів [5].

Одним із ключових напрямів застосування ШІ в e-commerce є класифікація намірів користувача (intent classification). За допомогою алгоритмів машинного навчання (зокрема на основі NLP) аналізується текст запитів, поведінкові сигнали на сайті або в додатку (кількість переглядів, час перебування, кліки тощо). Це дозволяє зрозуміти, на якій стадії «воронки» перебуває покупець — чи він просто переглядає, порівнює товари чи вже готовий до купівлі [1; 3].

Іншим важливим напрямом є кластеризація користувачів — умовний поділ покупців на групи за схожими ознаками (наприклад, за демографічними даними, поведінкою, історією покупок). Кластеризація (наприклад, методами k-середніх або DBSCAN) дозволяє будувати портрети клієнтів, оптимізувати

рекламні бюджети, уникати «перегріву» пропозицій і таргетувати повідомлення ефективніше [2].

Асоціативні правила (наприклад, алгоритм Apriori або FP-Growth) широко застосовуються для аналізу «кошика покупок». Це дозволяє виявити товари, які часто купують разом, і формувати пропозиції типу «з цим товаром також купують...». Такий аналіз сприяє підвищенню середнього чека і збільшенню прибутковості [1].

У сучасній електронній комерції важливо не лише залучити користувача на сайт, а й утримати його увагу, запропонувати те, що його справді зацікавить. Для цього все частіше використовуються системи рекомендацій, які допомагають формувати персоналізовані пропозиції товарів.

Рекомендаційні системи на основі моделей collaborative filtering або deep learning — ще один поширений механізм підвищення конверсії. Вони враховують не лише історію покупок конкретного користувача, а й поведінку схожих споживачів (Рис. 1). Такі системи забезпечують релевантність товарів, що підвищує ймовірність повторної купівлі [3–4].

Цей метод базується на припущенні, що якщо декілька користувачів мали схожі інтереси в минулому, то, ймовірно, їхні уподобання збігатимуться і надалі. Залежно від реалізації, система або шукає користувачів зі схожою поведінкою, або аналізує зв'язки між товарами, які часто оцінювалися або купувалися разом. У першому випадку йдеться про фільтрацію на основі користувачів, у другому — на основі об'єктів. Обидва підходи дають змогу сформувати рекомендації без необхідності мати повну інформацію про характеристики товарів чи інтереси користувача [6].

На практиці це виглядає приблизно так: система фіксує дії користувача — перегляди, оцінки, покупки — і на основі зібраної інформації порівнює його з іншими. Якщо виявляється, що інші користувачі, які купували подібні товари, цікавилися ще й чимось іншим, система пропонує це і нашому користувачу. Таким чином, рекомендація ґрунтується не на технічних параметрах товару, а на взаємозв'язках у поведінці людей [4; 6].

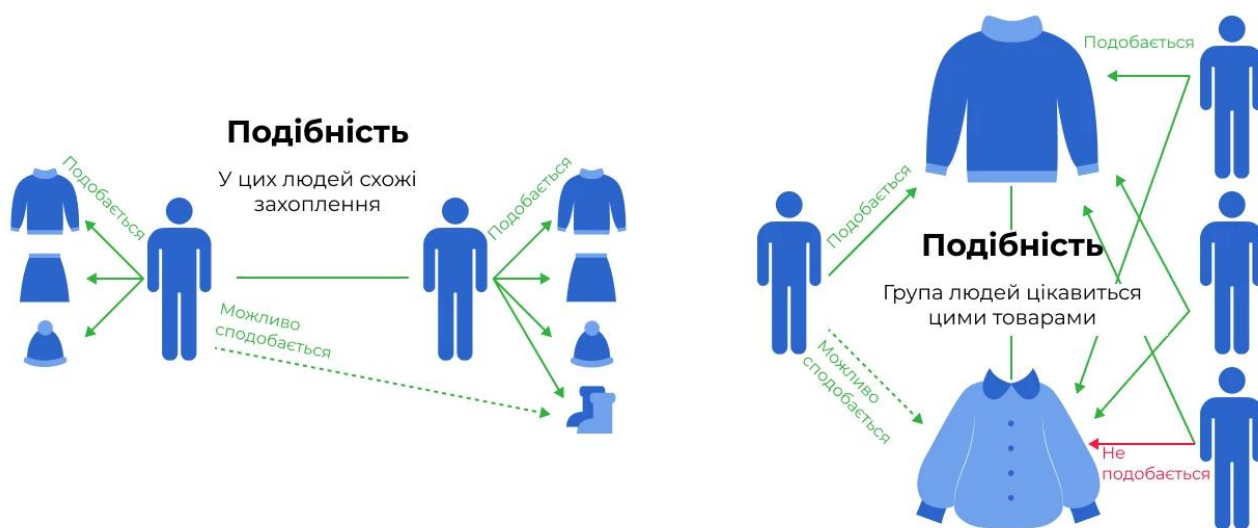


Рис. 1. Колаборативна фільтрація на основі користувачів і на основі об'єктів [6]

Колаборативна фільтрація має низку переваг. Вона добре працює навіть тоді, коли немає детальної інформації про товар. Крім того, вона часто генерує несподівані й цікаві рекомендації, які користувач самостійно навряд чи б знайшов. Однак у такого підходу є і свої недоліки. Наприклад, у нових користувачів або при появі нових товарів система не має достатньо даних для того, щоб сформулювати рекомендацію — це так звана проблема «холодного старту». Крім того, обробка великих обсягів взаємодій вимагає значних обчислювальних ресурсів [4; 6].

Попри ці труднощі, колаборативна фільтрація залишається однією з ключових технологій у сфері персоналізованого маркетингу. Її активно використовують провідні платформи, такі як Amazon, Netflix та Spotify. У майбутньому, з урахуванням розвитку гібридних моделей і залучення методів глибинного навчання, можливості таких систем лише розширюватимуться [6].

Таким чином, використання моделей ШІ для аналізу поведінки користувачів та побудови систем рекомендацій дозволяє суттєво підвищити ефективність цифрового маркетингу.

Персоналізовані пропозиції, сформовані на основі глибокого аналізу даних, не лише покращують клієнтський досвід, а й забезпечують стабільне зростання бізнес-показників у сфері електронної комерції.

Література

1. Russell S., Norvig P. (2020) *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, 4th ed. Pearson. [online]. URL : <https://aima.cs.berkeley.edu/>
2. Bawack R. E., Fosso Wamba S., Carillo K. D. A., Akter S. (2022). Artificial intelligence in E-Commerce: a bibliometric study and literature review, *Electronic Markets*, 32, 297–338. [online]. URL : <https://link.springer.com/article/10.1007/s12525-022-00537-z>.
3. Xiang Y., Yu H., Gong Y., Huo S., Zhu M. (2024). *Text Understanding and Generation Using Transformer Models for Intelligent E-commerce Recommendations*. arXiv preprint arXiv:2402.16035. [online]. URL : <https://arxiv.org/abs/2402.16035>
4. Aggarwal C. C. (2016) *Recommender Systems: The Textbook*. Cham : Springer, 463 p.
5. Сердюк Г. В. (2023). *Переваги та перспективи використання штучного інтелекту у торговельних підприємствах*. [online]. URL : https://www.researchgate.net/publication/384430190_perevagi_ta_perspektivi_vikoristanna_stucnogo_intelektu_u_torgovelnih_pidpriemstvah.
6. Дюлай І. (2024) Як працюють товарні рекомендації на основі трансформерів [online], *eSputnik*. URL : <https://esputnik.com/uk/blog/yak-suchasna-arhitektura-mashinnogo-navchannya-mozhe-zbilshiti-konversiyu-tovarnih-rekomendacij-na-71>.

ЧАТ-БОТИ З ШТУЧНИМ ІНТЕЛЕКТОМ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ КОНВЕРСІЇ В ІНТЕРНЕТ-МАГАЗИНАХ

Ткачук Н. В.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: na.tka.victorian@gmail.com

AI-powered Chatbots as a Tool for Increasing Conversion Rates in E-commerce

Chatbots enhanced with artificial intelligence play a transformative role in boosting conversion rates in online stores. This paper explores their practical applications, highlighting core functions such as intent detection, natural language processing (NLP), and seamless integration with e-commerce platforms. A comparative overview of prevalent technologies—including rule-based systems and advanced AI models—is provided. Particular attention is given to evaluating chatbot efficiency through metrics like conversion improvement, user interaction quality, and automation effectiveness. The analysis demonstrates how intelligent conversational agents can optimize customer journeys and contribute to digital retail success.

Інтернет-магазини постійно шукають нові засоби залучення клієнтів, утримання їхньої уваги та стимулювання до покупки. Одним із найперспективніших інструментів у цьому контексті є чат-боти з підтримкою штучного інтелекту, здатні взаємодіяти з користувачами у режимі реального часу, надавати персоналізовані поради й автоматизувати підтримку.

Згідно зі статистикою, понад 60% споживачів надають перевагу взаємодії з брендами через месенджери. Впровадження розумних чат-ботів дозволяє не лише зменшити навантаження на менеджерів, а й збільшити конверсію, зменшити відтік користувачів і покращити загальний досвід покупки. AI-чат-боти автоматично відповідають на запитання, допомагають з пошуком товарів, формують персоналізовані рекомендації на основі обробки частих запитів (FAQ) та історії переглядів і покупок. Завдяки вбудованим NLP-модулям, боти здатні розуміти наміри користувачів, підтримувати діалог у природній формі та адаптувати відповіді до ситуації [5].

Сучасні ІІІ-чат-боти функціонують як частина складної, взаємопов'язаної інформаційної системи, що інтегрує численні сервіси та модулі (Рис. 1). Комунікація між користувачем і системою відбувається через месенджер або веб-інтерфейс, наприклад Telegram або сайт інтернет-магазину [1].

Повідомлення, надіслане користувачем, спочатку потрапляє до чат-бота, який виступає центральною ланкою взаємодії. Далі запит передається до модуля обробки природної мови (NLP Engine), де виконується класифікація наміру користувача (intent classification) та розпізнавання сутностей (entity recognition) [3]. Це дозволяє точно зрозуміти, чого саме потребує клієнт: пошуку товару, відстеження замовлення чи консультації. Оброблена інформація передається до менеджера діалогу (Dialogue Manager), який

відповідає за підтримку контексту розмови, керування її станами та генерацію відповідей. Наприклад, якщо користувач запитує: «Де моє замовлення?», бот повинен зберегти цей контекст і уточнити номер замовлення, якщо його ще не вказано.

Після цього, залежно від типу запиту, чат-бот звертається до платформи електронної комерції, яка містить базу даних товарів, CRM-систему, систему обробки замовлень тощо. У разі потреби, для обробки платежів або доставки, залучаються зовнішні API — наприклад, шлюзи оплати або сервіси доставки. І нарешті, згенерована відповідь повертається користувачеві через той самий месенджер, із якого почалася взаємодія. Такий підхід дозволяє забезпечити миттєву реакцію, зберігаючи при цьому гнучкість і масштабованість системи [1–2].

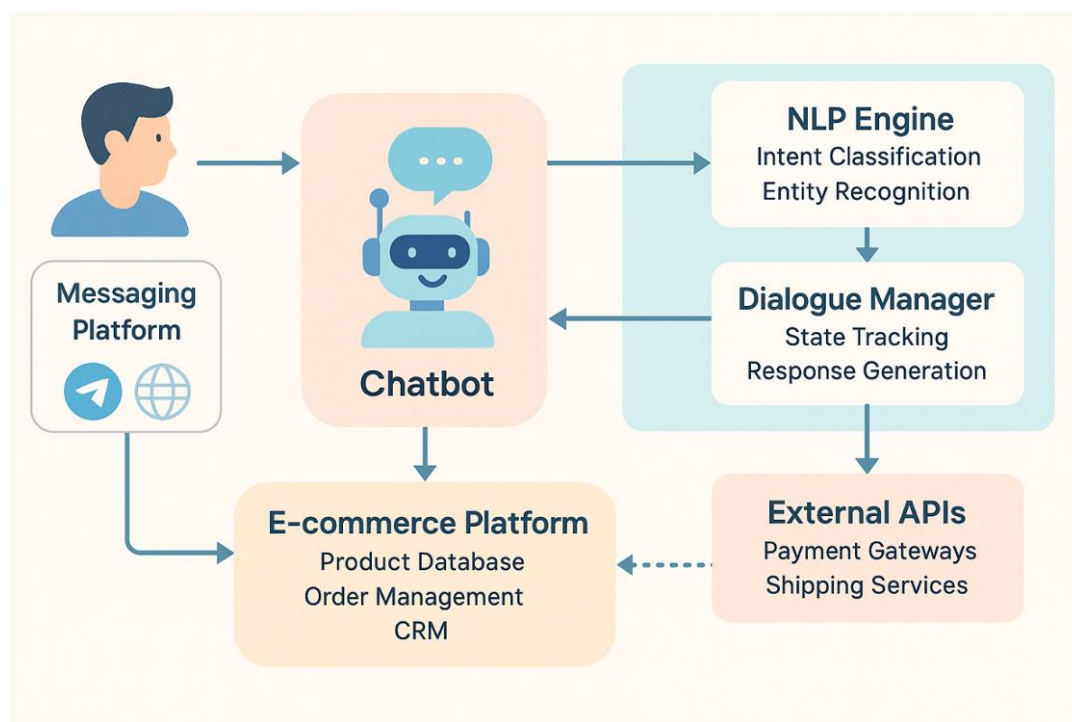


Рис. 1. Архітектура чат-бота на основі штучного інтелекту для e-commerce

У сфері електронної комерції широко використовуються два основні типи чат-ботів — rule-based (на основі правил) та AI-based (на основі штучного інтелекту). Rule-based системи працюють за заздалегідь визначеними сценаріями, використовуючи дерево діалогу та ключові слова. Вони є простими у впровадженні, легко піддаються контролю та добре працюють у стандартних ситуаціях, коли набір запитань і відповідей обмежений. Проте, такі боти не здатні розуміти складні або нетипові формулювання запитів, а також не можуть адаптуватися до змін без ручного оновлення сценаріїв [1; 3].

Натомість, AI-боти використовують методи машинного навчання та обробки природної мови та мають високу масштабованість. Вони аналізують запити користувача, виявляють наміри, адаптуються до нових ситуацій та можуть вести діалог у контексті. Наприклад, бот на базі GPT здатен підтримувати логіку розмови, навіть якщо користувач повертається до

попереднього питання. Такі боти краще справляються з багатомовними запитами, семантичними варіаціями формулювань та можуть навчатися з накопиченого досвіду. Головний недолік — вища складність реалізації, потреба в якісних даних для навчання та залежність від хмарних обчислень [1–2].

Згідно з аналітичними дослідженнями, проведеними серед компаній різних галузей — від електронної комерції до освітніх стартапів, — встановлено, що впровадження чат-ботів зі штучним інтелектом (ШІ) суттєво покращує ефективність клієнтського обслуговування. Ці інтелектуальні помічники, оснащені сучасними алгоритмами та модулями обробки природної мови (NLP), змінюють традиційні підходи до взаємодії з користувачами, забезпечуючи швидкий, персоналізований і безперервний сервіс [4–5].

Інтеграція AI-чат-ботів, дозволила підвищити середній рівень задоволеності клієнтів (CSAT) на 20–30%, а витрати на обслуговування зменшилися майже на третину. Компанії та вебсайти, які впровадили AI-ботів, збільшили конверсію в середньому на 20–35% у порівнянні з тими, що не використовували чат-боти взагалі. Крім того, було зафіксовано зниження показника відмов на сайтах і зростання середньої тривалості сесій, що свідчить про глибше залучення користувачів [4–5].

Відповідно до прогнозів Juniper Research (2022), до 2027 року чат-боти щорічно заощаджуватимуть e-commerce сектору понад 11 мільярдів доларів, а понад 70% взаємодії з клієнтами у великих компаніях здійснюватиметься саме через ботів [6]. Отже, розумні чат-боти на основі штучного інтелекту не лише оптимізують бізнес-процеси, а й формують нову парадигму обслуговування, орієнтовану на зручність, швидкість і персоналізацію.

Література

1. Zhou L., Gao J., Li D., Shum H.-Y. (2020) The Design and Implementation of XiaoIce, an Empathetic Social Chatbot, *Computational Linguistics*, vol. 46(1), pp. 53–93. URL : <https://aclanthology.org/2020.cl-1.2/>.
2. Adamopoulou E., Moussiades L. (2020) Chatbots: History, technology, and applications, *Machine Learning with Applications*. URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666827020300062>.
3. Jurafsky D., Martin J. (2023) *Speech and Language Processing*. Pearson. URL : <https://web.stanford.edu/~jurafsky/slp3/>.
4. IBM. (2022) *The rise of intelligent chatbots: AI in customer service*. IBM White Paper. URL : <https://www.udacity.com/blog/2020/04/what-is-python-parallelization.html>.
5. Glassix Team (2025) *Glassix study shows AI chatbots enhance conversions and resolve issues faster* [online]. URL : <https://www.glassix.com/article/study-shows-ai-chatbots-enhance-conversions-and-resolve-issues-faster>.
6. Savage F. (2023) Chatbots: Sector Analysis, Trends & Forecasts 2022–2027. [online], *Juniper Research*. URL : <https://www.juniperresearch.com/research/telecoms-connectivity/messaging/chatbots-trends-research-report>.

ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ У ВИЯВЛЕННІ АСТРОНОМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ: СУЧАСНИЙ ПІДХІД

Улеєв А. А., Гавриленко В. В., Ткаченко В. М.

Національний транспортний університет, Київ, Україна

E-mail: uleiev.a@gmail.com

Левченко В. В.

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ

E-mail: ylvv@ukr.net

Neural Network Approaches for the Detection of Astronomical Objects

This work explores modern approaches to the detection of astronomical objects using artificial neural networks. The efficiency of deep learning, particularly convolutional neural networks, in classification, detection, and analysis of large-scale astronomical data is emphasized. The advantages of automated image and spectral data processing are highlighted, along with the prospects of discovering new cosmic objects through machine learning techniques.

У сучасній астрономії обсяг зібраних даних зростає в геометричній прогресії — телескопи та супутники щоденно реєструють ГБ та ТБ інформації. Такий масштаб спостережень вимагає автоматизованих методів обробки даних, адже традиційні підходи вже не справляються з їхнім аналізом. Тож штучні нейромережі як форма машинного навчання, стали ключовим інструментом сучасних астрономічних досліджень, дозволяючи розпізнавати, класифікувати і аналізувати об'єкти Всесвіту з точністю, яка раніше була недосяжною.

Глибокі згорткові нейронні мережі (CNN), зокрема, виявилися особливо ефективними у роботі з зображеннями космічних об'єктів. Вони здатні автоматично виокремлювати значущі риси на зображеннях, такі як форми, контури, джерела світла та спектральні особливості, без потреби у ручному втручанні. Це суттєво пришвидшує процес і робить його менш залежним від людського фактору. Нейронні мережі можуть виявляти як великомасштабні структури (галактики, туманності), так і дрібні, слабо помітні об'єкти, які часто не помічають навіть досвідчені астрономи.

У деяких дослідженнях штучні нейронні мережі використовуються для виявлення нових галактик, наднових зір, екзопланет, змінних зір та інших об'єктів. Зокрема, моделі навчалися на попередньо класифікованих наборах даних, після чого тестувалися на нових, не бачених зображеннях. Цей підхід дозволяє нейронним мережам «вчитися» розрізняти характеристики різних об'єктів — наприклад, відрізнити спіральні галактики від еліптичних або відфільтрувати шум у даних. Ключовим фактором у використанні нейронних мереж є процес навчання. Щоб модель змогла точно класифікувати об'єкти, її навчають на великій кількості зображень із уже відомими позначками (label). Після успішного навчання мережа здатна застосовувати набуті знання до нових

даних — тобто до знімків із телескопів, які ще не аналізувалися людьми. У таких задачах використовуються різні архітектури, зокрема ResNet, VGGNet, EfficientNet, що демонструють хороші результати у завданнях розпізнавання об'єктів. Окрему роль відіграє обробка спектроскопічних даних. Спектри зірок або інших астрономічних джерел можна подавати у вигляді одновимірних масивів або перетворювати в умовні зображення, з якими також можуть працювати згорткові нейромережі. Це дозволяє виявляти навіть відхилення в хімічному складі або температурі об'єктів, які не завжди легко помітити за допомогою класичних методів.

Важливо і те, що нейромережеві моделі мають здатність виявляти аномалії — об'єкти, які не схожі на жоден із раніше відомих класів. Це відкриває можливість для відкриття нових типів космічних об'єктів або рідкісних подій, наприклад, гравітаційних хвиль чи спалахів гамма-випромінювання. Значну увагу також приділяють адаптації нейронних мереж до роботи з даними різної природи та якості. Наприклад, в умовах низької якості зображень або неповних спектрів розробляються методи доповнення та відновлення інформації за допомогою генеративних моделей, що дозволяє покращити точність класифікації. Крім того, інтеграція нейронних мереж з іншими алгоритмами штучного інтелекту, такими як посилене навчання, відкриває нові можливості для адаптивного аналізу та автономного прийняття рішень у космічних місіях.

Не менш важливим є впровадження нейронних мереж у системи реального часу для автоматичного моніторингу неба. Такі системи можуть оперативно виявляти нові астрономічні явища, що дозволяє швидко реагувати на них і організовувати додаткові спостереження. Попри всі переваги, застосування нейронних мереж в астрономії також стикається з труднощами. По-перше, потрібно забезпечити якісні навчальні вибірки, що включають збалансовану кількість об'єктів кожного типу. По-друге, моделі можуть бути «чорними скриньками» — іноді важко зрозуміти, чому саме мережа класифікує об'єкт певним чином. Ця проблема частково вирішується за допомогою технік інтерпретації моделей, таких як Grad-CAM, які візуалізують важливі області на зображенні, що вплинули на рішення.

Таким чином, нейронні мережі вже довели свою ефективність у пошуку та класифікації астрономічних об'єктів. Вони не лише автоматизують рутинну роботу астрономів, але й відкривають шлях до нових відкриттів, розширюючи межі нашого пізнання Всесвіту. Надалі, зі зростанням обсягів даних і вдосконаленням моделей, можна очікувати ще більших проривів у галузі.

Література

1. Schmidt K., Geyer F., Fröse S., Blumenkamp P. S., Brüggemann M., de Gasperin F., Rhode W. (2022) Deep learning-based imaging in radio interferometry, *Astronomy & Astrophysics*, 664, A134.
2. Fang Y., Hong W., Tao J. (2024). Identifying black holes through space telescopes and deep learning, *Physical Review D*, 110(6), 063011.

ПОЄДНАННЯ ШТУЧНОГО ТА ПРИРОДНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Фесенко М. Б.

Інститут кібернетики імені В.М.Глушкова НАН України

E-mail: clnt_49@ukr.net

Combining Artificial and Natural Intelligence

The technology of design personal images system of artificial intelligence offered for help of natural intelligence of man. The technology based of knowledge acquisition from ontology personal natural intelligence of user. The system will apply for constant adaptive dialog with user. Prospects for the application of the developed system are discussed.

У сучасній науковій літературі штучний інтелект зазвичай порівнюється із природним або протиставляється йому. Навіщо? Чи допомагає це життю окремої людини? Мабуть ні, тому що у цих випадках наука відривається від життя. Чи не краще буде, якщо вони будуть не суперечити один одному, а, навпаки, допомагати? Отже штучний інтелект створюється природним на допомогу собі, а не на протидію. Чи можливо те, що вказане у назві роботи? Поставимо питання ще іншим чином. Чи може насправді штучний інтелект продляти життя природному інтелекту людини? Це питання зовсім не із легких. Тому й відповідь на нього далеко не проста. Людина живе серед людей, постійно спілкується з ними та відчуває себе частиною спільноти. Ізоляція від спілкування сприймається нею як від покарання. Людині потрібні співрозмовники, постійні та змінні, близькі та далекі. На спілкуванні побудовані технології навчання, праці, продовження роду. Але не кожне спілкування приносить людині користь. Люди повсюди різні, позитивні та негативні, мають різну енергетику та вплив на співрозмовника.

Далеко не кожному людину можна допускати до хворої людини, тому що замість користі вона може нанести шкоду хворому (та достроково погубити його). Існує така закономірність, що чим старше за віком стає людина, тим менше коло його близьких співрозмовників. Він їх поступово втрачає, бо вони вмирають, та залишається сам на сам. Замкнуто на одинці жити важко.

Мета цієї роботи — у створенні своєрідного образного співрозмовника та дублера зі штучним розумом, тобто дублюючої системи штучного інтелекту (ДС), що здатна зі часом допомагати природному інтелекту цієї людини, коли вона буде послаблена травмою, хворобою або віковими змінами.

Технологія побудови образної дублюючої системи базується на тому, що свої знання вона отримує з онтологічного представлення індивідуального природного інтелекту користувача. При цьому ДС постійно та поступово поповнює та вдосконалює свій штучний розум. Втручатися у цей процес, контролювати та коригувати його періодично можуть лікар і фахівець з інженерії знань. Оскільки людині властиво дуже багато забувати, щоб не переповнити свою пам'ять, то у образного ДС, навпаки, знання тільки

накопичуються та зберігаються. Урешті настане такий момент, коли знання ДС по об'єму дорівняються, або навіть переважають знання її індивідуального користувача зі природним інтелектом. Тоді ДС буде у змозі підказувати користувачеві потрібну йому інформацію через відповідні запитання.

Основне завдання ДС полягає у тому, щоб як можливо довше утримати процес спілкування зі хворим на одному рівні без втрачання позицій. Організм здорової людини може розумно мислити до визначеної вікової границі, тому процес мислення носить віковий характер, має початок та кінець.

Не секрет, що для завершення свого життя у розсудливому розумі та стійкій пам'яті необхідно регулярно тренувати наш мозок, давати йому посилене та розумне навантаження. За час психологічно здорового життя людини можливо зібрати її інтелектуальний образ та образи співрозмовників з близького кола її оточення. При цьому необхідно врахувати множину звичок, стиль життя, схильності, фактори, що впливають на прийняття її рішень, у тому числі й не завжди вірних та оптимальних. Починати формування образного ДС необхідно зі дитячого віку, поки організм тільки починає адаптуватися щодо екстремальних ситуацій (хвороби). На реакції дитячого організму свідомо реагують батьки та лікарі. Дітей та підлітків спостерігає педіатрія, а потім доросла терапія та вузькі фахівці. Під час цього переходу заводиться нова карта історії хвороби, а попередня педіатрична більш не враховується (за винятком інвалідів з дитинства). У результаті безповоротно зникають спостереження педіатрії за півтора десятка років, у тому числі й по формуванню природного інтелекту. Для запобігання цьому у штат медичних закладів необхідно ввести фахівців з інженерії знань.

Секрет збереження у мозку опорної дитячої онтології асоціацій до глибокої старості полягає, вочевидь, у тому, що практично усі її класи понять багаторазово активуються на протязі усього людського життя.

Дитяча безпосередність примушує дорослого підшикуватися під запити дитини та використовувати свою особисту дитячу онтологію асоціацій як з дітьми, так й з онуками та правнуками, тобто зі кількома поколіннями дітей, своїх або чужих. Але без спілкування на рівні онтології дитячих асоціацій взаємний діалог з дитиною провести неможливо.

Дорослий завжди підшикується, адаптується щодо рівня розвитку дитини. При цьому активуються та оновлюються усі основні поняття його власної дитячої онтології асоціацій. Періодичне поновлення, як відомо, самий надійний варіант збереження інформаційних зв'язків. При цьому важно задіяти не тільки сам інтерфейс доступу до інформації, але й апарат формування інформації на онтологічній основі з урахуванням правил прагматики, риторики, семантики, синтаксису, граматики та комбінування лексичних одиниць у смислові варіації. Таким шляхом можливо побудувати онтологічну базу останніх років життя важко хворої людини. Наступити цей період може у різному віці. У загальній вибірці завжди присутні винятки.

Люди старіють зі різною швидкістю, одні скоріше, другі повільніше. У цій роботі вікові групи визначаються за загально прийнятими стереотипами. Тому прийmemo за основу, що у часі людина переміщується по життю зі

середньою швидкістю старіння. На жаль, досі не існує одиниць вимірювання швидкості старіння організму людини та його складових частин.

Існує міжнародна класифікація функціонування, обмежень життєдіяльності та здоров'я людини та її онтологічне представлення. У першому наближенні задача полягає у тому, щоб за декілька бесід зі хворим були задіяні усі поняття, що увійшли у його спрощену онтологію асоціацій. Активізуючи усі класи понять, ми зберігаємо доступ хворому у ті частки його мозку, де вони зберігаються, та активізуємо зв'язки між ними. В результаті у хворого зберігається мінімальний набір понять щодо розумової діяльності, що включає самосвідомість, підсвідомість та сни. У другому наближенні задача полягає у створенні дублюючих образів співрозмовників з близького кола оточення людини (за їх допомогою).

Існують стандартні шаблони діалогу. Тому штучний образ може впоратися з цією задачею та замінити на деякий час природній образ, при цьому можливо як чергування підключень штучного та природного образів віддаленого спілкування, так й їх одночасне підключення щодо співбесіди.

Природний розум у такому варіанті має пріоритет над штучним та може його коригувати та втручатися у діалог, якщо це знадобиться. Таким чином людина поступово може втратити здібності розібратися, згідно з критерієм Тюрінга, з яким образом вона має співбесіду. Тоді коло близьких співрозмовників ніколи не буде зменшуватися. Існування мислення може зберігати здібність якщо не до діалогу, то хоча б до порозуміння спрямованої до людини мови та збереженню ідентифікації та орієнтації.

Образний ДС погружає людину усередину її життєвого кола. Технічно формується віртуальний двійник, або друге «я» згасаючої людини, утілення її внутрішнього «єго», що підлягає руйнуванню. У важкі періоди життя (хвороба, травма, у тому числі психічна, депресія) такий ДС може знадобиться, прийде на допомогу. Це довірливий співрозмовник. У розмові з самим собою людина більш відверта. Тепер хворий через ДС бесідує як от сам з собою, але тільки ще з тим попереднім, зі здоровим, зі здоровою та ще нічого важливого не забуваючою пам'яттю. Робото-технічний штучний розум — це справа наживна. Як і зворотне.

Його треба навчитися вірно розуміти, як й будь якого іншого співрозмовника. З ним треба навчитися спілкуватись та уживатися. Тут обоюдний рух має бути у обох напрямках. Універсальний штучний розум набагато складніше персонального, що пристосовується підказувати та розуміти тільки одного індивіда, або декілька близьких друг другу людей. Цілі та об'єм думок отут сильно звужені та обмежені перш за все станом здоров'я одного пацієнта (та його найближчого оточення). У деякому наближенні, ДС реалізує алгоритми зворотного опрацювання тексту.

Найбільш бажані семантичні траєкторії обираються після консультації зі лікарем, що допомагає урахувати медичний аспект впливу на пацієнта. Це спроба не просто продляти життя людині, а продляти її свідоме життя, що ще складніше та цінніше.

ЗАСТОСУВАННЯ АЛГОРИТМІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ АНАЛІЗУ ТЕКСТОВИХ ДАНИХ В ОСВІТНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ

Холявка К. Ю.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: mrbart03@gmail.com

Application of Machine Learning Algorithms for Text Data Analysis in Educational Research

This paper explores the use of machine-learning algorithms for analysing text-based feedback in educational research. It highlights the potential of natural-language processing (NLP) in improving decision-making in academic settings, including sentiment analysis, topic modelling and clustering of student responses.

У сучасному освітньому процесі значну роль відіграє якісний зворотний зв'язок від здобувачів освіти.

Проте аналіз великих масивів відкритих текстових відгуків, анкет і коментарів потребує автоматизації.

Ефективним підходом до вирішення цієї задачі є використання алгоритмів машинного навчання (ML) у поєднанні з методами обробки природної мови (NLP).

Основними напрямками застосування машинного навчання в аналізі студентських відгуків залишаються визначення тональності, тематичне моделювання, а також класифікація й кластеризація тексту.

Зокрема, численні емпіричні роботи підтверджують, що рекурентні мережі з довготривалою короткочасною пам'яттю (LSTM) демонструють вищу точність порівняно з класичними підходами — такими, як Random Forest чи Naïve Bayes — під час виявлення емоційного забарвлення коментарів студентів.

Це пов'язано зі здатністю LSTM утримувати контекст на довгих текстових послідовностях і, відповідно, краще розрізняти нюансовані лексичні конструкції.

Коли мова заходить про виділення ключових тем, сучасні дослідники дедалі частіше звертаються до гібридних методів BERTopic та NMF.

На відміну від традиційних LDA чи LSA, ці підходи пропонують глибшу, більш семантично узгоджену структуру кластерів, що дозволяє адміністраціям вищих навчальних закладів точніше ідентифікувати проблемні аспекти навчального процесу.

Трансформерні архітектури останніх поколінь — BERT, RoBERTa та XLNet — поєднують можливості тонального й тематичного аналізу в єдиній моделі, значно скорочуючи час розгортання та спрощуючи інтеграцію таких рішень у наявну інфраструктуру.

Практичне впровадження NLP-рішень уже сьогодні відіграє важливу роль у системах навчальної аналітики: автоматизовані дашборди, чат-боти підтримки та модулі електронного навчання дають змогу оперативно обробляти відкриті текстові відповіді і майже в реальному часі надавати викладачам зворотний зв'язок.

Таким чином, керівництво університетів отримує підґрунтя для ухвалення зважених управлінських рішень, що сприяють підвищенню якості освітніх послуг і задоволеності студентів.

Однак, попри відчутний потенціал, слід згадати низку стримувальних чинників.

По-перше, якість моделей безпосередньо залежить від обсягу й чистоти корпусу навчальних даних: зашумлені або нефільтровані тексти істотно знижують точність прогнозів.

По-друге, мовна підтримка української наразі поступається англomовним ресурсам, що ускладнює створення універсальних моделей для локального контексту.

І нарешті, етичний вимір: збирання та аналіз студентських відгуків вимагають прозорих процедур інформування, анонімізації та пояснюваності алгоритмів, аби зберегти довіру всіх зацікавлених сторін.

У підсумку, машинне навчання та обробка природної мови відкривають нові горизонти для аналітики в освіті.

Подальші дослідження мають бути спрямовані на локалізацію інструментів українською, удосконалення моделей під освітні задачі та розвиток інтерпретованих підходів.

Література

1. Shaik T. et al. (2023) *Sentiment analysis and opinion mining on educational data: a survey* [online], arXiv preprint arXiv:2302.04359. URL : <https://arxiv.org/abs/2302.04359>.
2. Shaik T. et al. (2023) *A review of the trends and challenges in adopting natural language processing methods for education feedback analysis*. URL : <https://arxiv.org/abs/2301.08826>.
3. Alghamdi M., Altameem A. (2024) *Student textual feedback sentiment analysis using machine-learning techniques to improve the quality of education* [online]. URL : <https://www.researchgate.net/publication/379189910>.
4. Koufakou A. (2023) *Deep Learning for Opinion Mining and Topic Classification of Course Reviews*. URL : <https://arxiv.org/abs/2304.03394>.
5. Hayat F., Shatnawi S., Haig E. (2024) *Comparative Analysis of Topic Modelling Approaches on Student Feedback*, *Proc. of the 16th Intern. Joint Conf. on Knowledge Discovery, Knowledge Engineering and Knowledge Management (IC3K 2024)*, vol. 1: KDIR, pp. 226–23. URL : <https://www.scitepress.org/Papers/2024/128904/128904.pdf>.

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ОСВІТНЬОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Холявка К. Ю.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: mrbart03@gmail.com

Prospects for the Development of Artificial Intelligence in Educational Environments

The paper discusses current and future applications of artificial intelligence (AI) in educational systems. It outlines the main challenges and advantages of using AI for adaptive learning, automated assessment and personalized support. Particular attention is paid to ethical concerns and the need for digital literacy among educators and students.

Сучасна система освіти зазнає суттєвих трансформацій під впливом новітніх технологій, зокрема штучного інтелекту (ШІ).

Необхідність інтеграції ШІ в освітнє середовище продиктована прагненням підвищити якість, індивідуалізацію та ефективність навчального процесу.

Однією з головних переваг застосування ШІ є адаптивні системи навчання, які автоматично підлаштовуються під рівень знань і стиль навчання здобувача.

Дослідження показують, що AI-платформи здатні динамічно змінювати траєкторію навчання та підвищувати залученість студентів.

Ще один перспективний напрям — автоматизоване оцінювання. Глибокі нейронні мережі вже демонструють високу точність у перевірці есе й відкритих відповідей, генеруючи водночас корисний зворотний зв'язок.

ШІ активно використовується для цілодобової підтримки студентів через чат-боти, що відповідають на академічні та адміністративні запити, а також для підтримки здобувачів з особливими освітніми потребами завдяки інструментам розпізнавання мови, зору та моторики.

Разом із перевагами застосування ШІ в освіті постають етичні виклики: захист персональних даних, прозорість алгоритмів, недопущення дискримінації та потреба у підвищенні цифрової грамотності педагогів і студентів.

Нарешті варто підкреслити, що поява інтелектуальних технологій запускає своєрідний ланцюговий ефект, коли кожен новий інструмент породжує додаткові можливості для переосмислення освітньої взаємодії.

Інтеграція ШІ не просто оптимізує окремі етапи навчального процесу, а поступово формує нову «екосистему знань», у якій студенти можуть будувати індивідуальні траєкторії розвитку, а викладачі — виступати кураторами та фасилітаторами замість носіїв інформації.

Водночас масштабність цифрової трансформації вимагає значних інституційних зусиль: модернізації навчальних програм, інфраструктурних інвестицій і розроблення чітких нормативних рамок, що регулюватимуть використання даних та алгоритмів у навчанні.

Лише така цілісна стратегія здатна перетворити експериментальні проекти на повсякденну освітню практику, доступну для широкого кола здобувачів.

Додаткової уваги заслуговує і питання соціально-культурного впливу штучного інтелекту на освітнє середовище.

Окрім підвищення академічної успішності, інтегровані AI-платформи сприяють формуванню цифрової компетентності, критичного мислення та навичок самоорганізації, які дедалі більше визначають конкурентоздатність випускників на глобальному ринку праці.

Разом із тим, аби уникнути «цифрового розриву» між різними групами населення, університети повинні забезпечити рівний доступ до технологій, підтримувати програму безперервного підвищення кваліфікації викладачів і формувати культуру відповідального ставлення до даних.

Література

1. Bond M., Khosravi H., De Laat M. et al. (2024) A meta systematic review of artificial intelligence in higher education: a call for increased ethics, collaboration, and rigour. *Intern. J. of Educational Technology in Higher Education*. URL: <https://educationaltechnologyjournal.springeropen.com/articles/10.1186/s41239-023-00436-z>.
2. Kolluru V., Mungara S., Chintakunta A. (2018) Adaptive learning systems: harnessing AI for customized educational experiences, *Intern. J. of Computational Sci. and Information Technology*, 6(3):13–26.
3. Misgna H., On B.-W., Lee I., Choi G. S. (2025) A survey on deep-learning-based automated essay scoring and feedback generation, *Artificial Intelligence Review*, vol. 58, no. 36. URL : <https://link.springer.com/article/10.1007/s10462-024-11017-5>.
4. Sophia E. (2025) *The effectiveness of AI-powered chatbots in student support services*. URL : <https://www.researchgate.net/publication/390033254>.
5. Gibson R. (2024) The impact of AI in advancing accessibility for learners with disabilities [online], *Educause Review*. URL : <https://er.educause.edu/articles/2024/9/the-impact-of-ai-in-advancing-accessibility-for-learners-with-disabilities>.
6. Küçük E., Cincil F., Karal Y. (2020) *A systematic review of the ethical use of artificial intelligence (AI) in education: preprint*. URL : <https://www.researchgate.net/publication/380503090>. DOI: 10.21203/rs.3.rs-4370610/v1.

2

СЕКЦІЯ

***ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ
СИСТЕМИ
КЕРУВАННЯ
ТА
ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ***

ENHANCING PREDICTIVE NAVIGATION IN ROBOTICS: A MARKOV DECISION PROCESS-BASED APPROACH TO MAZE EXPLORATION AND CONTROL

Robel Asgedom¹, Igor Korobiichuk²

¹ *Independent Researcher, Łódź, Poland*

robelasgedom629@gmail.com

² *Warsaw University of Technology, Warsaw, Poland*

igor.korobiichuk@pw.edu.pl

Predictive control has emerged as a vital strategy in the realm of autonomous robotics, particularly in applications requiring real-time decision-making, trajectory optimization, and obstacle avoidance. This paper presents an integrated approach combining Markov Decision Processes (MDPs) with Model Predictive Control (MPC) to improve navigation performance in constrained and partially observable environments, such as mazes or dynamic indoor settings.

Traditional MDPs provide a robust framework for sequential decision-making under uncertainty, but they often face challenges in dynamic and computationally intensive scenarios due to their reliance on complete state-transition knowledge and the curse of dimensionality. Meanwhile, MPC excels in short-horizon planning with real-time preoptimizations, making it suitable for rapidly changing conditions. By integrating MDPs with MPC, we exploit the strengths of both methods—MDPs for high-level policy generation and MPC for low-level control refinement.

This study builds upon prior analyses of maze exploration using MDPs, extending them by incorporating predictive control mechanisms. The resulting hybrid approach demonstrates significant improvements in adaptability, efficiency, and scalability across a range of simulated scenarios. Case studies include grid-based maze environments, warehouse automation with autonomous mobile robots (AMRs), and dynamic multi-agent path planning systems.

Theoretical discussion is supported by experimental evaluations that measure performance metrics such as convergence time, computational load, collision rate, and path optimality. Key contributions also include analysis of trade-offs between state abstraction granularity in MDPs and horizon length in MPC, as well as real-world implications for warehouse logistics, search-and-rescue missions, and collaborative robotics.

In conclusion, integrating predictive control into MDP-based planning architecture offers a promising route for developing robust and intelligent navigation systems capable of operating effectively in uncertain and evolving environments.

Autonomous mobile robots face significant challenges navigating complex, dynamic environments due to uncertainties and sensor limitations. Markov Decision Processes (MDPs) offer a robust framework for decision-making under uncertainty [2], enabling robots to compute optimal navigation policies by maximizing expected rewards. However, MDPs often struggle with real-time adaptability and computational complexity in large or dynamic environments. Model Predictive Control (MPC) complements MDPs by providing real-time trajectory optimization and constraint handling through predictive, finite-horizon control [4].

We implemented an MDP framework for autonomous maze exploration in grid-world environments, including a physical 3x4 maze and a larger virtual 6x8 maze. In the 6x8 grid, the robot navigated 48 states with multiple obstacles and terminal states, employing policy iteration to derive optimal navigation policies. Key outcomes included:

- **Convergence Efficiency:** Despite the 6x8 maze being four times larger than the 3x4, policy iteration converged after only 19 iterations instead of the expected 44, demonstrating a **56.82% optimization in convergence speed** as shown in Fig.1. This efficiency gain was facilitated by combining MDP with a Left-hand rule exploration heuristic, reducing computational demand significantly.
- **Optimal Policy Maps:** The robot successfully generated navigation policies that avoided obstacles and guided it efficiently to the goal state across all accessible maze cells.
- **Scalability:** The approach scaled well, maintaining reliable policy accuracy and navigation performance in larger environments [1].

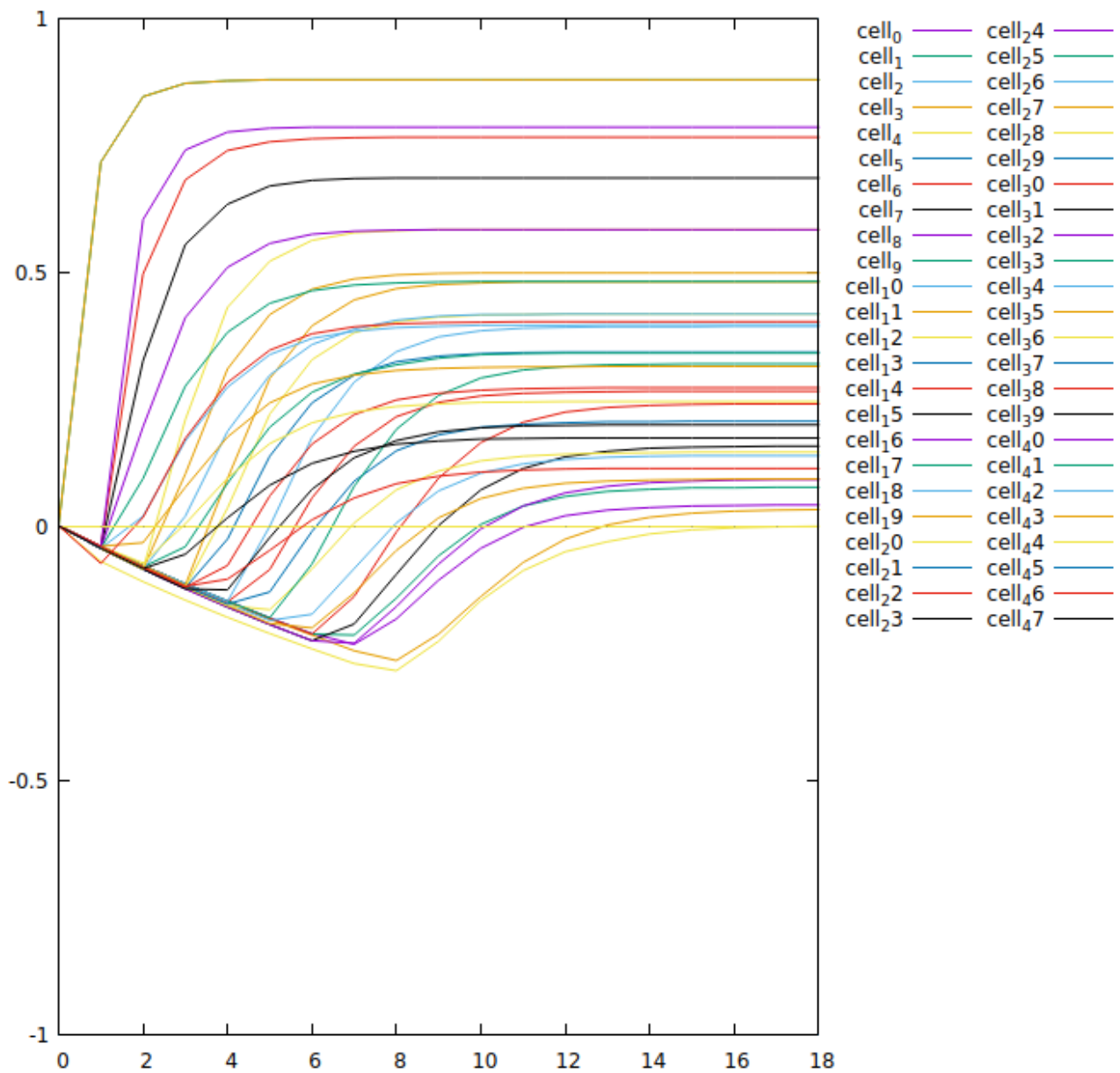


Fig. 1. 6x8 grid-wold convergence plot

Despite the promising results, MDPs showed limitations including:

- Increased computational cost for larger or more complex mazes [2].
- Limited adaptability to dynamic environmental changes, such as moving obstacles.
- Difficulty translating discrete policies into smooth, real-time control commands.

To address these challenges, integrating **Model Predictive Control (MPC)** is proposed. MPC excels in:

- Real-time trajectory tracking and control input adjustment.
- Handling system constraints (e.g., velocity limits, motor capabilities).
- Adapting quickly to dynamic environmental changes through continuous prediction and feedback.

Combining MDP's long-term policy optimization with MPC's short-term control offers several advantages:

- **Improved Real-Time Adaptability:** MPC allows fast adjustments to unforeseen changes, complementing MDP's strategic planning [3].
- **Smooth Trajectory Execution:** MPC transforms discrete MDP policies into continuous motion, enhancing navigation fluidity [4].
- **Scalability and Robustness:** The hybrid approach promises better performance in large-scale, uncertain, or dynamic environments, suitable for real-world applications like warehouse navigation or multi-robot coordination [5].

This study demonstrated a **56.82% optimization in policy convergence** for a 6x8 maze using MDPs combined with heuristic exploration. To overcome MDP limitations, future work will focus on developing hybrid MDP-MPC frameworks, integrating sensor fusion for improved localization, and leveraging reinforcement learning to further enhance computational efficiency [5]. This integrated approach aims to enable robust, adaptive autonomous navigation in dynamic real-world settings.

References

1. Puterman M. L. (2005) *Markov Decision Processes: Discrete Stochastic Dynamic Programming*. John Wiley & Sons. URL: doi.org/10.1002/9780470316887
2. Sutton R. S., Barto A. G. (2017) *Reinforcement Learning: An Introduction*. MIT Press. URL : doi.org/10.5555/3312046.
3. Camacho E. F., Bordons C. (2013) *Model Predictive Control*. Springer. URL : Doi:10.1007/ 978-0-85729-398-5.
4. Li J., Sun J., Liu L., Xu J. (2021) Model predictive control for the tracking of autonomous mobile robot combined with a local path planning, *Measurement and Control*, vol. 54, no. 9–10, pp. 1319–1325, URL : doi.org/10.1177/00202940211043070.
5. Borrelli F., Bemporad A., Morari M. (2017) *Predictive Control for Linear and Hybrid Systems*, Cambridge University Press. URL : https://lccn.loc.gov/2016042160.

INTELLECTUALIZATION OF PRODUCTION PROCESSES IN DIGITAL PRINTING

Vadym Herasymchuk

*Institute of Printing and Media Technologies in Lviv Polytechnic National University
Lviv, Ukraine*

E-mail: vadim32175@ukr.net

Інтелектуалізація виробничих процесів у цифровому друку

The implementation possibilities of artificial intelligence systems in digital printing production processes have been examined. Potential areas of automation have been analyzed, including quality control, variable content generation, layout optimization, technical failure forecasting, and others. The effectiveness of AI algorithms in enhancing productivity, reducing operational costs, and improving process stability has been evaluated. Existing technological solutions have been reviewed, and their integration into modern digital printing systems has been explored. Recommendations have been developed regarding the prioritization of AI deployment areas, depending on the specific requirements of printing enterprises. The study presented contributes to a broader understanding of the role of AI in transforming digital printing workflows.

The printing industry is undergoing transformation under the influence of intelligent technologies, driven by the need for flexibility, speed, and quality. Digital printing being one of the most dynamic sectors creates favorable conditions for the active implementation of artificial intelligence [1].

However, certain challenges exist in implementing AI, including high deployment costs, incompatibility with existing software, a shortage of qualified specialists, and a strong dependency on high-quality datasets. There is also a legal and regulatory aspect: AI technologies require standardization in accordance with ISO/IEC frameworks. As of now, the printing industry lacks specific AI-related standards. Only the general standard ISO 42001:2023 has been adopted, which sets requirements for AI management systems and could serve as a foundation for future sector-specific standards [2].

In the future, the concept of a Smart Print Factory may become viable, where printing enterprises implement fully integrated production systems combining artificial intelligence, automation, the Internet of Things (IoT), and cloud services. A computer vision module can be used for automatic analysis of printed images in real time.

Machine learning models can detect defects such as misalignment, blurring, color deviations, or artifacts. This minimizes human error, reduces waste, and enables the printing process to be stopped immediately when deviations are detected [3, 4].

Natural Language Generation (NLG) systems can produce unique texts for each customer, including rapid creation of personalized layouts e.g., promotional flyers that include the recipient's name, images, QR codes, and text generated based on previous purchases. This technology is already in use — HP, for example, has

implemented SmartStream Mosaic system on functional digital presses. International companies have successfully used it to create up to 7 million unique labels [5].

Genetic Algorithms (GA), Ant Colony Optimization, and Reinforcement Learning are applied to layout optimization by finding the most efficient placement of elements (Table 1).

Table 1
AI applications in Digital Printing

AI Application	Example	Advantage
Print Quality Control	Real-time image analysis using computer vision	Instant error detection and correction
Variable Content Generation	Personalized layout generation	Fast production of individualized materials
Layout Optimization	Optimal element arrangement via Fiery or Kodak Smart Imposition	Time and material waste reduction
Production Planning	Automatic load balancing	Optimized timing, deadlines, and resource usage
Equipment Diagnostics	Online analysis of machine condition	Early alerts for maintenance, reduced downtime

Source: created by the author

Xerox has also developed AI-based tools for image optimization and press calibration. The PredictPrint Media Manager software allows automatic calibration of materials by scanning the substrate barcode and applying AI-based adjustments to color profiles, alignment and uniformity ensuring optimal output without human intervention [6].

Production scheduling tasks will be handled using intelligent planning algorithms (Scheduling AI), Deep Q-Learning, and Multi-Agent Systems, which consider the specific requirements of equipment and incoming orders. For fault diagnostics and predictive maintenance, Long Short-Term Memory (LSTM) models can be used to analyze sensor data in real time. In combination with anomaly detection modules—such as Isolation Forest, AutoEncoder, and One-Class SVM—the system can classify machine states based on sensor logs, particularly when integrated with IoT sensors via visual programming platforms like Node-RED [7].

Despite the numerous advantages of AI, its deployment in digital printing presents several ethical and practical risks. The use of AI-generated content raises concerns regarding copyright ownership and content authenticity, especially in personalized marketing materials. Additionally, AI-driven automation may lead to workforce displacement, particularly among operators and designers.

Data privacy is another critical issue, as many intelligent systems rely on collecting customer behavior data. Ensuring GDPR compliance and ethical data usage is essential. Finally, the opacity of AI decision-making ("black box" problem) may complicate quality control accountability in regulated printing environments.

Artificial intelligence has significant potential to modernize digital printing, particularly in quality control, production planning and personalized content generation. Technical analysis and real-world case studies confirm the effectiveness of relevant AI modules. Compared to traditional printing, digital workflows are more adaptable to intelligent integration.

However, barriers remain — technical, human, and regulatory. These barriers require comprehensive solutions. Future research may focus on creating standardized AI integration models for production processes and evaluating their long-term performance.

Anyway, the implementation of AI technologies in digital printing is not without drawbacks. High initial investment costs, complexity of integration with legacy systems, and the need for large volumes of high-quality training data limit the accessibility of such solutions for small and medium-sized enterprises. In some cases, AI systems may produce unpredictable results or require frequent recalibration, reducing overall system reliability.

References

1. Lutskiv M. (2012) *Digital printing technologies: Monograph*. Lviv: Ukrainian Academy of Printing.
2. International Organization for Standardization. (2023). *ISO/IEC 42001:2023 Information technology — Artificial intelligence — Management system*.
3. Herasymchuk V. (2025, April 7–11) Defining parameters of an automated intelligent quality control system for printed products, *Proceedings of the 91st International Scientific Conference of Young Scientists, Postgraduates, and Students “Scientific Achievements of Youth for Solving the Food Challenges of the 21st Century”*, Kyiv : NUFT, p. 366.
4. Herasymchuk V. (2025) Application of computer vision technologies for layouts of large language models. *Information Technologies: Science, Technology, Education, Health*, 33, 1507.
5. HP. (n.d.) *HP Indigo 8K Digital Press | Labels & Flexible Packaging Digital Printing Presses*. HP® Official Site. Retrieved May 24, 2025. URL : <https://www.hp.com/us-en/industrial-printers/indigo-digital-presses/labels-flexible-packaging-digital-presses/8k-printing-press.html>
6. Xerox. (n.d.) *PredictPrint Media Manager Software — Xerox*. Retrieved May 24, 2025. URL : <https://www.xerox.com/en-us/digital-printing/predictprint-media-manager-software>
7. Putrada A. G., Alamsyah N., Pane S. F., Fauzan M. N., Perdana D. (2023) [Conference presentation]. *IEEE International Conference on Communication, Networks and Satellite (COMNETSAT)*.

USE OF IOT TECHNOLOGIES FOR INJURY AND TRAUMA ANALYSIS IN AI-ASSISTED RADIOGRAPHIC INTERPRETATION

Yaroslav Hladkyi, Myroslava Gladka

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

E-mail: gladkam@fit.knu.ua

Використання IoT технологій при аналізі поранень чи травм для рентгенографічного читання з допомогою штучного інтелекту

For radiographic interpretation using artificial intelligence (AI), various types of readers (detectors) are employed to digitize X-ray images for subsequent processing by neural networks or other AI algorithms. The use of IoT devices for image analysis helps reduce physicians' cognitive biases and more accurately identify patient issues.

In modern medicine, diagnostic accuracy and speed are of paramount importance — especially in emergency care. Radiography is one of the key imaging tools for detecting injuries to bone tissue, internal organs, and soft tissues. The application of artificial intelligence (AI) technologies greatly expands the capabilities of automated analysis of X-ray images by reducing the influence of human factors and accelerating the clinical decision-making process.

At the same time, the emergence and development of Internet of Things (IoT) technologies open new horizons for integrated medical systems. IoT devices enable continuous monitoring of a patient's condition, collect sensor data in real time, and transmit it to cloud-based AI systems for automatic processing and analysis. Such a synergy of IoT and AI has the potential to revolutionize the injury-diagnosis workflow—from initial detection and imaging through to definitive diagnosis.

Contemporary medical facilities face challenges related to a shortage of qualified radiologists, particularly in rural areas or active conflict zones. Meanwhile, the number of patients with trauma injuries is rising each year due to increases in traffic accidents, natural disasters, and military conflicts. Under these circumstances, it is crucial to ensure timely, high-quality X-ray diagnostics regardless of the patient's location.

Integration of IoT into radiographic systems enables:

- automatic transmission of images to cloud-based services for AI processing;
- use of sensors to monitor patient vital signs during the examination;
- remote interpretation of scans by medical specialists or deep-learning systems.

This system is especially relevant for military medicine, mobile hospitals, “smart” hospitals, telemedicine, and emergency response systems.

Let's consider the main types of readers:

CR (Computed Radiography) readers use phosphor plates (IP — Imaging Plate). After exposure, the plate is scanned with a special laser to read out the image.

The scanned image is then converted into a digital form suitable for analysis by AI algorithms.

DR (Digital Radiography) readers are direct or indirect digital detectors (FPD — Flat Panel Detectors) where the image is transmitted directly in digital form. There are two types: Direct (e.g., selenium) — X-rays are converted directly into electrical signals. Indirect (e.g., cesium or gadolinium) — X-rays are first converted into light, then into an electrical signal.

CCD (Charge-Coupled Device) detectors, in which X-rays are converted into visible light that is then captured by a CCD sensor.

CMOS (Complementary Metal–Oxide–Semiconductor) detectors, similar to CCDs but offering better energy efficiency and faster readout.

The use of these readers ensures reliable results free from the physician's subjective judgment.

Artificial intelligence enhances fracture classification by automating the analysis of X-ray images and improving diagnostic accuracy. The main mechanisms include:

1. Automatic anomaly detection. AI algorithms analyze images and highlight suspicious regions (e.g., wrist or rib fractures) with rectangular bounding boxes. This reduces the rate of missed cases by 3–10%.

2. Confidence-based categorization. Systems employ two thresholds: DOUBT-FRACT (50 % confidence) for potential fractures that warrant a physician's attention; FRACT (90 % confidence) for high-specificity detections.

3. Support for multiple specialists. AI augments the diagnostic capabilities not only of radiologists but also of emergency physicians, orthopedists, and rheumatologists.

4. Workload reduction for clinicians. The technology does not replace specialists; it filters studies by flagging potential pathologies. The final interpretation always rests with the healthcare professional.

These approaches are especially valuable for diagnosing complex fractures (e.g., non-displaced fractures or those in the hip region), where the human eye alone is often insufficiently precise.

Literature

1. Bollinger D., Li H. *Quality Assurance of X-ray Computer Tomography*. Handbook of X-ray Imaging. 2017. P. 775–790.
2. Krupinski EA, Williams MB, Andriole K, Strauss KJ, Applegate K, Wyatt M, Bjork S, Seibert JA., ACR. AAPM. *Society for Imaging Informatics in Medicine. Digital radiography image quality: image processing and display*. J Am Coll Radiol. 2007 Jun;4(6):389-400
3. Nguyen H. P., Hoang T. P., Nguyen H. H. *A deep learning based fracture detection in arm bone X-ray images*. 2021 International Conference on Multimedia Analysis and Pattern Recognition (MAPR), Hanoi, Vietnam, 15–16 October 2021. 2021.

PROSPECTIVE MEASURES TO OPTIMIZE ENERGY CONSUMPTION IN RAN 6G NETWORKS

Shefer O., Myhal S.

*National University "Yurii Kondratyuk Poltava Polytechnic", Poltava, Ukraine
E-mail: avs075@ukr.net*

Перспективні заходи оптимізації енергоспоживання в мережах RAN 6G

Із наближенням епохи 6G проблема енергоефективності мереж радіодоступу (RAN) стає особливо актуальною. Зростання кількості підключених пристроїв, обсягів трафіку та інтеграція новітніх технологій, таких як штучний інтелект (AI) та Інтернет речей (IoT), суттєво підвищують енергетичне навантаження на інфраструктуру. В роботі розглядаються сучасні виклики та перспективні підходи до оптимізації енергоспоживання в RAN 6G, зокрема використання AI/ML, гетерогенних мереж, механізмів «сплячого режиму», edge computing і альтернативних джерел енергії. Аналіз підкреслює необхідність комплексного підходу для стійкості й економічної ефективності мобільного зв'язку.

With the development of mobile communications, each subsequent generation of networks (from 1G to 5G) has become more productive and functional [1]. At the same time, with the increase in data transfer speed, the number of connected devices and the growth of traffic volumes, the energy consumption of network infrastructure is also increasing — especially in the segment of radio access networks (RAN).

The rapid development of mobile telecommunications systems necessitates a rethinking of approaches to designing next-generation networks. The growth in the number of connected devices, the intensive expansion of traffic volumes, create a significant energy load on the infrastructure. In this context, there is an urgent need to develop comprehensive solutions aimed at optimizing energy consumption.

In this context, 6G technology, expected after 2030, poses new challenges and opens up new opportunities for optimizing energy consumption.

With the rapid development of communication technologies and the approach of the 6G era, the issue of energy efficiency of RAN is becoming critically important. It is expected that 6G will provide even higher bandwidth, millisecond latency and integration with artificial intelligence (AI) and Internet of Things (IoT) technologies, which will significantly increase the energy load on the infrastructure [2].

The purpose of the study is to analyze and evaluate current and promising approaches to reducing energy consumption in 6G RAN networks, as well as to identify key technologies that will contribute to achieving energy sustainability.

RAN networks traditionally consume the largest share of energy in the telecommunications infrastructure — up to 70% of total consumption. The main sources of energy consumption are:

Radio transmitting devices (transmitters, power amplifiers); Base station cooling systems; Real-time signal processing equipment: Constantly maintaining high network availability [3].

Given the projected large-scale growth of Internet of Things (IoT) devices, expanding the spectrum of XR/AR/VR services and reducing delays to the millisecond level, the need for energy-optimized solutions becomes critical.

One of the most promising ways to reduce energy consumption is the use of AI/ML algorithms, for example, to predict network load or dynamically control the on/off of radio modules.

6G networks involve the widespread implementation of heterogeneous structures: macrocells, small cells, pico- and femtocells, as well as repeaters. Such an architecture allows the use of low-power equipment and offloads from central nodes, which leads to a decrease in total energy consumption while maintaining or improving the quality of service.

The introduction of mechanisms for switching to "sleep mode" at low load allows you to save energy without harming the user experience. Such measures can include, for example, dynamically turning off radio modules at night, as well as turning off individual sectors of antenna systems during off-peak hours.

Reducing traffic to the central cloud by processing data directly at edge nodes (for example, at base stations) allows you to minimize delays, reduce the load on the backbone network, and save energy for transporting traffic.

The integration of solar panels, wind turbines and energy storage systems (ESS) into the power supply of base stations makes it possible to reduce dependence on traditional energy sources, especially in rural and remote areas.

Optimizing energy consumption in 6G RAN networks is a key task for ensuring the sustainable development of mobile communications. The synergy of innovations in the field of AI, new architectures, materials and energy sources opens up new horizons for the implementation of environmentally friendly and cost-effective 6G infrastructure.

References

1. Ismail S. F., Kadhim D. J. (2024) Towards 6G Technology: Insights into Resource Management for Cloud RAN Deployment. *IoT*, vol. 6, is. 2, pp. 409–448.
2. Ahmad R., Ayyash M., Salameh H. B., El-Khazali R., Eigala H. (2023) Indoor Flying Networks for 6G: Concepts, Challenges, Enabling Technologies, and Opportunities. *IEEE Communications Magazine*, vol. 61, is. 10, pp. 156–162.
3. Wang J., Zhou Y., Wang B. (2023) Design of 6G Space-Ground Integrated Network Architecture Based on Ground Core Network. *International Wireless Communications and Mobile Computing, IWCMC 2023*, pp. 1250–1255.
4. Liu X., Xu J., Li L. (2021) 6G-enabled Edge Intelligence for Ultra-Reliable Low Latency Applications: Vision and Mission, *Computer Communications*, 181, 37–49. URL : <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2021.07.006>.
5. Saeed N., Alouini M. S., Al-Naffouri T. Y. (2025) *Towards Sustainability in 6G and beyond: Challenges and Opportunities of Open RAN* : arXiv preprint. URL : [arXiv:2503.08353](https://arxiv.org/abs/2503.08353).

COMPUTER-INTEGRATED AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR A TECHNOLOGICAL UNIT WITH A DECISION SUPPORT SUBSYSTEM

Viktor Sidletskyi

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

E-mail: vmsidletskiy@gmail.com

This paper presents a computer-integrated automated control system for a diffusion station, enhanced with a decision support subsystem. The system addresses limitations of conventional automation in reacting to unmeasurable factors. It employs neural-fuzzy logic and game theory tools to support operator decision-making via a specialized interface. The approach improves process efficiency and demonstrates the potential of intelligent automation in complex and seasonal industrial environments.

Existing automation systems do not always adequately respond to violations of the technological regime. This can be explained by the fact that a number of uncontrolled parameters—such as raw material and chip quality indicators, chip movement in the scalding unit and column, and equipment loading—remain outside the scope of the automation system, significantly affecting the station's operation and deteriorating its performance indicators. In the event of a technological disruption, it becomes necessary to adjust process parameters. Without automatic correction algorithms, such decisions must be made by the operator. The effectiveness of the decisions made depends on the operator's professionalism, ability to quickly identify the cause of the disruption, and capacity to take adequate corrective actions. Decision-making is complicated by the fact that the technological process may deviate due to various weakly formalized factors, and quality indicators can only be maintained by adjusting multiple interdependent parameters.

Given the complexity of the juice extraction process and the seasonal nature of sugar plant operations, existing automation systems should be supplemented with a subsystem that assists the operator in assessing the situation and making the appropriate control decision. Such an approach would increase the efficiency of the diffusion station and improve juice extraction quality by enhancing the automated control system through the integration of a decision support subsystem.

The need to improve modern process automation systems is driven by increasing production complexity, the multifactorial nature of disturbances, and the need for rapid decision-making in non-standard situations. In response to these challenges, intelligent methods are increasingly being introduced to enhance adaptability, accuracy, and reliability of industrial control systems. This is confirmed by a number of studies demonstrating the effectiveness of neural network and analytical approaches to controlling complex objects. For instance, in [1], an automated control approach for sugar crystallization in a vacuum pan is proposed, incorporating analytical modeling based on deformation gradients to account for temperature and dry matter concentration. Key dynamic characteristics—amplification factor, time constant, and delay—were identified to improve control precision under nonlinear dynamics. Similarly, study [2] justifies the use of neural

networks for modeling and adaptive control of HVAC systems, eliminating the need for complex physical formulations. The proposed model is effectively integrated with SCADA systems, providing real-time environmental adaptation—particularly important for energy-efficient facilities. In turn, reference [3] presents a neural network level controller for an evaporator, with model adequacy confirmed by the Durbin–Watson d-statistic. Compared to the classical PI controller, the model demonstrates higher accuracy (static error $\leq 0.2\%$) and eliminates the need for detailed physical formalization, which is especially critical for complex technological processes.

Therefore, it was proposed to implement not merely an automation system for an individual station, but a computer-integrated automated control system for a technological section with a decision support subsystem [4]. This system integrates adjacent sections and external systems, from which information is processed using methods not typically included in conventional control systems, particularly methods such as neuro-fuzzy logic, elements of game theory, and other advanced computational tools (see Fig. 1).

The operator receives recommendations via the corresponding interface (see Fig. 2). The window contains several sections displaying technological parameter values (both current and setpoints), laboratory data from the plant, and visual inspection data of the equipment. To facilitate analysis of performance changes in the diffusion station over the previous operating period, this information is presented in the form of historical trends.

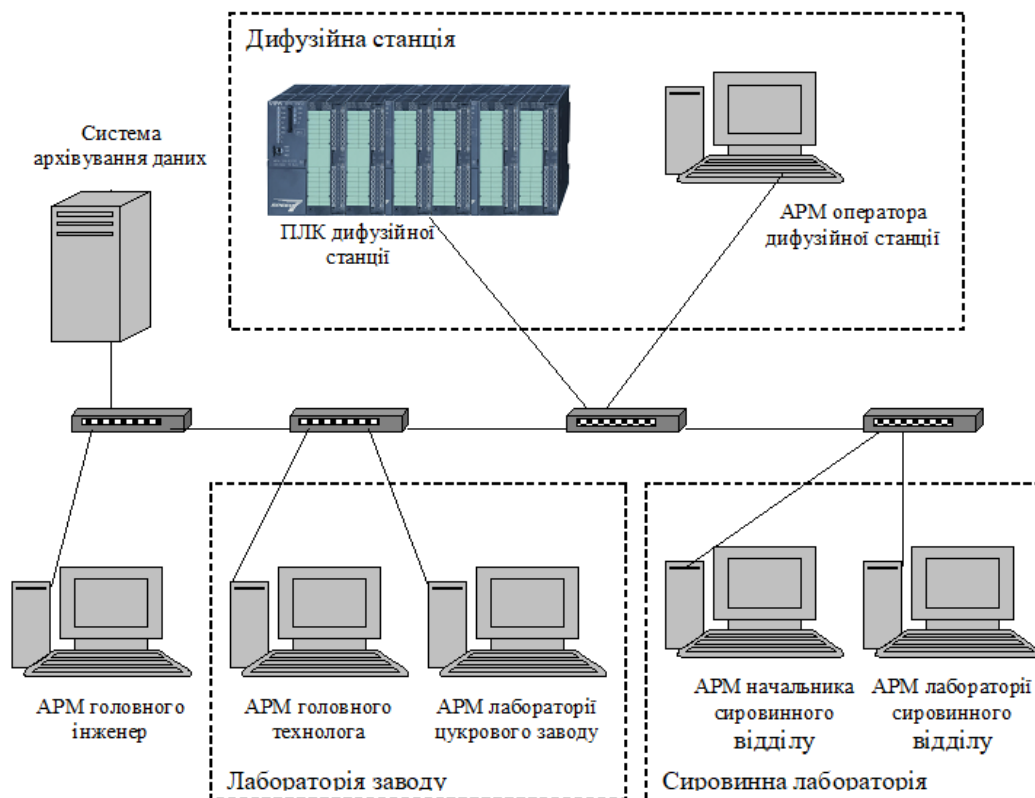


Fig. 1. Structural diagram of a computer-integrated automated control system for the diffusion station of a sugar factory

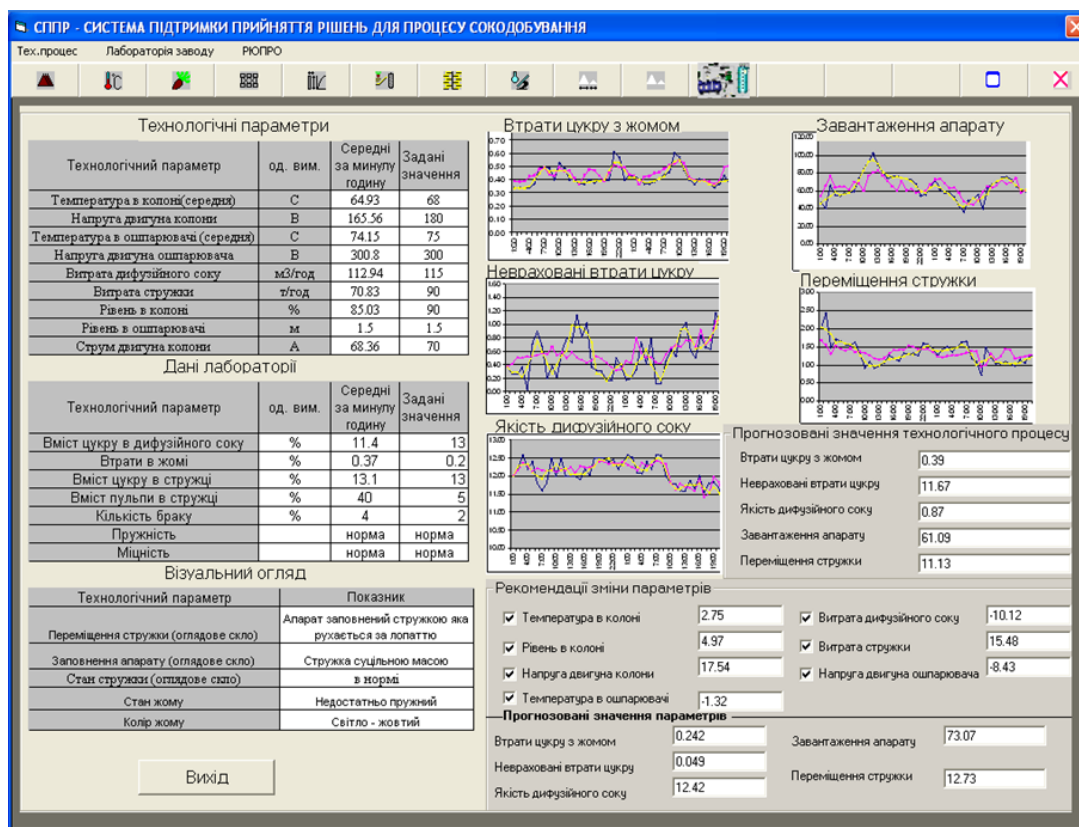


Fig. 2. Decision Support System interface for analysis, forecasting, and adjustment of juice extraction process parameters

The interface shown in Fig. 2 represents the operator's workspace within the Decision Support System (DSS). It enables real-time monitoring and interaction with key process parameters, including current and target values, laboratory data, and equipment diagnostics. The interface also provides historical trend visualization to support informed decision-making regarding process deviations and correction strategies in juice extraction.

References

1. Sidletskyi V., Kukhar O. (2024) Change of crystallization process attributes in a vacuum pan of automation systems, *Ukrainian Food Journal*, 13(2), pp. 366–384.
2. Velychko I., 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)), 21–26.
3. Hrama M., Sidletskyi V. (2023) Studying the adequacy of the neural network level controller in the automated control system of an evaporator, *Intern. Scientific Technical Journal "Problems of Control and Informatics"*, 69(1), pp. 52–62. doi: 10.34229/1028-0979-2024-1-5.
4. Sidletskyi V. M., Elperin I. V. (2022) *Tekhnolohii konstruktsii suchasnykh avtomatyzovanykh system (z prykladamy dlia dyfuziinoi stantsii tsukrovoho zavodu)* [Technologies for Designing Modern Automated Systems (with Examples for the Sugar Factory Diffusion Station)]. Kyiv: Lira-K, 2022. 180 p.

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ГРУПОЮ СТАНЦІЙ ЗАРЯДКИ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

**Балюта С. М., Копилова Л. О., Жуков М. Ю., Жуков Д. Ю.,
Кондрашевський М. С., Зінькевич П. О., Сінюков Д. Ю.**
Національний університет харчових технологій, Київ, Україна
E-mail: balutasn@nuft.edu.ua

Intelligent Control System for a Group of Electric Vehicle Charging Stations

The increase in the number of electric vehicles in the country and the increase in the capacity of their traction batteries necessitates the development of an appropriate charging infrastructure consisting of groups of charging stations. Economical and reliable electrical supply of the charging infrastructure of electric vehicles can be achieved by using photovoltaic power plants (PES) and electric energy storage units (NEE). To ensure the economic modes of functioning of the charging infrastructure with PES and NEE, the creation of an intelligent control system is proposed.

Зі збільшенням електрифікації автопарків зростає попит на ефективне використання зарядної інфраструктури. Існуючі зарядні інфраструктури обмежені малопотужними електричними лініями підключення та відсутністю зарядних засобів. Розширення зарядної інфраструктури вимагає фінансових вкладень, часу і зусиль. Інтелектуальна система керування зарядкою забезпечує оптимальне використання існуючої інфраструктури зарядки під час задоволення потреб зарядки електромобілів (ЕМ).

Розроблена дворівнева система керування оптимального оперативного управління групою зарядних станцій з ФЕС і НEE. На нижньому рівні керування заряджанням динамічно контролюються процеси заряджання окремих транспортних засобів. Зокрема формується графік зарядження, в якому обумовлюється: який електромобіль (ЕМ) може заряджатися, на якій зарядній станції, з якою потужністю і в яких часових межах. При побудові графіка зарядження враховуються такі дані, що передаються зарядній станції (ЗС) від ЕМ, а також мобільний додаток власника електромобіля: плановий час стоянки ЕМ; відстань до наступної планової зарядки; ступінь заряду акумулятора ЕМ; залишковий пробіг електромобіля; інформація про обрану швидкість зарядки; необхідна зарядна потужність (струм); струм живлення (струм) зарядки; використання ЗС, що входять до складу групи; температура ЗС.

Графік зарядження ЕМ визначається тривалістю подачі та доступним електропостачанням. Передбачається двоетапне формування графіка зарядки: планування зарядки на добу вперед, а потім планування в режимі реального часу. При плануванні зарядки на добу вперед використовується змішана модель цілочисельного програмування, що дозволяє проводити розрахунки оптимальних планів завантаження та заздалегідь використовувати доступну інформацію. Потім використовується розроблений алгоритм, який адаптує попередньо розрахований графік в режимі реального часу з урахуванням уточнених даних.

Крім того, вирішується питання невизначеності в інтелектуальній системі керування зарядкою ЕМ. Зокрема, важливою складовою пріоритетності зарядки ЕМ є час відправлення ЕМ, який заздалегідь невизначений. Для прогнозування часу відправлення ЕМ використовується штучна нейронна мережа у вигляді багатопшарового пресептрона, що навчається з використанням вторинних даних. Розроблено алгоритм зарядки з врахуванням необхідної ЕМ потужності заряджання. У цьому алгоритмі передбачається обмеження потужності, що виділяється на окрему ЗС, відповідно до запитуваної ЕМ потужності. Наявна потужність ГЗС, що залишилася, може бути розподілена між іншими ЗС.

Цей алгоритм є актуальним для застарілих моделей ЕМ, що не підтримують зарядку доступною потужністю, виділеною на окрему ЗС, а також для випадку, коли тягова батарея ЕМ заряджена більш, ніж на 80%, і не потрібно великий струм зарядки. Розроблено алгоритм, для врахування заявленого часу стоянки ЕМ. У цьому алгоритмі передбачається обмеження виділеної потужності на окрему ЗС відповідно до заявленої тривалості стоянки. За інформацією, отриманою від користувача через мобільний додаток, заряд може бути відкладений або обмежена його потужність з урахуванням завершення повного заряду на час від'їзду.

Таким чином, наявна потужність ГЗС що залишилася може бути розподілена між іншими ЗС. Цей алгоритм є актуальним для ситуацій, в яких тривалість стоянки електромобіля перевищує час, необхідний для повної зарядки тягового акумулятора ЕМ. В цьому випадку в якості параметра цільової функції оптимізації час зарядки і споживана потужність (сила струму). Розроблено алгоритм для врахування відстані до наступного планованого пункту зарядки ЕМ. Відповідно до цього алгоритму система керування, отримуючи інформацію про залишковий пробіг електромобіля і ступеня заряду акумулятора, може пропонувати користувачу не повністю заряджати електромобіль, а лише для забезпечення гарантованого переміщення до наступного пункту зарядки і мінімізації часу перебування на ЗС у разі її великої затребуваності (у разі зарядки декількох електромобілів на ГЗС).

Керування заряджанням на вищому рівні відстежує наявну потужність від мережі живлення та ФЕС, а також забезпечує уникнення перевантажень трансформатора живлення ГЗС. Для цього контролюється стан буферного накопичувача електричної енергії (НЕЕ), потужність від ФЕС та визначається квота потужності для динамічного регулювання потужності зарядки на ЗС. НЕЕ дозволяє обмежувати пікові навантаження, тобто коли навантаження ГЗС є високим живити навантаження від НЕЕ і тимчасово знижувати навантаження на трансформатор. Як тільки потужність на трансформаторі падає, система керування може розпочати процес заряджання НЕЕ.

Таким чином, забезпечується збільшення максимально можлива потужність живлення ГЗС вище максимально допустимої потужності трансформатора, залежно від ємності (потужності) НЕЕ.

КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА СТАНУ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ТА ОБРОБЛЕННЯ ДАНИХ

**Балюта С. М., Копилова Л. О., Жуков М. Ю., Жуков Д. Ю.,
Кондрашевський М. С., Зінькевич П. О., Сінюков Д. Ю.**
Національний університет харчових технологій, Київ, Україна
E-mail: balutasm@nuft.edu.ua

Comprehensive Assessment of the State of Electrical Equipment Using Intelligent Analysis and Data Processing Methods

In the context of digitalization of electricity, information processing technologies are becoming important for making management decisions regarding a comprehensive assessment of the performance of electrical equipment based on current information about its status. The model of a system for proactive control of equipment status is proposed. It involves the choice and use of various methods of intellectual analysis of information on its change status and the formation of prompt and reliable solutions in the planning of maintenance and repair. The methodology of construction of neurofuzzy models for determination of actual and forecast equipment status is proposed.

Висока безпека, гнучкість, адаптивність і економічність функціонування систем електрозабезпечення промислових та цивільних об'єктів може забезпечуватися шляхом побудови інтелектуальної автоматизованої системи керування станом електротехнічного обладнання (ІАСКСЕО) [1].

Інформація про поточний і прогнозний стан електротехнічного обладнання (ЕО) дозволяє приймати рішення щодо стратегії його експлуатації та ремонту на короткострокову та довгострокову перспективу. Для цього з використанням методології функціонального моделювання розроблені ієрархічні гібридні моделі процесу прийняття рішень щодо технічного стану (ТС) ЕО, що базуються на об'єднанні основних параметрів, різних типах даних показників електричної енергії на різних ієрархічних рівнях системи електрозабезпечення та методів обробки даних. Підготовка даних для формування інтелектуальних моделей, а також логічний опис діагностичних параметрів проводиться з використанням нечітких функцій і процедур кластерного аналізу. За допомогою гібридних моделей виявляються причинно-наслідкових зв'язки між групами параметрів і підвищується інформативність ситуацій прийняття рішень, повнота знань і достовірність висновків про ТС ЕО.

Для отримання правильного висновку про ТС ЕО, з використанням нечіткої логіки була побудована система ієрархічних змішаних продукційних правил. Ієрархія правил полягає у включенні попередніх умов, тобто попередня умова одного правила є підмножиною попередньої умови іншого правила.

Для встановлення зв'язків між основними параметрами, факторами стану ЕО і показниками ЕЕ розроблена неоднорідна когнітивна модель, що є окремим випадком неоднорідної семантичної мережі. Специфіка запропонованого типу моделі полягає в тому, що модель базується на розвиненій системі ієрархічних

змішаних продукційних правил і передбачає особливу процедуру обробки множини вершин графа. Для навчання гетерогенної когнітивної моделі використовується штучна нейронна мережа. Для побудови штучної нейронної мережі запропоновано пошарове розташування вершин моделі з урахуванням введення фіктивних вершин (уточнення моделі до структури штучної нейронної мережі).

Для моделювання динаміки (прогнозування) ТС ЕО використовується гібридний підхід, який базується на застосуванні нейро-нечітких моделей (ННМ). Особливістю запропонованого підходу є можливість використання різних методів інтелектуального аналізу даних в комплексі, тобто формування адаптивних моделей оцінювання ТС ЕО з можливістю вибору найбільш ефективного методу. В якості інструмента організації системи керування ТС ЕО використовується адаптивна мережа нейро-нечіткого висновку ANFIS. Для навчання моделі використовується класична комбінація методу градієнтного спуску у вигляді алгоритму зворотнього поширення помилок (встановлення параметрів функції приналежності) і методу найменших квадратів (настроювання вагових коефіцієнтів). Методика дозволяє синтезувати ННМ і адаптувати їх з необхідною точністю результату, а також оцінити реальний стан ЕО з формуванням основних рекомендацій щодо їх подальшого використання. Для оцінювання ТС фотоелектростанцій (ФЕС), що входять до складу системи електрозабезпечення, використовують метод розпізнавання особливих режимів ЕО на основі прогнозування та класифікації особливостей часових рядів. Метою методу є проактивне виявлення особливих режимів для вибору сценарію використання обладнання або формування стратегії ТОiP. В методі використовується прогнозування з використанням ШНМ та класифікації часових рядів контрольованого параметра. Метод передбачає два етапи: етап прогнозування майбутніх значень контрольованого параметра ЕО, етап визначення особливих режимів поведінки ЕО з використанням прогнозних значень контрольованого параметра. Виявлення особливих режимів відбувається шляхом класифікації на основі вхідної послідовності значень ознак особливих режимів та послідовності прогнозних значень контрольованого параметра, що формуються ШНМ.

Використання запропонованих методів дає можливість здійснювати синтез діагностичних моделей, які дають забезпечують з високою точністю визначити стан ЕО, а також здійснювати їх адаптацію при зміні набору статистичних даних.

Література

1. Балюта С. М., Копилова Л. О., Куєвда Ю. В., Кондрашевський М. С., Романюк В. Т. (2024) Синтез інтелектуальної системи оцінки технічного стану обладнання системи електропостачання з фотоелектростанціями та накопичувачами енергії, *Наукові праці НУХТ*, 30(1), с. 105–118.

МЕТОДОЛОГІЯ ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ В УЛЬТРАЗВУКОВІЙ ВИТРАТОМЕТРІЇ

Бугайчук М. І., Роман В. І.

Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна

E-mail: maksym.i.buhaichuk@lpnu.ua

Methodology for the Application of Artificial Neural Networks in Ultrasonic Flow Metering

The article presents a methodology for applying artificial neural networks to improve the accuracy of flow rate measurements by ultrasonic flowmeters under conditions of distorted flow structures. The use of such a methodology proves the effectiveness of machine learning for adaptive flow calculation in real operating conditions.

Нестабільність роботи ультразвукових витратомірів (УЗВ) в умовах спотворень структур потоку, є одним із основних недоліків систем вимірювання витрати та кількості плинних енергоносіїв на базі витратомірів цього типу [1]. З одного боку, існують класичні способи усунення цієї нестабільності — пристрої підготовки потоку, конфігурація вимірювального трубопроводу (ВТ) перед УЗВ, ускладнення конструкції самого витратоміра тощо. З іншого боку, в умовах реальної експлуатації, можуть скластись такі умови, коли класичні способи не можуть вирішити проблему повністю (як от існують обмеження галузевих стандартів, щодо конфігурації ВТ). В результаті, профіль швидкості потоку в умовах спотворень його структур, не буде повністю розвиненим або навіть буде досі спотвореним. Це призведе до непередбачуваних результатів вимірювання.

Проте, що буде, якщо використати описану проблему на користь? В цьому науковцям та розробникам УЗВ можуть допомогти інтелектуальні методи дослідження (ІМД). Володіючи такими потрібними властивостями, як навчання на експериментальних даних та здатність до узагальнення, ІМД стали тим інструментом, який використовується вченими в подібних, здавалось би, патових ситуаціях. Зокрема, це стосується підвищення точності систем вимірювання витрати та кількості плинних енергоносіїв на базі УЗВ, коли останні працюють в умовах значних (критичних для [1]) спотворень структури потоку [2-4]. Штучні нейронні мережі (ШНМ) є одним із базових інструментів ІМД. На базі аналізу наукових праць, в цій роботі представлено методологію застосування ШНМ для підвищення точності (зменшення похибки вимірювання витрати) багатоканальних УЗВ в умовах спотворень структури потоку. Для розкриття суті цієї методології, розглянемо наступні питання:

1. Який спосіб підвищення точності багатоканальних УЗВ в умовах спотворень структури потоку обрати? Поширеними є два способи — інтерполяція профілю швидкості потоку або інтегрування швидкостей потоку УЗВ з хордовим розташуванням їх акустичних каналів.

2. Яку ШНМ обрати? Це питання потребує надання комплексної відповіді, що містить такі компоненти: який тип ШНМ; яка архітектура ШНМ (кількість шарів, кількість нейронів у конкретному шарі та тип функції активації нейронів — залежно від того, в якому вони шарі знаходяться); які вагові коефіцієнти нейронів ШНМ; що є (в показах УЗВ) входами та виходами ШНМ. Поширеними, для описаної проблеми УЗВ, є багат шарові ШНМ з прямим розповсюдженням сигналів та зворотним поширенням похибки [2-4].

3. Звідки брати навчальні та тестові дані для обраної ШНМ? Багат шарову ШНМ потрібно «навчити» (підібрати значення її ваг), щоб вона працювала потрібним чином — створювала хороше відображення та хороше узагальнення даних між виходом та входом УЗВ за умов спотворення структури потоку. В якості навчальних даних найчастіше обирають два набори даних — експериментальні та дані, що є результатами CFD-моделювання (застосування методів обчислювальної гідродинаміки) конструкції ВТ (комбінація місцевих опорів, регуляторів та трубопровідної арматури, що створюють спотворення профілю швидкості потоку перед УЗВ).

4. Як реалізувати роботу ШНМ та оцінити її ефективність? В еру комп'ютерних технологій існує безліч інструментів, що дозволяють науковцям та практикам, легко реалізувати ШНМ для їх застосування під конкретну проблему. Для таких цілей можна застосувати мови програмування високого рівня (Python, C/C++ чи Java) у парі з фреймворками (TensorFlow або Scikit-learn) та спеціальними бібліотеками, онлайн сервіси (Google Colab, Kaggle Notebooks, Microsoft Azure ML Studio, Amazon SageMaker тощо) або спеціалізовані прикладні пакети числових обчислень (MATLAB).

Результат проведених досліджень (безпосереднє застосування цієї методології), свідчить про те, що багат шарові ШНМ, відкривають нові можливості для удосконалення автоматизованих систем вимірювання витрати та кількості плинних енергоносіїв. Покази УЗВ можуть слугувати навчальними даними ШНМ, яка корегує покази системи в реальному часі, що є важливою перевагою в умовах нестабільних гідродинамічних режимів потоку.

Література

1. ISO 17089-1:2019 (2019). *Measurement of fluid flow in closed conduits — Ultrasonic meters for gas. Part 1: Meters for custody transfer and allocation measurement.*
2. Luntta E., Halttunen J. (1999) *Neural network approach to ultrasonic flow measurements.* Flow Measurement and Instrumentation, 10, pp. 35–43.
3. Dong J., Song B., He F., Xu Y., Wang Q., Li W., Zhang P. (2022) *An Intelligent Ultrasonic Flowmeter: Theoretical Analysis and Field Tests.* URL : <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4108347>.
4. Xu Z., Li M. (2024) Accuracy of a multipath ultrasonic flowmeter with deep learning based on the velocity profile, *Sensor Review*, vol. 44, no. 1, pp. 13–21.

ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ У НЕЛІНІЙНОМУ МОДЕЛЬНО-ПРОГНОЗНОМУ УПРАВЛІННІ

Величко І. В., Сідлецький В. М.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: velychkoiv@nuft.edu.ua

Using Neural Networks in Nonlinear Predictive Control

The possibility of using a neural network as an empirical model of dynamics in the Nonlinear Model Predictive Control (NLMPC) structure for HVAC systems is considered. The approach is based on local data from a SCADA system to create a Function Fitting Neural Network (FFNN) type measure, which replaces a physically described model for the predictive control problem..

У системах мікроклімату (HVAC) управління енергоспоживанням, температурою та якістю повітря вимагається врахування складної динаміки. Однак створення фізично точної моделі системи часто є складним або неможливим. Одним з альтернативних рішень [1] є використання нейронних мереж як моделей динаміки в структурі NLMPC (Nonlinear MPC). Модельно-прогнозне керування (MPC) є сучасним підходом, що дозволяє на кожному кроці прогнозувати майбутні стани системи і оптимізувати керувальні дії.

У дослідженні [2], проведеному на базі SCADA-моніторингу вентиляційної установки з використанням HVAC — контролера, було зібрано вхідні та вихідні дані системи за зимовим і літнім режимами. Зібрані дані включали 15 параметрів. В якості виходу було обрано 4 канали: стани виконавчих механізмів. Модель було навчено з використанням алгоритмів LM, BR і SCG. Найкращі результати показав алгоритм BR. Отриману нейронну мережу можна використати як нелінійну модель стану у структурі NLMPC, у якому для прогнозування використовуються нелінійні моделі системи. Аналогічно до лінійного MPC, при NLMPC на кожному кроці вирішується обмежена задача оптимізації на скінченному горизонті прогнозу. Для цього має бути реалізовано реалізовано:

1. Створено об'єкт $nlmpc$ (Рис 1.) з параметрами $nx = 4$ (кількість станів), $ny = 4$ (кількість виходів) та $nu = 3$ (кількість керуючих дій). Ці значення відповідають структурі нейронної моделі: чотири стани, які змінюються у часі, чотири вимірювані виходи, та три маніпульовані змінні, які впливають на систему (наприклад, стан нагрівачів).

2. Формування функції динаміки системи. Нейронна мережа була навчена на вхідних даних $[x; u; md]$, де x — вектор станів, u — вектор керування, і md — додаткові збурення (Manipulated Disturbance). Оскільки під час управління реальні MD недоступні, вони замінюються на нулі. Таким чином, нейронна мережа net прогнозує наступний стан $x(k+1)$ на основі поточного $x(k)$ і керування $u(k)$ (Рис. 2.).

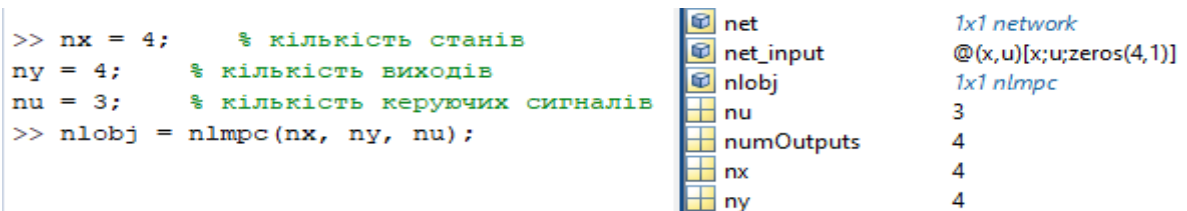


Рис. 1. Створений NLMPC об'єкт з необхідними параметрами

3. Налаштування функції спостереження. У випадку, коли усі стани системи вимірюються безпосередньо і немає додаткових трансформацій між станами і виходами, функція спостереження $y = h(x,u)$ дозволяє описати ситуації, коли вихід на змінна залежить не лише від стану, а й від керування.

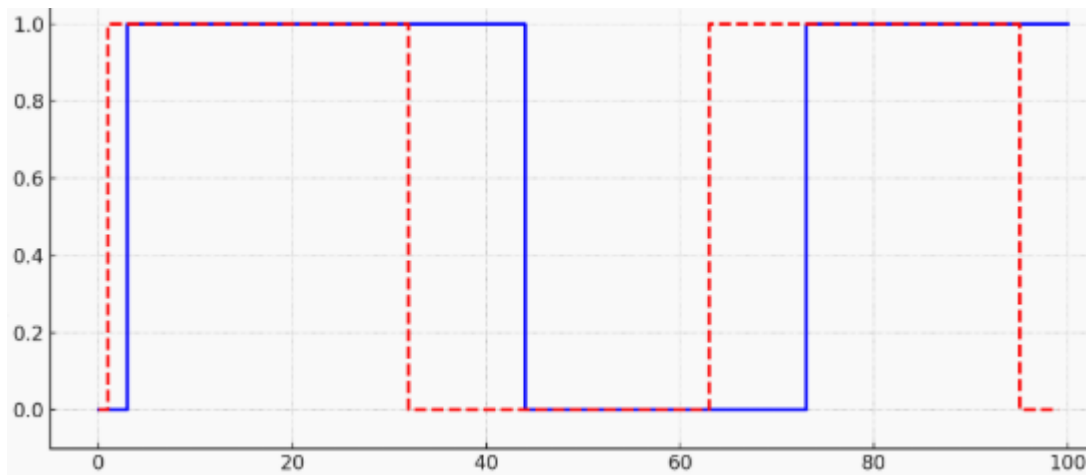


Рис. 2. Прогноз наступного стану x_1 на основі поточного x та керування u

Застосування нейронної мережі як моделі у структурі NLMPC є доцільним і перспективним підходом. Нейромережі здатні апроксимувати складні нелінійні залежності між станами та керуючими діями, що дає змогу точно прогнозувати поведінку об'єкта у відповідь на обрані дії керування. Використання таких моделей у ролі функції динаміки системи дозволяє обходити складнощі з фізичним моделюванням об'єкта, використовуючи замість цього дані з реальної системи.

Література

1. Afram A., Janabi-Sharifi F., Fung A. S., Raahemifar K. (2017) Artificial neural network (ANN) based model predictive control (MPC) and optimization of HVAC systems: A state of the art review and case study of a residential HVAC system, *Energy and Buildings*, vol. 141, pp. 96–113. URL : <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.02.012>.
2. Velychko I., Sidletskyi V. (2025) Development of a neural network model for an automated HVAC system based on collected data. *Technology audit and production reserves*, vol. 2, no. 2(82), pp. 21–26. URL : <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2025.326909>.

DWT-АНАЛІЗ СТАДІЇ РОСТУ КРИСТАЛІВ У ВАКУУМ-АПАРАТІ ПЕРІОДИЧНОЇ ДІЇ

Гудзь Ю. А., Луцька Н. М.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: gudzy.yuriy@gmail.com

DWT-Analysis of the Crystal Growth Stage in a Batch Vacuum Pan

Automated control systems (ACS TP) play a key role in improving production efficiency during sugar crystallization by optimizing vacuum pan operation. This ensures consistent product quality and reduces energy consumption. Recently, machine learning methods have shown great potential for further automation. They enable failure prediction through anomaly detection, helping to prevent breakdowns and reduce maintenance costs. Moreover, machine learning models can automatically determine optimal process parameters based on raw material quality and environmental conditions, enhancing adaptability and stability of the crystallization process.

Важливу роль у підвищенні ефективності виробничих процесів у цукровій галузі при кристалізації цукру відіграють автоматизовані системи керування технологічними процесами (АСУТП), які дозволяють оптимально регулювати параметри роботи вакуум-апарату [1]. Це забезпечує стабільну якість продукції та мінімізує енергетичні витрати. Тут останнім часом переважає використання методів машинного навчання, які відкривають значні перспективи для подальшої автоматизації. Зокрема, алгоритми машинного навчання можуть прогнозувати несправності, виявляючи аномалії в роботі обладнання. Це дозволяє уникнути аварійних ситуацій та скоротити витрати на ремонт. Моделі машинного навчання також здатні автоматично підбирати оптимальні параметри роботи вакуум-апарату залежно від якості сировини та умов навколишнього середовища.

Для дослідження однієї з ключових стадій варки цукру у вакуум-апараті періодичної дії було застосовано DTW-аналіз (Dynamic Time Warping) [2]. Цей метод дозволяє оцінити ступінь схожості між часовими рядами технологічних параметрів, навіть якщо ці ряди мають різну тривалість або зсуви у часі. У дослідженні було використано експериментальні дані з виробництва, зокрема такі параметри, як температура утфелю (T_1), тиск у вакуум-апараті (P_1), тиск гріючої пари (P_2), рівень у вакуум-апараті (L_1), концентрація сухих речовин (Brix) (Q_1), коефіцієнт пересичення міжкристального розчину (a_1) та навантаження на приводі циркулятора (E_{i1}). Застосування DTW-аналізу дозволяє виявити схожі профілі перебігу стадії між різними циклами, а також ідентифікувати аномальні або нестабільні режими. Це створює основу для класифікації варок, раннього виявлення відхилень і формування адаптивних стратегій керування. Таким чином, DTW-аналіз є ефективним інструментом для покращення стабільності процесу та підвищення якості кристалізації.

Розглянувши рис. 1, можна зробити наступні висновки щодо DTW відстаней між парами ознак (після нормалізації):

1. Деякі пари ознак демонструють значно вищі середні DTW відстані порівняно з іншими. До таких пар належать: L1-P1, L1-Ei1, P1-Q1, P1-a1, P1-a2, Q1-Ei1, Ei1-a1, Ei1-a2. Це свідчить про те, що часові ряди цих пар ознак мають найменшу схожість у своїй динаміці, навіть після врахування часових зсувів та розтягувань. Їхні патерни змін у часі є найбільш відмінними.

2. Інші пари ознак мають значно менші середні DTW відстані, що вказує на більшу схожість їхніх часових патернів. До таких пар належать: L1-Q1, L1-a1, L1-a2, P1-Ei1, Q1-a1, Q1-a2, a1-a2. Ці пари ознак, ймовірно, мають більш синхронні або подібні зміни в часі протягом технологічного процесу.

3. Більшість інших пар ознак мають середні DTW відстані, що знаходяться між цими крайніми значеннями, вказуючи на помірну схожість їхніх часових патернів.

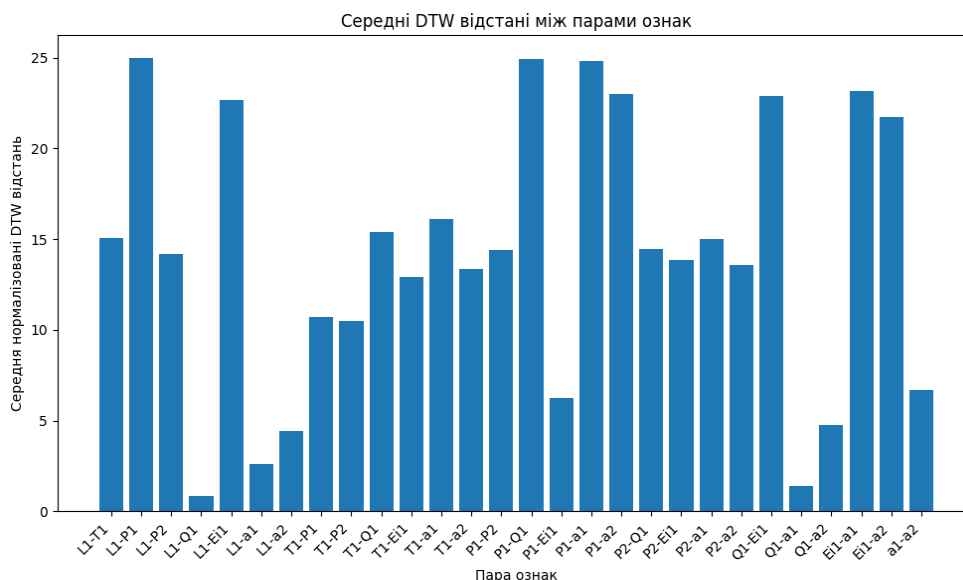


Рис. 1. Середні DWT-відстані між ознаками.

Застосування DTW-аналізу відкриває можливості для інтеграції з системами машинного навчання, що забезпечує гнучке та адаптивне керування процесом варки. Це сприяє зниженню браку та підвищенню продуктивності через точніший контроль параметрів. Подальші дослідження можуть зосередитись на розробці моделей прогнозування якості кристалів і автоматичній корекції режимів вакуум-апарату в реальному часі.

Література

1. Jagtap S., Garcia-Garcia G., Rahimifard S. (2021) Optimisation of the resource efficiency of food manufacturing via the Internet of Things, *Computers in Industry*, 127, p. 103397. URL : <https://doi.org/10.1016/j.compind.2021.103397>.
2. Tavenard R. (2020) *An introduction to Dynamic Time Warping*. URL : <https://rtavenar.github.io/blog/dtw.html>.

ПРИКЛАД ІНТЕГРАЦІЇ СЕНСОРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ІЗ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИМИ

Донець В. В., Ковальчук О. П., Галабурда Є. О.
Національний транспортний університет, Київ, Україна
E-mail: v.donets@ntu.edu.ua

Example of Integration of Sensor Technologies with Information and Communication Technologies

The integration of sensor technologies with information and communication systems enables the development of intelligent transportation solutions that enhance road safety and provide effective assistance and support to the driver in case of an accident by detecting crashes, transmitting data to emergencies and facilitating interaction between vehicles and infrastructure.

Розгляньмо тематичне дослідження, що демонструє інтеграцію сенсорних технологій з інформаційно-комунікаційними для удосконалення транспортних систем, надання допомоги та підтримки. Уявімо ситуацію: автомобіль потрапляє у ДТП через раптове відкриття вибоїни, внаслідок чого машина опиняється в пастці (Рис. 1) [1–2].

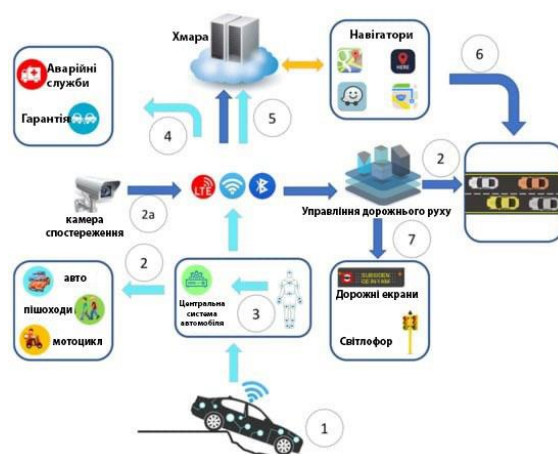


Рис. 1. Приклад сценарію «автомобіль потрапив у ДТП»

1. Системи моніторингу транспортних засобів використовують сенсори, що розміщуються як усередині, так і зовні автомобіля. Наприклад, акселерометри для вимірювання горизонтального положення авто, LIDAR для вимірювання відстані до можливого зіткнення, датчики удару для визначення його сили, а також ЕКГ для фіксації змін серцевого ритму пасажирів. Мета — виявити потенційно небезпечні ситуації. Проте, якщо автомобіль потрапляє у нещодавно утворену вибоїну на дорозі, негайно спрацьовують протоколи безпеки та захисту автомобіля, спрямовані на попередню оцінку ситуації.

2. Центральна система транспортного засобу запускає протокол

широкомовного оповіщення. Його задача — інформування водіїв та пішоходів, котрі перебувають поблизу місця події. Це дозволяє їм вжити додаткових заходів безпеки, таких як зниження швидкості або вибір альтернативного маршруту.

2а. Водночас, застосовуючи алгоритми розпізнавання, які інтегровані в камери спостереження, інфраструктура доріг реагує на обстановку та активує різні механізми безпеки. Скажімо, «розумні» світлофори коригують стратегію керування сигналами, блокуючи виїзд транспортних засобів на проїжджу частину або повністю перекриваючи рух.

3. Завдяки портативним сенсорам, закріпленим на пасажирів, центральна комп'ютерна система автомобіля отримує дані та аналізує фізичний стан пасажирів.

4. Після того, як з'ясується, наскільки пошкоджений транспорт та який стан здоров'я тих, хто в ньому їхав, центральна система відсилає повідомлення: (I) страховій компанії, яка застрахувала транспорт, вказуючи місце аварії, номер полісу страхування та попередні дані про пошкодження, взяті з наявної інформації; (II) службам швидкої допомоги та іншим необхідним організаціям, надаючи дані про ДТП, включаючи, але не обмежуючись ними: кількість пасажирів, їх розташування в автомобілі та відомості про стан їхнього здоров'я.

5. Усі дані про дорожньо-транспортну пригоду, згенеровані системами та протоколами автомобілів та дорожньої інфраструктури, передаються, а потім зберігаються у хмарному сховищі, щоб їх могли використовувати інформаційні системи, які надають додаткову інформацію та попередження усім водіям у реальному часі.

6. Служби геолокації, на кшталт Google Maps, Apple Maps та Waze, здатні застосовувати ці дані задля переобчислення актуальних чи альтернативних маршрутів, аби уникати заторів та інших пригод на дорозі.

7. Центральний вузол системи передає повідомлення до дорожньої інфраструктури (світлофори, інформаційні табло, сигнали світлофорів), для подальшого розповсюдження оповіщень та оновлень стосовно інциденту, з метою інформування водіїв та пішоходів про поточну обстановку.

Поеднання сенсорних і інформаційно-комунікаційних технологій підвищує ефективність сучасних транспортних систем, забезпечує своєчасну реакцію на ДТП, покращує безпеку і підтримку водіїв у критичних ситуаціях.

Література

1. Zhouxiang L., Petrosian O. (2025) Driver Assistance System Based on Multimodal Data Hazard Detection, *Computer Vision and Pattern Recognition (cs.CV); Machine Learning (cs.LG)*. URL: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2502.03005>.
2. Guerrero-Ibáñez J., Zeadally S., Contreras-Castillo J. (2018) Sensor Technologies for Intelligent Transportation Systems, *Sensors*. URL: <https://doi.org/10.3390/s18041212>.

РОЗРОБЛЕННЯ МОБІЛЬНИХ ДОДАТКІВ ДЛЯ ПЕРСОНАЛІЗАЦІЇ МАРКЕТИНГОВИХ КАМПАНІЙ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ДАНИХ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

Заварзін А. О., Харкянен О. В.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: and777zav@gmail.com

Development of Mobile Applications for Personalizing Marketing Campaigns Using IoT Data

Mobile applications integrated with IoT enable personalized marketing by leveraging real-time data from connected devices. This paper explores their development, focusing on data processing, security, and integration challenges.

Інтернет речей (IoT) трансформує маркетинг, надаючи брендам доступ до даних із підключених пристроїв, таких як смарт-годинники, датчики в магазинах чи розумні побутові прилади [1]. Мобільні додатки, що інтегрують IoT, дозволяють створювати персоналізовані маркетингові кампанії на основі поведінки та вподобань користувачів у реальному часі. Наприклад, смарт-годинник може передати дані про фізичну активність, на основі яких додаток запропонує знижку на спортивний одяг, а датчики в магазині можуть відстежувати рух клієнтів, щоб надсилати таргетовані push-повідомлення з акціями.

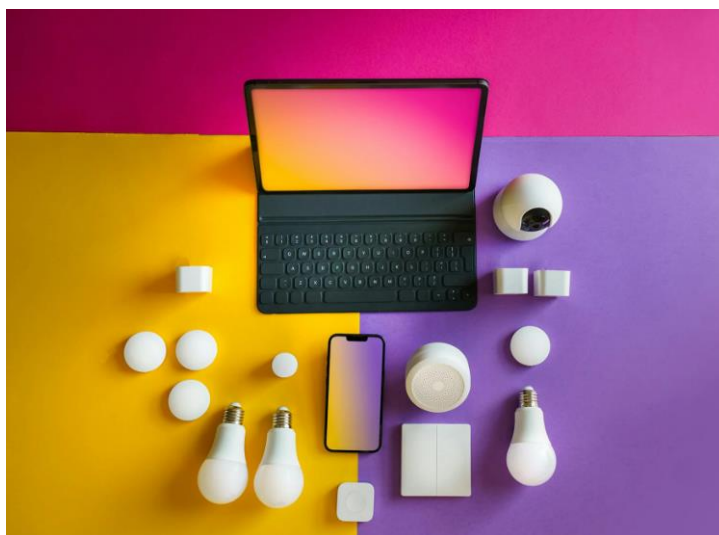


Рис. 1. Приклад IoT-пристроїв

Основна мета розроблення таких додатків — створення платформи, що збирає та обробляє IoT-дані (геолокацію, покупки, активність), аналізує їх для формування таргетованих пропозицій, інтегрується з маркетинговими системами через API та забезпечує захист даних відповідно до стандартів

GDPR. Наприклад, додаток може використовувати дані про частоту відвідувань магазину для створення програм лояльності. Ключові виклики включають безпеку даних, адже користувачі часто турбуються про конфіденційність [2], обробку великих обсягів даних, що потребує асинхронного програмування, та сумісність із різними IoT-пристроями через стандартизовані API.

Для ефективного розроблення рекомендовано використовувати крос-платформні фреймворки, такі як Flutter або React Native, для забезпечення сумісності з iOS та Android. Асинхронне програмування, наприклад, за допомогою бібліотеки *asyncio* у Python, дозволяє обробляти IoT-дані в реальному часі. Шифрування даних (HTTPS) та відповідність стандартам безпеки (GDPR) є обов'язковими для захисту інформації. Модульна архітектура з API спрощує інтеграцію з IoT-пристроями та маркетинговими платформами, такими як Salesforce або HubSpot. Наприклад, додаток може отримувати дані з розумного термостата про температуру в домі та пропонувати енергоефективні продукти.

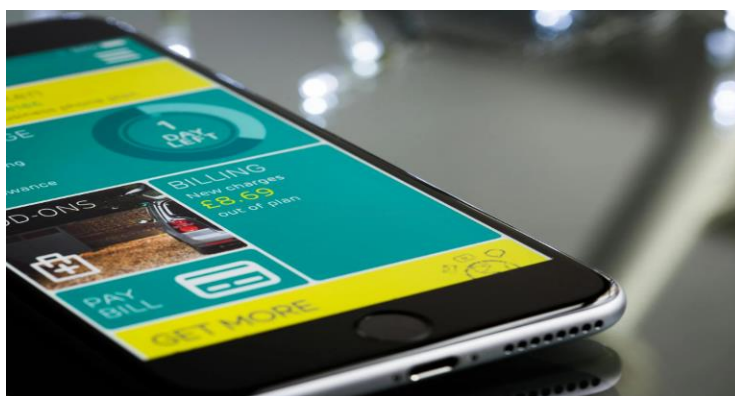


Рис. 2. Інтерфейс мобільного додатку для маркетингу

Мобільні додатки з інтеграцією IoT відкривають нові можливості для персоналізації маркетингу, підвищуючи залученість клієнтів через таргетовані пропозиції. Проте їх розроблення вимагає вирішення питань безпеки, оптимізації і обробки даних та забезпечення сумісності. Запропоновані рекомендації, включаючи використання кросплатформних технологій та стандартів безпеки, можуть бути основою для створення ефективних і безпечних мобільних рішень у маркетингу

Література

1. Kotler P., Kartajaya H., Setiawan I. (2021) *Marketing 5.0: Technology for Humanity*. Wiley, 304 p.
2. Nguyen B., Simkin L. (2023) The Role of IoT in Personalized Marketing: Trends and Challenges, *Journal of Marketing Technology*, 39(3), pp. 45–60.
3. Chaffey D., Ellis-Chadwick F. (2022) *Digital Marketing: 8th ed.*, Pearson Education, 576 p.
4. IoT in Marketing (2024) *Marketing Tech News* [online]. URL : <https://www.marketingtechnews.net/news/2024/iot-marketing-trends>.

ОПТИМІЗАЦІЯ НАВЧАННЯ LSTM-МЕРЕЖ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ СОНЯЧНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ БАЄСІВСЬКОГО ПІДХОДУ

Зінкевич П. О., Балюта С. М., Жуков Д. Ю., Корнієнко В. І.
Національний університет харчових технологій, Київ, Україна
E-mail: zinkevychpo@nuft.edu.ua

Куєвда Ю. В.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

Optimization of LSTM Network Training for Solar Generation Forecasting Using a Bayesian Approach

A methodology for training deep neural networks based on LSTM models using Bayesian optimization has been developed. Within the framework of the research, the optimization of the LSTM network training parameters was performed for the task of short-term forecasting of electricity generation by solar power plants.

Інтенсивна інтеграція штучного інтелекту та нейронних мереж у різні галузі діяльності, зокрема в енергетичний сектор, відкриває нові можливості для підвищення ефективності виробництва та управління енергією. Сонячна енергія є одним із провідних джерел відновлюваної енергії, що перетворюється в електроенергію за допомогою фотоелектричних станцій (ФЕС).

Одним із ключових викликів для енергетичного ринку України є забезпечення надійного короткострокового прогнозування генерації електроенергії. Ефективне короткострокове прогнозування дозволяє оптимізувати управління виробництвом, розподілом і зберіганням електроенергії, що сприяє підвищенню надійності та сталості функціонування енергетичної інфраструктури.

На сьогоднішній день у сфері прогнозування електричної енергії застосовуються фізичні, статистичні та інтелектуальні методи. Серед інтелектуальних підходів особливу популярність здобули моделі штучних нейронних мереж із довгою короткочасною пам'яттю (LSTM), які демонструють високу ефективність при роботі з часовими рядами [1].

Метою цього дослідження є навчання штучних нейронних мереж типу LSTM для прогнозування сонячної генерації з метою наближення до оптимальних гіперпараметрів та підбору варіантів навчання за допомогою байєсівської оптимізації. Побудова моделей прогнозування здійснювалася у середовищі MATLAB 2022b із використанням інструменту Experiment Manager.

Об'єктом дослідження є ФЕС в Житомирській області з встановленою потужністю 130 кВт. Навчання моделей проводилося з використанням погодинних вимірів кожного дня (24 виміри на добу) зафіксованих протягом

2024 року(8760 виміри). Дані вимірювань містять вхідні дані: сонячна інсоляція (кВт/м²), швидкість вітру (м/с) та температура навколишнього середовища; а також вихідні дані — потужність, електрична енергія, вироблена ФЕС (кВт*год).

Навчання моделі LSTM в середовищі MATLAB передбачає виконання декількох етапів: запуск інструменту Experiment Manager; створення функції навчання з навчальними даними; налаштування гіперпараметрів; налаштування параметрів байєсівської оптимізації; навчання моделі [2].

Першим етапом дослідження є запуск інструменту Experiment Manager. Experiment Manager завантажує проєкт, який складається з опису, таблиці гіперпараметрів, функції налаштування, набору метрик для оцінки результатів експерименту та додаткові параметри для обмеження тривалості експерименту.

Другим етапом дослідження є розробка функції навчання, яка працює з навчальними даними. Ця функція визначає складові, необхідні для проведення експерименту, зокрема: вхідні дані, архітектуру нейронної мережі, параметри та алгоритм процесу навчання. У рамках дослідження для навчання було використано оптимізаційні алгоритми *adam*, *rmsprop* та *sgdm*.

Третім етапом дослідження є налаштування гіперпараметрів моделі. Для досягнення високої продуктивності LSTM-мереж необхідна ретельна оптимізація широкого спектра гіперпараметрів. У цьому контексті байєсівська оптимізація виступає ефективною стратегією пошуку оптимальних комбінацій параметрів у межах експерименту. Гіперпараметри істотно впливають не лише на точність моделі, але й на обчислювальні витрати — зокрема, час навчання та споживання пам'яті. Інструмент *Experiment Manager* автоматично здійснює пошук найефективніших конфігурацій, використовуючи результати попередніх запусків для генерації нових комбінацій параметрів.

Для дослідження використовуються наступні гіперпараметри: *LSTMDepth*, який вказує на кількість шарів LSTM в мережі (діапазон від 1 до 3); *NumHiddenUnits*, що визначає кількість прихованих одиниць або кількість інформації, яка зберігається на кожному кроці часу (діапазон від 50 до 300); *InitialLearnRate*, який визначає початкову швидкість навчання (діапазон від 0,001 до 0,1).

Четвертим етапом дослідження є налаштування параметрів байєсівської оптимізації, де вказується тривалість експерименту, максимальний час (у секундах) і максимальна кількість спроб для запуску(3 спроби).

П'ятий етап дослідження полягає в запуску навчального експерименту для задачі регресії. У цьому процесі Experiment Manager автоматично виконує підбір найефективнішої комбінації гіперпараметрів відповідно до заданого критерію оптимізації. Кожна нова ітерація експерименту використовує оновлену комбінацію гіперпараметрів, сформовану на основі результатів попередніх запусків. Для оцінки якості моделі у кожному випробуванні обчислюється середньоквадратична похибка (RMSE). Після завершення експерименту Experiment Manager зберігає отримані результати з можливістю подальшого експорту до робочого простору MATLAB для аналізу, верифікації та тестування побудованої моделі. Результати дослідження наведено в табл.1.

Таблиця 1. Оцінка продуктивності алгоритму навчання

Спроба для запуску	Алгоритм навчання	Гіперпараметр			Час навчання	RMSE
		LSTMDepth	NumHiddenUnits	InitialLearnRate		
1	adam	1	174	0,0079	00:07:56	2,82
2		3	58	0,0030	00:11:22	2,18
3		3	153	0,0098	00:14:46	2,82
1	rmsprop	3	60	0,0057	00:11:19	3,38
2		3	219	0,0074	00:13:22	5,04
3		2	54	0,0010	00:08:53	0,36
1	sgdm	1	279	0,0010	00:06:44	8,78
2		3	294	0,0073	00:13:22	13,9
3		1	123	0,0081	00:06:43	8,61

Аналіз результатів прогнозування (Табл. 1) показав, що найкращих результатів у контексті точності прогнозування вдалося досягти за допомогою алгоритму навчання *rmsprop*, при якому середньоквадратична помилка склала $RMSE = 0,36$, а час навчання — 00:08:53. Оптимальна конфігурація мережі передбачала використання двох шарів LSTM (гіперпараметр *LSTMDepth*), 54 прихованих одиниць (гіперпараметр *NumHiddenUnits*), що визначають обсяг інформації, яку мережа зберігає на кожному часовому кроці, а також початкову швидкість навчання (*InitialLearnRate*) = 0,001.

Зазначимо, що збільшення кількості прихованих одиниць може призводити до перенавчання моделі, збільшення часу її навчання та зростання похибки прогнозування. Надто низьке значення швидкості навчання спричиняє повільну збіжність, тоді як надто високе — може призвести до нестабільності процесу навчання або отримання неоптимальних результатів. Вибір оптимального значення швидкості навчання є залежним як від характеристик вхідних даних, так і від архітектури нейронної мережі.

У межах проведеного дослідження було виконано оптимізацію параметрів навчання LSTM-мережі для задачі короткострокового прогнозування генерації електричної енергії сонячними електростанціями. Результати експериментів продемонстрували, що алгоритм *rmsprop* забезпечує найвищу ефективність при прогнозуванні.

Література

1. Konstantinou M., Peratikou S., Charalambides A. G. (2021) Solar Photovoltaic Forecasting of Power Output Using LSTM Networks, *Atmosphere*, 12(1):124. URL : <https://doi.org/10.3390/atmos12010124>
2. Jozefowicz R., Zaremba W., Sutskever I. (2015) An Empirical Exploration of Recurrent Network Architectures, *Proceedings of the 32nd International Conference on Machine Learning*, 2342–2350.

ІНТЕГРАЦІЯ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ ТА ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У ПРОМИСЛОВІСТЬ: ТЕНДЕНЦІЇ, ІНСТРУМЕНТИ ТА МАЙБУТНІ ВИКЛИКИ

Карманов Р. В., Зубрецька Н. А., Ружинський М. В.

Національний транспортний університет, Київ, Україна

*E-mail: zubr2767@gmail.com, roma.karmanov.1990@gmail.com,
diamotrash@gmail.com*

Integration of Augmented Reality and Artificial Intelligence into Industry: Trends, Tools and Future Challenges

Augmented Reality (AR) overlays digital data onto real-world images, while Artificial Intelligence (AI) enhances its capabilities. Their integration is a key trend, driving industrial innovation by improving automation, training, and production efficiency. Advances in processing power further support the growth of AI-powered AR solutions.

Розвиток інформаційних технологій призводить до трансформації промислових процесів у контексті Четвертої промислової революції. Дослідження показують, що доповнена реальність (AR) та штучний інтелект (AI) є ключовими технологіями, здатними значно підвищити ефективність виробництва, автоматизації, навчання персоналу та управління даними. Доповнена реальність дозволяє через оптичні прилади проєціювати цифрову інформацію у навколишнє середовище в режимі реального часу, створюючи візуальні підказки, які не відволікають оператора від виконання задачі, наприклад в процесах монтажу, обслуговування й навчання, де AR забезпечує до 82% зменшення помилок під час збірки механізмів. Такі платформи, як ARCore, ARKit, Vuforia, забезпечують гнучкість та масштабованість розробки промислових систем.

Штучний інтелект доповнює та розширює можливості систем доповненої реальності за рахунок інтелектуальної обробки даних, розпізнавання образів, оптимізації рішень у реальному часі. Глибоке навчання, зокрема нейронні мережі типу YOLOv3 [1], MobileNet [2] та SSD [3], використовується для високоточного розпізнавання об'єктів, створюючи можливості для автоматизованого контролю якості, управління складом та автономної навігації в умовах виробництва. Комбінації AR та AI можуть слугувати інструментом у навчанні й підвищенні кваліфікації працівників, особливо в умовах, де важлива швидкість адаптації до нових процесів. Наприклад, компанія BMW успішно впроваджує HMD-рішення [4] для навчання персоналу з використанням візуальних підказок.

Для розробки як вхідні дані використовуються об'єкти цифрового світу, які адаптуються до змін у середовищі користувача безпосередньо в процесі роботи, наприклад інтерактивні графіки або карти з GPS. Цей метод є оптимальним при інтеграції з алгоритмами машинного навчання (ML), які на

сьогоднішній день досягли значного успіху в розпізнаванні інформації із зображень (Рис. 1).

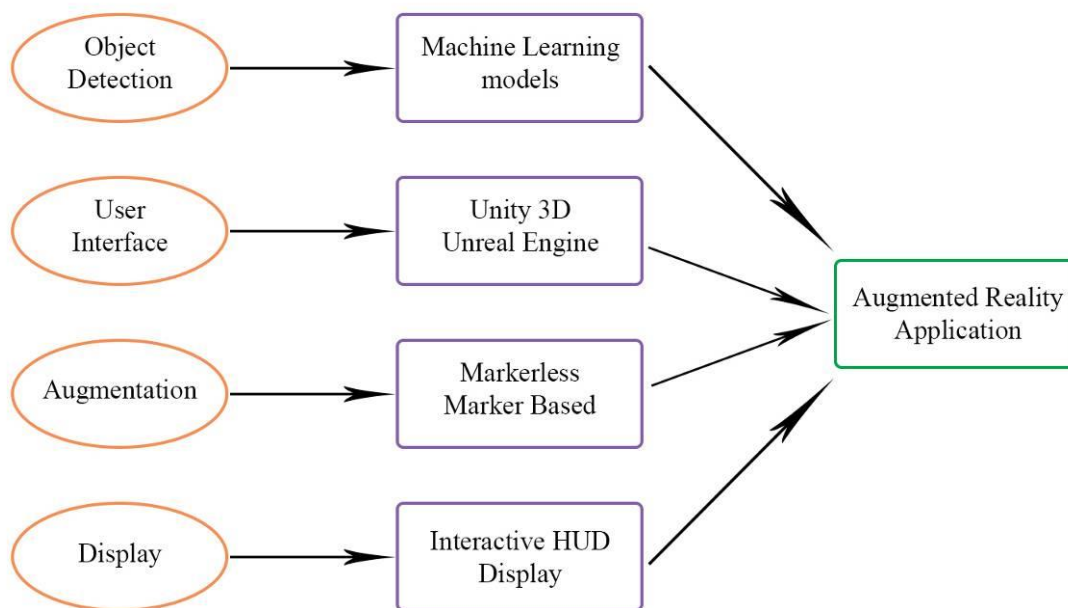


Рис. 1. Застосування ІІІ у обробці об’єктів для AR засобів

Незважаючи на переваги застосування подібних інтелектуальних систем, існують певні виклики перед їх впровадженням: інтеграція даних між AR і AI, обчислювальні витрати, проблеми безпеки, а також потреба у високій якості сенсорних технологій. Подальший розвиток потребує досліджень ефективних фреймворків, нових SDK та методів оптимізації нейромереж для розгортання на мобільних або периферійних пристроях. У майбутньому, важливим напрямом стане створення розподілених AR-AI систем із підтримкою блокчейну та хмарних технологій. Взаємодія когнітивних, сенсорних та візуальних технологій дозволить формувати адаптивні промислові середовища з високим рівнем автоматизації та автономності, а також прискорити навчання робітників.

Література

1. Redmon J., Divvala S., Girshick R., Farhadi A. (2016) You only look once: Unified, real-time object detection, in: *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, pp. 779–788.
2. Sandler M., Howard A., Zhu M., Zhmoginov A., Chen L. C. (2018). Mobilenetv2: Inverted residuals and linear bottlenecks, *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, pp. 4510–4520.
3. Liu W., Anguelov D., Erhan D., Szegedy C., Reed S., Fu C. Y., Berg A. C. (2016) SSD: Single shot multibox detector, *European conference on computer vision*, Springer. pp. 21–37.
4. Kiyokawa K. (2012) Trends and vision of head mounted display in augmented reality, *2012 International Symposium on Ubiquitous Virtual Reality*, pp. 14–17.

ПРОГНОЗУВАННЯ НАКОПИЧЕННЯ ВІДКЛАДЕНЬ ТА ОЧИЩЕННЯ ПОВЕРХОНЬ НАГРІВУ ТВЕРДОПАЛИВНОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО КОТЛА З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Карпенко Р. В.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: rokiseroman@gmail.com

Deposit Prediction and Cleaning of Heating Surfaces of a Solid Fuel Energy Boiler Using Neural Networks

This article considers the problem of deposits prediction and cleaning heating surfaces of a solid fuel power boiler. In particular, attention is focused on the use of neural networks to optimize these processes. The introduction of modern technologies in the energy sector allows to increase the efficiency of boilers, reduce maintenance costs and improve environmental performance.

У наведеному дослідженні розглядається проблема накопичення забруднюючих відкладень та очищення поверхонь нагріву твердопаливного енергетичного котла від них. Зокрема, акцентується увага на використанні нейронних мереж для прогнозування цих процесів.

Впровадження сучасних технологій у сферу енергетики дозволяє підвищити ефективність роботи котлів, зменшити витрати на обслуговування та покращити екологічні показники.

Твердопаливні енергетичні котли є важливим елементом у системах енергетичного забезпечення. Проте, з часом на поверхнях нагріву утворюються відкладення, які негативно впливають на їх ефективність. Традиційні методи моніторингу та очищення часто є недостатньо ефективними та потребують значних витрат. Використання нейронних мереж може стати інноваційним рішенням для прогнозування цих процесів.

Відкладення на поверхнях нагріву призводять до зниження теплової ефективності котлів, що, в свою чергу, збільшує витрати пального та викиди забруднюючих речовин. Традиційні методи моніторингу, такі як візуальний огляд та періодичні вимірювання, не завжди забезпечують своєчасне виявлення проблем. Це підкреслює необхідність впровадження нових технологій, які б дозволили автоматизувати процеси моніторингу та очищення.

Нейронні мережі, завдяки своїй здатності до навчання на великих обсягах даних, можуть бути використані для аналізу інформації про стан поверхонь нагріву. Вони здатні виявляти закономірності, які можуть свідчити про утворення відкладень, а також прогнозувати оптимальний час для очищення.

Попередні дослідження показали, що впровадження нейронних мереж у процес моніторингу та очищення поверхонь нагріву допоможе збільшити точність та швидкодію системи. Для розв'язання проблематики, порушеної в цьому дослідженні, можна застосувати штучні нейронні мережі (ANN) та адаптивні нечіткі системи виведення інференції (ANFIS).

Штучні нейронні мережі (ANN).

ANN можуть бути застосовані для прогнозування оптимальних інтервалів моніторингу і очищення поверхонь нагріву котла. Вони працюють на основі навчання з учителем або без нього, використовуючи вхідні дані про параметри котла, температури, тиск, час експлуатації і т. д.

ANN можуть навчитися прогнозувати оптимальні часові точки для моніторингу стану поверхонь котла з урахуванням історичних даних і змінюваних умов експлуатації.

Адаптивні нечіткі системи виведення інференції (ANFIS):

ANFIS поєднує в собі переваги нечіткої логіки з адаптивним навчанням нейронних мереж. Вони можуть бути ефективними для оптимізації рішень щодо моніторингу і очищення, враховуючи змінність умов та параметрів системи.

ANFIS можуть автоматично адаптувати свої правила і ваги залежно від поточних умов котла, що дозволяє підтримувати оптимальну ефективність очищення і моніторингу [1].

Загалом, обидва підходи можуть бути використані для створення моделей, які оптимізують час і ресурси, спрямовані на моніторинг та очищення поверхонь нагріву вугільних енергетичних котлів, забезпечуючи при цьому надійність і ефективність процесів експлуатації.

Навчання нейронної мережі передбачає використання історичних даних про роботу котла, включаючи інформацію про відкладення та їх вплив на ефективність. Це дозволить моделі навчитися розпізнавати критичні стани та своєчасно реагувати на них.

Попередні дослідження показали, що впровадження нейронних мереж у процес моніторингу та очищення поверхонь нагріву може зменшити витрати на енергетичні ресурси до 15%, а також знизити викиди забруднюючих речовин на 20%.

Прогнозування зміни кількості відкладень та очищення поверхонь нагріву твердопаливного енергетичного котла з використанням нейронних мереж є перспективним напрямком, що дозволяє підвищити ефективність роботи котлів та зменшити їх негативний вплив на навколишнє середовище.

Подальші дослідження в цій галузі можуть призвести до значних покращень у сфері енергетики.

Література

1. Жданович А. С., Касаткіна І. В. (2023). Нейронні мережі в сучасній промисловості, *Матер. X Міжнар. наук.-техн. конф. студентів, аспірантів і молодих вчених «Молодь: наука та інновації»*, с. 308–309.

РОЗРАХУНОК ЕФЕКТИВНИХ УСТАВОК У ВАКУУМ-АПАРАТАХ НА ОСНОВІ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ІЗ МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

Крещенко П. А.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: pvk2001@ukr.net

Calculation of Optimal Setpoints in Vacuum Systems Based on Neural Networks for Energy Efficiency

The study explores conceptual and computational approaches to forecasting and calculating effective control setpoints in vacuum evaporator systems using artificial neural networks. Emphasis is on the role of process data analytics in energy savings and maintaining product quality.

Енергоспоживання в харчовій промисловості є критичним фактором у роботі вакуум-апаратів, що використовуються для концентрування розчинів. Переважна частина енерговитрат у цих системах пов'язана з виробництвом і подачею пари для підтримки температури кипіння під зниженим тиском. Зменшення витрат можливе шляхом точнішого керування уставками вакуум-апарата — температурою кипіння, тиском у корпусі, рівнем маси, подачею пари тощо [1]. Прогнозування уставок на базі трендів технологічних параметрів дає змогу заздалегідь підлаштовувати керування до змінних умов, зменшуючи коливання температур, що впливає на якість і ефективність виробництва [3].

Крім енергоощадності, уставки технологічного процесу впливають і на якість продукту. Наприклад, у цукровому виробництві уставки режиму роботи безпосередньо впливають на швидкість кристалізації цукру, та якість утворених кристалів. Неоптимальні уставки можуть призвести до розмиття сформованих кристалів чи формування їх зовнішньої кількості, що призведе до утворення неякісного продукту або уповільнення процесу уварювання [3]. Аналогічне спостерігається при виробництві згущеного молока, де контроль температури та тиску має критичне значення для в'язкості та однорідності продукту [2].

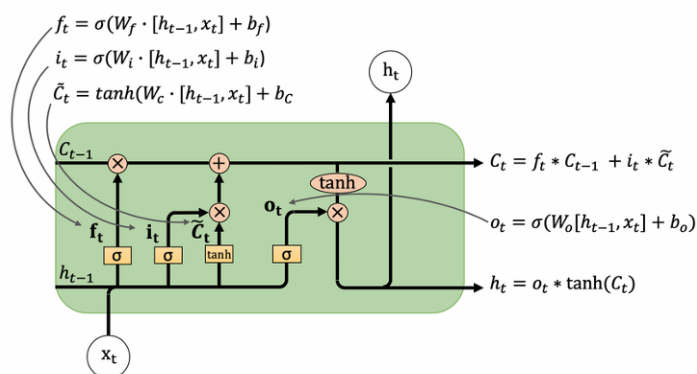


Рис. 1. Архітектура LSTM

Для підвищення точності прогнозування уставок важливим є не лише вибір архітектури нейронної мережі, а й налаштування параметрів навчання, включно з регуляризацією та оптимізацією гіперпараметрів. Використання адаптивних алгоритмів навчання дозволяє швидше реагувати на зміну технологічних умов і зменшувати вплив шумів у даних, що позитивно впливає на стабільність роботи вакуум-апаратів та знижує ризики аварійних ситуацій.

Як варіант для автоматизованого обрахунку оптимальних уставок вакуум-апарата можуть використовуватися рекурентні нейронні мережі типу LSTM. У рамках такої моделі уставка розглядається як залежна змінна, а входними є послідовності значень технологічних параметрів за попередній період. Побудова ефективної моделі передбачає підбір довжини «вікна» спостережень, глибини моделі, функцій активації та параметрів оптимізації [1].

Розрахунок іде в кілька етапів: формування ознак, нормалізація, поділ на тренувальні та тестові множини, навчання моделі з мінімізацією функції втрат (найчастіше MSE), і, зрештою, прогноз майбутніх значень уставок. За браку точного еталонного значення, як орієнтир може використовуватися експертна оцінка операторів або узагальнені функціональні цілі, наприклад: мінімізація часу уварювання при збереженні температурного діапазону. У цьому випадку доцільно застосовувати комбіновані функції, які включають додаткові вагові коефіцієнти для балансу між якістю та швидкістю виробництва [1].

Оцінку якості моделі виконують на основі середньоквадратичної похибки (RMSE), коефіцієнта детермінації (R^2), та для виробничих цілей — на підставі відхилень у реальних умовах керування. Результати прогнозу можна інтегрувати у SCADA системи, де відображаються як рекомендовані значення уставок, або прямо передавати у ПЛК для керування процесом. За потреби така модель може функціонувати в режимі підказки або в автоматичному режимі.

Особливу увагу слід приділити інтеграції моделей до наявних SCADA/MES систем, що забезпечить адаптивне керування в режимі реального часу. Впровадження OPC UA протоколу дозволить здійснювати обмін даними між нейромережею та контролерами технологічного процесу. Врахування вартості енергоносіїв у реальному часі та впровадження додаткових предиктивних модулів відкриває шлях до економічної оптимізації. Крім того, застосування методів пояснюваного машинного навчання (наприклад, SHAP) дозволяє формувати інтерпретовані рішення для операторів, підвищуючи прозорість та безпечність процесів автоматичного регулювання [1].

Таким чином, застосування нейронних мереж у системах прогнозування та розрахунку уставок вакуум-установок дозволяє реалізувати більш адаптивне, економічно доцільне та енергоефективне керування технологічними процесами.

Література

1. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. (2016) *Deep Learning*. MIT Press, 775 p.
2. Пащенко П. І. (2016) *Технологія молочних продуктів*. К. : НУХТ, 348 с.
3. Малєжик І. Ф., Зав'ялов В. Л., Шевченко О. Ю. та ін. (2013) *Процеси і апарати харчових виробництв*. К. : Центр учбової літератури, 472 с.

ФАКТОРИ ФОРМУВАННЯ ЛАНЦЮГІВ ПОСТАЧАННЯ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБИ

Ліманський М. В., Грибков С. В.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: m.limansky@gmail.com

Factors in the Formation of Bakery Supply Chains

The productivity of business processes today, regardless of whether at the regional, national, or even global levels, is largely determined by the level of organization of logistics systems. One example of this kind is the complete bakery supply chain, which represents a complex socio-economic structure. It combines numerous suppliers of raw materials, a key company (processing and packaging), warehouse complexes, distributors, customs agents, retail trade, and other components. The interaction between all participants in the bread supply chain encompasses a whole range of continuous flows: materials, finances, data, and services, starting from primary raw materials and ending with the final buyer.

Продуктивність бізнес-процесів в сьогоденні, незалежно від того, чи то на регіональному, чи національному, чи навіть на глобальному рівнях, значною мірою визначається рівнем організації логістичних систем. Одним із прикладів такого роду є повний ланцюг постачання хлібобулочних виробів, що являє собою складну суспільно-економічну структуру. Вона об'єднує в собі численних постачальників сировини, ключову компанію (обробка та пакування), складські комплекси, дистриб'юторів, митних агентів, роздрібну торгівлю та інші складові. Взаємодія між всіма учасниками ланцюга постачання хлібобулочної продукції охоплює цілий комплекс безперервних потоків: матеріалів, фінансів, даних і сервісів, починаючи від первинної сировини закінчуючи кінцевим покупцем.

Управління ланцюгами поставок (supply chain management, SCM) — управлінська концепція і організаційна стратегія, яка полягає в інтегрованому підході до планування та управління всім потоком інформації про сировину, матеріали, продукти, послуги, що виникають і перетворюються в логістичних і виробничих процесах підприємства, націлені на вимірний сукупний економічний ефект (зниження витрат, задоволення попиту на кінцеву продукцію) [1].

Організація вчасного перевезення вантажу з найменшими можливими витратами є загальною метою транспортної логістики. Для її забезпечення потрібно:

- здійснити аналіз місць доставки;
- вивчити характеристики вантажу;
- визначити оптимальний транспорт;
- обрати перевізника та за потреби інших логістичних партнерів;
- скласти маршрут;

- контролювати вантаж у процесі транспортування;
- забезпечити технологічну цілісність транспортно-складського циклу;
- збільшити швидкість доставки та зменшити витрати пального.

Показники економічної оцінки ефективності товарно-транспортного потоку сприяють максимізації доходів підприємства у довгостроковій перспективі. Це досягається через: зменшення трудомісткості процесів товароруху в довгостроковому періоді, скорочення часу та витрат на реалізацію продукції, оптимізацію використання ресурсів під час транспортування продукції до споживача, зниження ризиків фінансових втрат у разі невідповідності умовам постачання, а також забезпечення повного задоволення потреб клієнтів у продукції [2].

При плануванні ланцюгів постачання ключовою операцією є розробка оптимального маршруту руху транспортного засобу. При цьому, враховуються певні параметри, які визначають специфіку його функціонування:

- довжина маршруту, при визначенні якої водій обирає оптимальний шлях, враховуючи дані про завантаженість доріг у відповідному напрямку;
- вантажопідйомність транспортного засобу, що передбачає можливість доставки товару кільком клієнтам за одну поїзду;
- час, необхідний для завантаження та розвантаження, який залежить від обсягу партії товару, сформованої для потреб роздрібних торговельних точок, та маси вантажу;
- середня швидкість руху транспортного засобу на маршруті;
- розташування пунктів відправлення та доставки з урахуванням особливостей дорожньої інфраструктури, зокрема щільності забудови, наявності перехресть, світлофорів, одностороннього руху тощо;
- взаємне розташування послідовних пунктів доставки для одержувачів товару.

Аналіз переміщення матеріалу в логістичній системі підприємства дозволив виокремити товарний та транспортний потоки в системі розподілу готової хлібобулочної продукції. Запропоновано концепцію товарно-транспортного потоку, як цілісної системи постачання товарної продукції кінцевому споживачеві та визначено специфіку руху товарно-транспортних потоків.

Література

1. Шостак І. В. (2018) Моделювання повної логістичної ланки поставок сухофруктів в Україну з використанням вкладених мереж Петрі, *Сучасні інформаційні системи*, т. 2, № 4, с. 45–48.
- Хрутьба Ю. С. (2016) Фактори формування товарно-транспортних потоків підприємств із виробництва хліба, хлібобулочних і борошняних виробів, *Економіка і суспільство*, № 5, с. 260–266.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ МОДЕЛЮВАННЯ СУШАРОК ПЕРІОДИЧНОЇ ДІЇ

Мельник В. С., Смітюх Я. В.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: melnikvs@ukr.net

Comparative Analysis of Modeling Methods for Batch Dryers

Approaches to modeling the dynamics of batch dryers are considered in the context of drying process automation. Mathematical, simulation-based, neural network, and hybrid modeling methods are analyzed. The advantages of hybrid models for intelligent control systems are identified.

Процеси сушіння харчових продуктів у сушарках періодичної дії характеризуються складністю тепло- і масообмінних процесів, вираженою нелінійністю, багатофазністю та інерційністю. Створення адекватної динамічної моделі сушарки є необхідною умовою для побудови і дослідження ефективних систем керування та їх оптимізації. Для вибору оптимального підходу до опису динаміки сушіння в сушарках періодичної дії у контексті автоматизації доцільно проаналізувати і порівняти математичне, імітаційне, нейромережеве та гібридне моделювання.

Математичні моделі будуються на основі фундаментальних фізичних законів тепло- та масообміну. У загальному випадку враховуються рівняння теплопровідності, дифузії вологи, балансу маси та енергії та інші. Додатковим фактором є те, що сушарка є не лише абстрактним об'єктом моделювання, а реальним технічним пристроєм із конкретною конструкцією, розмірами, характеристиками передачі тепла, завантаження сировиною із різними характеристиками та іншими особливостями.

Це зумовлює необхідність врахування не лише термодинаміки та вологопереносу сушіння, а й характеристик апаратної частини, що істотно ускладнює побудову універсальної моделі для цілей автоматизації та керування. Математичні моделі забезпечують високу точність за умови їх якісної розробки, дозволяють отримати фізично обґрунтовані результати. Потреби в експериментальних даних для побудови моделі немає, лише для її верифікації. Значним обмеженням є низька гнучкість моделі до змін конструкції сушарки, технологічного процесу чи характеристик сировини.

Імітаційне моделювання реалізується шляхом побудови емпіричної або структурно-функціональної моделі об'єкта за допомогою типових ланок і елементів моделювання, апроксимаційних функцій чи табличних залежностей. Такий підхід не передбачає формального використання фізичних рівнянь реальних процесів, а ґрунтується на експериментальних спостереженнях і подібності між вхідними та вихідними сигналами моделі та об'єкта моделювання без обов'язкового опису внутрішніх механізмів. Внаслідок цього досягається прийнятна точність у межах конкретного режиму, однак обмежена

здатність до узагальнення та адаптації. Основними перевагами є простота реалізації та швидке налаштування. Потреба в експериментальних даних — середня, однак узагальнення результатів на інші типи продукту чи змінні умови є обмеженою даними, на основі яких побудована модель.

Нейродинамічні моделі, зокрема типу NARX та LSTM, створюються на основі часових рядів вхідних і вихідних сигналів реального об'єкта моделювання, наприклад, потужність нагрівача повітря, температура в камері сушарки, вага сировини. Вони дозволяють апроксимувати складну нелінійну динаміку об'єкта без необхідності формалізації фізичних процесів. Залежно від побудови, можуть використовуватись як прямі моделі, так і моделі зі зворотним зв'язком.

Цей тип моделей характеризується досить високою точністю та адаптивністю, що дозволяє використовувати їх для задач прогнозування та керування. Ефективним є їх застосування у системах із часто змінюваними режимами роботи. Водночас моделі такого типу є «чорними ящиками» — мають низьку фізичну інтерпретованість, складні у валідації, чутливі до якості навчальних даних, мають ризик перенавчання. Потреба в даних є значною, а процес налаштування — працемістким.

Гібридне моделювання передбачає поєднання математичних моделей з нейромережами. Такий підхід дозволяє описати структуру процесу на основі фізичних закономірностей, тоді як складні або невизначені компоненти моделі (наприклад, коефіцієнти випаровування, теплопередачі, аеродинаміки та інші) апроксимуються за допомогою нейронних мереж.

Гібридні моделі забезпечують баланс між фізичною достовірністю математичних моделей та гнучкістю і адаптивністю нейромереж. Вони особливо ефективні при моделюванні об'єктів із частково відомою структурою або для цифрових двійників. Потреба в даних — помірна, оскільки частина інформації забезпечується структурою математичної моделі. Основним обмеженням є складність побудови та налаштування, а також підвищені вимоги до обчислювальних ресурсів при моделюванні.

Математичні, імітаційні, нейромережеві та гібридні моделі мають різні переваги та обмеження для задач автоматизації процесів сушіння. Вибір типу моделі має ґрунтуватися на компромісі між вимогами до точності, швидкодії, наявності даних та доступності обчислювальних ресурсів.

Математичні моделі забезпечують високу точність і інтерпретованість, але мають низьку адаптивність, складні в побудові та складні для обчислень.

Імітаційні — прості у реалізації, однак обмежені у точності.

Нейромережеві — досить точні та гнучкі, проте вимагають великого обсягу якісних даних та складні в налаштуванні.

Гібридні — поєднують сильні сторони всіх підходів і є найбільш перспективними для розробки і дослідження інтелектуальних систем керування, особливо у випадку сушарок періодичної дії.

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ З ВИКОРИСТАННЯМ ЦИФРОВИХ ДВІЙНИКІВ ТА ГІБРИДНОЇ МОДЕЛІ LSTM–НЕЧІТКОГО ЛОГІЧНОГО ВИСНОВКУ

Новаковський П. О, Полупан В. В.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: pnenenra@icloud.com

Automated Control System for Thermal Energy Processes Using Digital Twins and a Hybrid LSTM–Fuzzy Logic Inference Model

The article explores the theoretical foundations of developing an automated control system for thermal energy processes based on digital twins and a hybrid model that combines a Long Short-Term Memory (LSTM) neural network with a fuzzy logic inference mechanism. It outlines the operating principles of the digital twin as a virtual representation of the physical system, capable of receiving real-time sensor data and interacting with the predictive model. Special attention is given to LSTM's ability to model the dynamics of thermal systems characterized by time delays and nonlinear dependencies. The fuzzy logic module enables interpretable decision-making based on linguistic rules.

Теоретичне підґрунтя для автоматизованої системи керування теплоенергетичними процесами, що базується на використанні цифрових двійників і гібридної нейронної мережі довгої короткочасної пам'яті (LSTM — long short-term memory), комбінованої з механізмом нечіткого логічного висновку, базується на концептуальному поєднанні прогностного моделювання та принципу прийняття рішень на основі правил у межах єдиного цифрового середовища. Це середовище здатне з високою точністю імітувати експлуатаційну динаміку реальних теплотехнічних об'єктів, а саме теплових мереж, теплообмінників або промислових конфігурацій HVAC. При цьому створюється можливість не лише пасивного моніторингу, а й активного керування системою в реальному часі. Інтеграція різнорідних джерел даних у межах єдиної цифрової платформи дозволяє суттєво покращити ефективність прийняття рішень. Такий підхід відкриває перспективи для інтелектуалізації керування в умовах змінних навантажень і нестабільних зовнішніх умов.

Центральним елементом моделі виступає концепція цифрового двійника (digital twin), який розглядається як віртуальний аналог фізичної теплотехнічної інфраструктури, розроблений для точного відтворення й підтримання відповідності її реальному експлуатаційному аналогу. Такий двійник може бути побудований як на основі детермінованого фізичного моделювання, так і на основі підходів, які маніпулюють даними, тобто алгоритми статистичного навчання й машинного навчання, які виявляють закономірності поведінки системи, аналізуючи історичні та поточні спостереження. Концептуальна точність такого цифрового двійника залежить від його здатності отримувати потоки даних у реальному часі з датчиків, що фіксують термодинамічні параметри. Крім того, для підвищення достовірності моделі, цифровий двійник

інтегрується з системами збору та обробки великих обсягів даних, що дозволяє здійснювати безперервне оновлення та корекцію моделі на основі нової інформації. Це сприяє більш гнучкому реагуванню на зміни у фізичній системі і забезпечує ефективне передбачення майбутніх станів теплотехнічних об'єктів.

Цифровий двійник функціонує на основі періодичної синхронізації стану, що реалізується через стандартизований протокол обміну повідомленнями, наприклад, MQTT (Message Queue Telemetry Transport), з фіксованими інтервалами. Будь-яке відхилення, що перевищує визначений поріг між прогнозованим і фактично вимірним станом, інтерпретується як тригер для корекції моделі. Це може включати динамічне переналаштування параметрів цифрового двійника або адаптивне оновлення компоненту прогнозування на базі LSTM. Така самокорекція забезпечує стійкість системи до змін у середовищі функціонування та підвищує точність довготривалого прогнозування. Крім того, використання MQTT дозволяє забезпечити надійність зв'язку навіть за умов обмеженої пропускну здатності або втрати частини пакетів, що критично для віддалених чи мобільних об'єктів.

Архітектура LSTM здатна ефективно відслідковувати зміни, що відбуваються з плином часу, та адаптуватися до складної, нелінійної поведінки, яка притаманна тепловим системам через їх повільну реакцію на зміни. Нейромережа математично оптимізується на основі історичних вхідних послідовностей, поділених на вікна фіксованої довжини, з подальшою нормалізацією та випадковим перемішуванням для забезпечення узагальненості. Оптимізація тренування здійснюється з використанням критерію дострокового зупинення для запобігання оверфітінгу, де функцією втрат виступає середньоквадратична похибка, а в якості метрик продуктивності використовуються коефіцієнт детермінації R^2 та корінь середньоквадратичної похибки (RMSE — Root mean square error). Опорна архітектура включає два приховані шари з 128 і 64 нейронами, що активуються функціями ReLU (rectified linear unit — віпрямлений лінійний вузол) і регулюються методом випадкового відключення (dropout), із завершенням у вигляді лінійного вихідного вузла для безперервного прогнозування. Такий підхід забезпечує баланс між складністю моделі та її здатністю до генералізації.

Хоча модель LSTM має функцію пам'яті та здатна зберігати певну інформацію часових рядів, однак через використання стандартною моделлю традиційної структури енкодера-декодера вона все ж має певні обмеження [1, с. 4]. Тож очікувані вихідні значення моделі LSTM слугують вхідними змінними для підсистеми нечіткого логічного висновку, яка забезпечує інтерпретативну складову в схемі керування. На відміну від бінарних логічних структур, парадигма нечіткої логіки оперує лінгвістичними категоріями «низький», «середній», «високий» для опису станів змінних. Механізм нечіткого висновку теоретично побудований за моделлю Мамдані, з використанням трапецієподібних функцій належності. Правила формуються у вигляді пропозиційної логіки, наприклад: «ЯКЩО прогнозована температура висока І положення клапана низьке, ТО слід незначно зменшити нагрівання». Процес

дефазифікації, як передбачено, реалізується методом центроїда, що трансформує нечіткі результати у точні команди [2, с. 2].

Оновлений вплив команд керування повторно фіксується і подається назад у цифровий двійник. Запропонована стратегія розгортання передбачає розміщення системи в рамках децентралізованої периферійної обчислювальної архітектури, де блоки контейнеризуються за допомогою Docker, а промислова взаємодія забезпечується через проміжне ПЗ OPC UA. Такий підхід сприяє гнучкості масштабування, дозволяючи адаптувати систему під специфіку конкретного підприємства або теплотехнічного об'єкта. Крім того, контейнеризація спрощує процес оновлення компонентів та ізоляцію помилок, що підвищує загальну стабільність і керованість середовища.

Концептуально поєднання прогнозування на основі LSTM і нечіткого логічного висновку формує гібридну парадигму керування, у якій точність прогнозування поєднується з якісною інтерпретованістю. Адаптивність нечіткого компоненту дозволяє змінювати правила без потреби в повному перенавчанні, тоді як модуль LSTM підтримує стратегії трансферного навчання за рахунок чого зберігаються базові шари мережі, і переналаштовується лише кінцевий шар з використанням нових наборів даних. Це забезпечує портативність запропонованої структури в межах різних теплотехнічних систем і масштабів їх експлуатації.

Втім, у межах теоретичної моделі залишаються певні обмеження. Структура LSTM передбачає необхідність наявності значного обсягу тренувальних даних для забезпечення стабільної ефективності, а результативність модуля нечіткої логіки залежить від якості бази правил і точності налаштування функцій належності. Ці компоненти можуть потребувати залучення експертних ресурсів, що потенційно збільшує терміни конфігурації системи. Також актуальними залишаються питання забезпечення сумісності між окремими модулями, особливо у випадках розгортання на різних апаратних платформах з різними обчислювальними можливостями. Використання периферійних обчислень вимагає додаткової оптимізації обчислювальних витрат і гарантій надійної передачі даних. Однак її модульність, інтерпретованість і здатність до розширення є вагомими аргументами на користь впровадження цієї системи для просунутого керування теплоенергетичними процесами.

Література

1. Xu Y., Gao W., Qian F., Li Y. (2021) Potential Analysis of the Attention-Based LSTM Model in Ultra-Short-Term Forecasting of Building HVAC Energy Consumption. *Frontiers in Energy Research*, vol. 9. DOI: 10.3389/fenrg.2021.730640.
2. Pattanayak R. M., Sangameswar M. V., Vodnala D., Das H. (2022) Fuzzy Time Series Forecasting Approach using LSTM Model, *Computación y Sistemas*, vol. 26, no. 1, pp. 485–492. DOI: 10.13053/CyS-26-1-4192.

ПРОГРАМНІ СИСТЕМИ ТА БІБЛІОТЕКИ ДЛЯ АНАЛІЗУ СТАТИСТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАНО- ТА МІКРОШОРСТКОСТІ ПОВЕРХНІ МАТЕРІАЛІВ

Поляков В. В., Любарець Д. В.

Національний транспортний університет, Київ, Україна

E-mail: vitpua77@gmail.com

Бондар Є.А.

Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України, Київ, Україна

E-mail: evg.bondar@ukr.net

Software systems and libraries for analysis of statistical characteristics of nano- and micro- surface roughness of materials

A number of software systems are used to analyze the statistical characteristics of micro- and nano-rough surfaces. The OriginLab and Micron-Alpha software systems are used to analyze surface images, and the possibility of using the Gwyddion, GSL, NumPy, SciPy, PySPM, OpenCV, scikit-image libraries is indicated.

У роботі досліджено різницю статистичних, кореляційних, спектральних (перетворення Фур'є) характеристик між шорсткими поверхнями класу рівності 11 ($R_a=0,08$ мкм) з хвилястістю та без неї на прикладі полірованого алюмінієвого матеріалу марки А(5) за допомогою програм аналізу та візуалізації експериментальних даних OriginLab, і програми Micron-Alpha. Показана зручність використання зазначених інструментів, а також можливість застосування інших інструментів Gwyddion — модульної програми для візуалізації та аналізу даних скануючої зондової мікроскопії та бібліотек програм GSL, NumPy, SciPy, PySPM, OpenCV, scikit-image для написання скриптів та створення програмного забезпечення для аналізу даних шорсткості поверхонь.

Зображення поверхні площею 100×75 мкм, отримане інтерференційним профілометром, збільшене в 1000 разів. В одному випадку їх обробляли програмою обробки Micron-Alpha зображень без урахування хвилястості шорсткої поверхні, в іншому — програмним пакетом OriginLab, де хвилястість враховувалася.

Зображення у градаціях сірого було оцифровано в матрицю. Значення елементів матриці (640×480 пікселів) — це нерівності профілю в мкм. Результати програмної обробки показали, що параметр R_{max} найбільшої висоти профілю у випадку хвилястості більший на 0,11 мкм, значення автокореляційної 2D-функції менше максимум на 50% (що свідчить про більшу неоднорідність поверхні), дисперсія профілю в 1,8 раза більша, ніж у випадку без хвилястості.

Основними програмними засобами для аналізу даних були Micron-Alpha та OriginLab. OriginLab — це програма обробки та аналізу експериментальних даних, що об'єднує імпортування даних в різних форматах, побудову графіків для наукових досліджень, статистичний аналіз, математичну обробку даних, обробку сигналів, зокрема перетворення Фур'є та включає розширену автоматизацію. Автоматизація може бути з допомогою мови LabTalk, з допомогою мов C та C++ є вбудований компілятор. Отже можна використовувати наукові бібліотеки, зокрема відкриту бібліотеку GSL. Автоматизація в OriginLab можлива також з допомогою мови Python. Досвід роботи з OriginLab, універсальність та поширеність в сфері аналізу даних для наукових досліджень обумовили вибір зазначеної програми.

Вивчалась також можливість застосування інших програмних засобів та бібліотек. Зокрема, Gwyddion — модульна програма для візуалізації та аналізу даних скануючої зондової мікроскопії. Це вільне програмне забезпечення спеціально призначене для аналізу даних полів висот, але дещо складніше для освоєння. Бібліотека GSL — GNU Scientific Library — відкрита бібліотека прикладної математики та наукових обчислень на мові C, яку можна використовувати як в середовищі вбудованого компілятора Origin C, так і будь-якого іншого компілятора C. Завдяки GSL можна реалізувати функцію, якої в OriginLab немає з високою швидкістю. Позаяк деякі обчислення зручно виконувати мовою Python, для цього можуть бути корисні бібліотеки PySPM — для читання та первинного аналізу даних, NumPy, SciPy — для аналізу даних, matplotlib — для візуалізації, OpenCV, scikit-image — для обробки зображень.

У роботі досліджено різницю статистичних, кореляційних, спектральних (перетворення Фур'є) характеристик між шорсткими поверхнями, використання пакетів Micron-Alpha та OriginLab, і можливість використання пакету Gwyddion та бібліотек GSL, NumPy, SciPy, PySPM, OpenCV, scikit-image для аналізу даних шорсткості.

Література

1. Сіренко Г. О., Солтис Л. М. (2010) Моделі нанометричної та мікрометричної шорсткості поверхні твердих тіл (Огляд), *Фізика і хімія твердого тіла*, т. 11, № 2, с. 423–446.
2. *Origin User Guide* (2025) [online]. URL : <https://www.originlab.com/doc/en/User-Guide>.
3. Galassi M., Davies J., Theiler J., Gough B., Jungman G., Alken P., Booth M., Rossi F., Uleric R. (2025) *GNU Scientific Library Release 2.7*. [online]. URL : <https://www.gnu.org/software/gsl/doc/latex/gsl-ref.pdf>
4. Gwyddion documentation (2025) [online]. URL : <https://gwyddion.net/documentation>.
5. NumPy documentation (2025) [online]. URL : <https://numpy.org/doc/>
6. SciPy documentation (2025) [online]. URL : <https://docs.scipy.org/doc/scipy>.
7. OpenCV documentation (2025) [online]. URL : <https://docs.opencv.org/4.x/index.html>.

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ КОМПЛЕКСОМ КРАФТОВОГО ПИВОВАРІННЯ НА БАЗІ ЦИФРОВИХ ДВІЙНИКІВ

Романов М. О.

Національний університет харчових технологій. Київ, Україна

E-mail: maksim.a.romanov@gmail.com

Digital Twins Based Complex Information and Control System for Craft Beer Brewery

This paper addresses the critical need for an advanced automated control system for craft breweries, focusing on the integration of Industry 5.0 principles, particularly human-centric production. We propose a service-oriented architecture based on digital twins, which accounts for the dynamic nature of brewer and consumer competencies, moving beyond traditional static resource planning. The system aims to enhance product quality, facilitate continuous learning, and simplify adaptive changes in response to evolving consumer demands, fostering collaboration within the industry ecosystem.

Розгляд компетенцій пивовара як ключового виробничого ресурсу актуалізується у сфері крафтового пивоваріння. Проте їх проста формалізація у вигляді переліку та нормативів людино-годин, необхідних для виготовлення продукту, виявляється недостатньою для ефективного управління. Компетенції характеризуються складною нелінійною структурою, ймовірнісним характером застосування та ефектом накопичення, що проявляється через процеси навчання. Більш того, забезпечення зростання компетенцій є стратегічним завданням довго- та середньострокового планування виробництва. Водночас підвищення компетенції пивовара корелює з виробництвом продукту вищої якості, що фактично є іншим продуктом — пивом, яке за своїми характеристиками значно перевершує середньостатистичні ринкові зразки, що є визначальною особливістю крафтового виробництва. Отже, завдання розвитку компетенції пивоваріння потребує синхронізації з динамічним зростанням споживчих вимог до кінцевого продукту, що відповідає принципам Індустрії 5.0, зокрема концепції людино-центричного виробництва.

На практиці було визначено, що сучасна система керування комплексом крафтового пивоваріння потребує суттєвих змін за чотирма основними напрямками. По-перше, це моделювання та інтеграція у систему керування якісних характеристик продукту, пов'язаних із практиками його використання. По-друге, необхідність урахування у системі керування факторів рівня компетенцій персоналу, накопичення досвіду і шляхів професійного зростання. По-третє, реалізація концепції керування цілісним процесом за умови взаємодії сервіс-орієнтованих малих підприємств. І, по-четверте, це суттєве спрощення та зниження вартості впровадження змін, а також орієнтація системи керування на адаптацію до змін у технології, обладнанні та компетентності персоналу задля ефективної реакції на зміну вимог та очікувань споживача.

Характерною особливістю запропонованого підходу є розгляд вимог

споживача як компетенцій — також складної нелінійної структури з імовірнісним характером оцінок і ефектами накопичення. Завданням дослідження є аналіз методів і способів оптимізації планування виробництва на базі не лише ресурсів сталої структури з певною варіабельністю параметрів, як обладнання чи матеріальні ресурси, а й із урахуванням ресурсів змінної у часі структури з ймовірнісним характером застосування — компетенцій пивовара чи споживача. Відповідно до вимог пропонується архітектура системи керування. На відміну від класичної архітектури, що відображає піраміду автоматизації та є ієрархічною комбінацією різноманітних систем на різних рівнях у рамках організації, для розв'язання вищезгаданих завдань пропонується сервіс-орієнтована архітектура. Вона передбачає, що окремі системи автоматизації, або ж окремі завдання та функції цих систем, існують незалежно та ізольовано одна від одної, обмінюючись даними через доступ до загального сховища даних організації, яке фактично містить цифровий двійник підприємства.

Загальне сховище, з технологічної точки зору, є розподіленим гетерогенним сховищем, що зберігає різноманітні записи у різних форматах. З точки зору інформаційної безпеки, розрізняються критичні дані внутрішнього використання для організації, операційні дані, що не є критичними та можуть бути частково публічними (з обмеженим та контрольованим доступом, наприклад, доступні для споживачів), та дані, що мають публічний характер за замовчуванням. Наприклад, дані щодо структури компетенцій споживача чи пивовара є апріорі публічними, оскільки формуються як результати узгодженого бачення широкого кола гравців галузі. Не менш важливою є узгоджена онтологічна визначеність даних у загальному сховищі. Різноманітність даних потребує численних інтерфейсів для їх інтерпретації — кожна функція-сервіс потребує інформації власно-специфічної структури. Отже, центральне сховище відповідає не тільки за збереження даних цифрових двійників процесів та ресурсів підприємства, а й за трансформацію цих даних у структури, онтологія яких відповідає вимогам конкретного сервісу.

Підсумовуючи вимоги до архітектури, її можна описати як неієрархічну шину даних і набір мікросервісів, що взаємодіють із нею. Ця архітектура найкраще подана як платформа, на базі якої підприємство та спільноти, що його оточують, співпрацюють задля досягнення загальної мети, розподіляючи доступ до даних та спільно користуючись загальнодоступними сервісами.

Література

1. Pupena A., Elperin I., Mirkevich R., Klymenko O. (2016) Computer integrated manufacturing: overview of modern standards, *Automation of Technological and Business Processes*, no. 3, pp. 63–74.
2. ISO 23247-1 First edition 2021-10 Automation systems and integration — Digital twin framework for manufacturing — Part 1: Overview and general principles.
3. IEC 62264-1 Edition 2.0 2013-05 Enterprise-control system integration — Part 1: Models and terminology.

ПІЛОТНА СИСТЕМА АНАЛІЗУ МОЖЛИВИХ ДЖЕРЕЛ РАДІОАКТИВНИХ ЗАБРУДНЕНЬ — РЕАЛІЗАЦІЯ У ХМАРНІЙ ІНФРАСТРУКТУРІ

**Синкевич Р. О., Майстренко С. Я., Хурцилава К. В.,
Донцов-Загреба Т. О., Ковалець І. В.**

*Інститут проблем математичних машин і систем НАНУ, Київ, Україна
E-mail: sunkevu4@gmail.com*

Pilot System for Analysis of Possible Sources of Radioactive Air Pollution — Implementation in Cloud Computing Infrastructure

A web-based system for analyzing unknown sources of radioactive air pollution was developed and implemented in the infrastructure of a cloud computing platform. This allows for the significant acceleration of calculations and the reduction of the system's cost, thanks to the use of powerful cloud infrastructure resources on an "on-demand" basis.

У ХХІ столітті на території Європи неодноразово фіксувалися випадки виявлення радіонуклідів антропогенного походження, джерело яких залишалося невідомим на момент виявлення. Такі події, як виявлення йоду-131 у 2011 та 2017 роках, а також рутенію-106 у 2017 році [1], засвідчують потребу в ефективних інструментах для ідентифікації джерел радіоактивного забруднення. Виявлення здійснювалося за допомогою систем моніторингу, які надають інформацію тільки про рівень та інтенсивність забруднення у точці виміру, але не можуть вказати джерело забруднення та його характеристики.

Аналіз таких подій базується на методах інверсії джерела, що передбачають оцінку просторових та часових характеристик радіоактивного викиду шляхом порівняння результатів атмосферного моделювання з фактичними даними моніторингу. Для цього необхідно багаторазово запускати модель атмосферного переносу з різними вхідними параметрами, що вимагає значних обчислювальних ресурсів, а також відповідного рівня підготовки фахівців, які виконують подібні розрахунки.

З метою підвищення ефективності таких досліджень було розроблено інформаційну вебсистему для аналізу невідомих джерел радіоактивних забруднень з використанням зворотнього моделювання [2]. Система реалізує інверсійний підхід на основі лагранжевої моделі атмосферного переносу та дисперсії FLEXPART, а також використовує обчислювальний інструмент SIMFLEX для мінімізації функції якості, яка характеризує розбіжності між змодельованими та вимірними концентраціями. Вебсистема дозволяє оцінювати ймовірне розташування джерела, час початку, тривалість та масштаби викиду, візуалізуючи результати на картографічній основі. Також, є можливість завантажити вихідні дані результату розрахунку для подальшого аналізу, на власний комп'ютер.

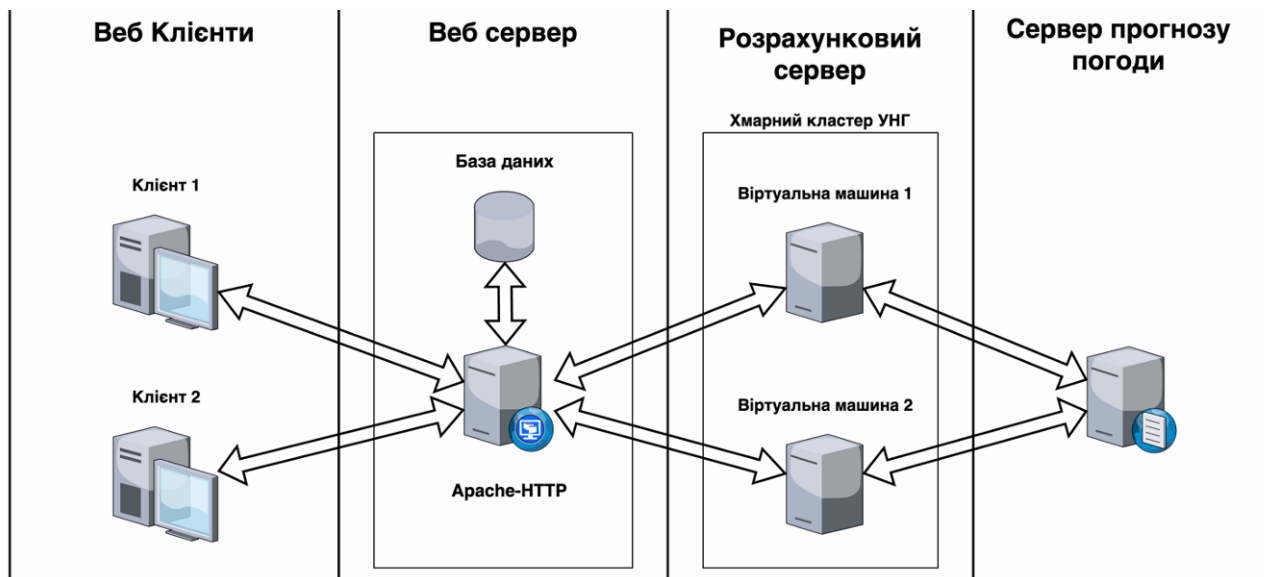


Рис. 1. Архітектура вебсистеми аналізу джерел радіоактивних забруднень із використанням кластеру УНГ

Щоб уникнути проблем з налаштуванням моделі FLEXPART та пов'язаних з ним компонентів, було застосовано концепцію віртуалізації. Для локального розгортання використовувалася контейнеризація за допомогою Docker, що забезпечує уніфіковане середовище виконання та спрощує процес розробки й тестування. Однак у такому випадку знижується швидкість обчислення, тому для підвищення швидкості виконання розрахунку використано хмарну інфраструктуру Української національної грид-інфраструктури (УНГ).

УНГ реалізована за архітектурою з динамічним виділенням ресурсів — високопродуктивна віртуальна машина автоматично створюється під час запуску розрахунку і видаляється після його завершення (рис.1). Такий підхід забезпечує ефективне використання обчислювальних ресурсів: з одного боку — прискорює виконання задач, а з іншого — дозволяє уникати простоїв та оптимізувати навантаження на хмарну інфраструктуру. За наявності вільних ресурсів у хмарі, можливий паралельний запуск кількох розрахунків. Застосування віртуалізації забезпечує гнучкість і масштабованість системи, що є важливим фактором для її подальшого розвитку та впровадження.

Література

1. Masson O., Steinhäuser G., Zok D., Saunier O. et al. (2019) Airborne concentrations and chemical considerations of radioactive ruthenium from an undeclared major nuclear release in 2017, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Aug 2019, 116 (34) 16750-16759. DOI: 10.1073/pnas.1907571116.
2. Kovalets I., Synkevych R., Maistrenko S., Dontsov-Zagreba T., Khurtsilava K. (2025) Pilot system for possible sources of radioactive air pollution analysis using inverse modeling, *Lecture Notes in Networks and Systems*, Vol. 1391, pp. 3–16.

Q-LEARNING ТА КЛАСИЧНІ МЕТОДИ ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ ДЛЯ ЗАДАЧІ ТЕРМОРЕГУЛЯЦІЇ СУШИЛЬНОЇ КАМЕРИ

Тюляков Д. І., Луцька Н. М., Смітюх Я. В.

Національний університет харчових технологій,

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

E-mail: tiuliakov.dmytro@lil.kpi.ua

Q-Learning and Classical Optimal Control Methods for Temperature Control in a Drying Chamber

The Q-Learning method was successfully applied for optimal control synthesis of an object with discrete actuation (level-quantized control input). This problem is fundamentally unsolvable using LQR methods, while MPC implementations require substantial computational resources for online operation. The proposed algorithm features low computational complexity and is implementable on common PLC.

Незважаючи на широке використання штучного інтелекту (ШІ) у повсякденному житті, його методи в сфері автоматизації застосовуються обережно. Основні причини — складність аналізу поведінки алгоритмів керування, а також недостатня кваліфікація розробників та обслуговуючого персоналу.

Втім, досить поширені класичні методи оптимального керування, такі як LQR (лінійно-квадратичний регулятор) та MPC (керування з прогнозуючою моделлю), мають спільну основу з методами навчання з підкріпленням (*Reinforcement Learning*, RL) — а саме, фундаментальне рівняння Белмана.

У цій роботі розглядається вирішення задачі керування температурою в сушильній камері за допомогою Q-Learning. Для зручності графічного представлення, аналізу та інтерпретації результатів динаміка об'єкта керування апроксимується лінійним диференціальним рівнянням першого порядку. Подальші експерименти показали повторюваність результатів при апроксимації моделями вищих порядків.

Постановка задачі. Розглядається об'єкт керування першого порядку, який після дискретизації за допомогою ЗОН-перетворення описується дискретним в часі рівнянням стану:

$$x[n+1] = ax[n] + bu[n]$$

де $x[n]$ — поточна температура. Керуюча дія $u[n]$ є також дискретною за рівнем та приймає квантовані значення: 0, 1, 2 або 3 кВт.

Для застосування методів навчання з підкріпленням (RL) виконано квантування за рівнем значення температури $x[n]$, що дозволило сформулювати Марковську модель динаміки з скінченними множинами станів $s(x) \in S$ та дій $a(u) \in A$.

Функцію витрат (*cost function*) визначено як квадрат помилки регулювання $J(s) = (s_{ref} - s)^2$. Такий вибір забезпечує пряме порівняння з результатами LQR, оскільки:

- обрана функція витрат схожа на функціонал для вирішення дискретного алгебраїчного рівняння Ріккати (DARE) хоч і не містить штрафу за керуючу дію;
- у дискретному LQR (на відміну від неперервного) допустиме нульове вагове значення на керування;
- ваговий коефіцієнт для помилки регулювання в цьому випадку не впливає на оптимальність через відсутність конкуруючої складової витрат.

Важливою перевагою Q-Learning є його безмодельність (*model-free*), що дозволяє застосовувати метод для систем з невідомою динамікою. Проте в цій роботі використано гібридний підхід: навчання проводилось на апроксимованій моделі, отриманій шляхом ідентифікації [1], з подальшою можливістю адаптації (online донавчання) під час експлуатації.

Враховуючи дискретність Марковської моделі, малу розмірність простору станів ($|S| < 42$) та відсутність необхідності параметризації, Q-функцію реалізовано у вигляді матриці станів-дій (Q-table) $Q \in \mathbb{R}^{|S| \times |A|}$. Це забезпечує точне представлення значень $Q[s, a]$ без апроксимаційних похибок.

Під час навчання та адаптації відбувалось ітераційне покращення Q-таблиці:

$$Q[s, a] \leftarrow Q[s, a] + \alpha(\gamma \cdot \max_a Q[s', a] - Q[s, a] - J(s))$$

де коефіцієнти α — швидкість сходимості, γ — дисконт-фактор.

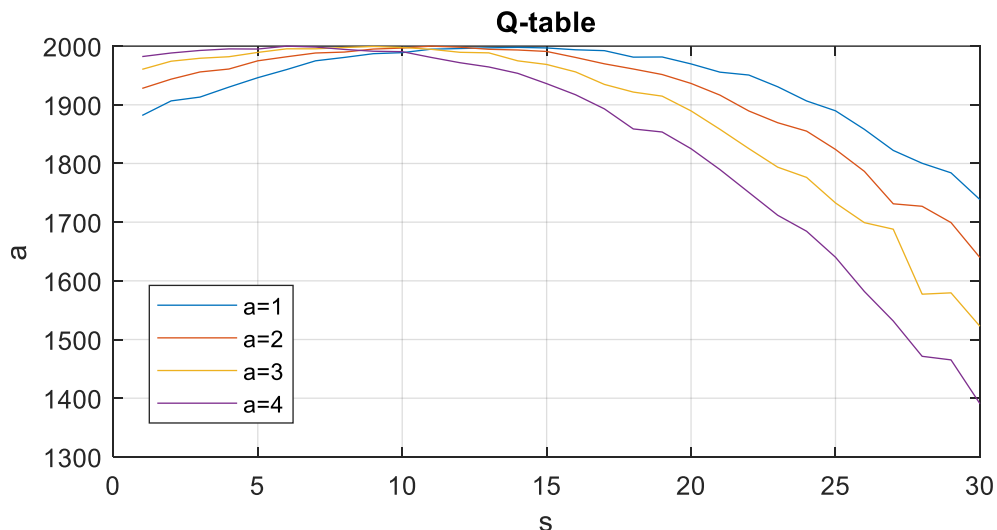


Рис. 1. Результат ідентифікації Q-table

Під час навчання на моделі використовувалась стохастична політика (*policy*) керування $\pi[s, a]$. Збіжність отримана після 2000 епізодів (Рис. 1). У результаті отримана оптимальна політика $\pi^*[s, a] = \max_a Q[s, a]$. Необхідно зазначити що на відміну від LQR можна помітити залежність закону керування

від уставки s_{ref} (Рис. 2). Під час експлуатації використовується *epsilon-gridy policy* що дозволяє поєднувати принципи *exploration-exploitation* [2].

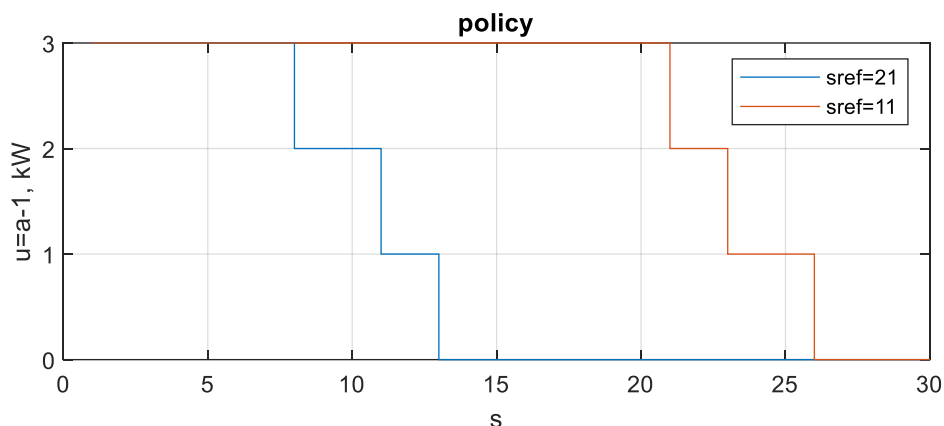


Рис. 2. Залежність оптимальної політики від завдання

Висновки. Метод Q-Learning успішно застосовано (Рис 3) для синтезу оптимального керування об'єктом з дискретною керуючою дією (квантування за рівнем). Ця задача є невирішувемою методами LQR та при використанні MPC вимагає значних обчислювальних ресурсів для онлайн-реалізації. Запропонований алгоритм має низьку обчислювальну складність та може бути реалізованим на стандартних PLC.

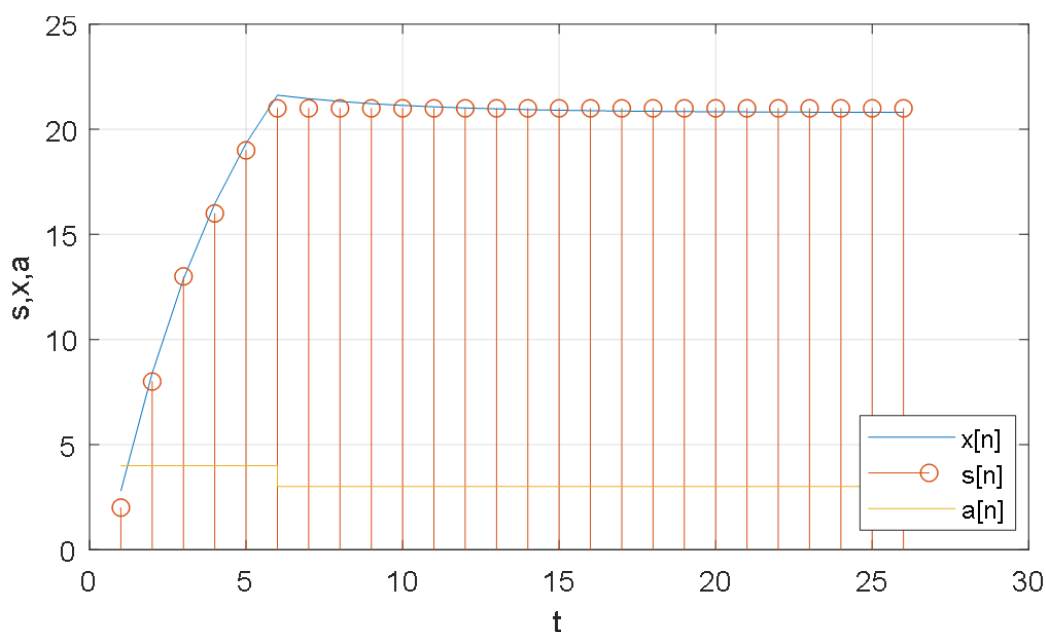


Рис. 3. Графік виходу на задану температуру ($ref=21^{\circ}\text{C}$)

Література

1. Тюляков Д. І., Луцька Н. М. (2024) Дослідження точності ідентифікаційних моделей та їх впливу на систему керування, *Енергетика і автоматика*, № 4, с. 39–55. URL : [http://dx.doi.org/10.31548/energiya4\(74\).2024.039](http://dx.doi.org/10.31548/energiya4(74).2024.039).
2. Sutton R. S., Barto A. G. (2020) *Reinforcement Learning: An Introduction*

ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ЯКОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Федін С. С.

Національний транспортний університет, Київ, Україна

E-mail: sergey.fedin1975@gmail.com

Романюк О. О.

Відкритий міжнародний університет розвитку людини

«Україна», Київ, Україна

Тріщ Р. М.

Національний аерокосмічний університет

«Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна

Application of Artificial Neural Networks for Forecasting the Quality of Technological Processes

MLP neural network models with BFGS and Back Propagation of Error learning algorithms have been developed. It has been established that the use of the Back Propagation of Error algorithm, compared to the BFGS algorithm, allows obtaining forecasting results for the controlled parameter of the mechanical processing of details with smaller ranges of the mean absolute percentage error and mean square error.

У сучасних умовах інформаційного розвитку та інтелектуалізації різних галузей промисловості актуальною проблемою є застосування методів управління на основі кількісного оцінювання показників якості виробничих і технологічних процесів [1]. Одним із способів технологічного забезпечення точності процесів механічної обробки є запровадження в автоматизованих управляючих системах верстатів коригувальних впливів за результатами прогнозування відхилень контрольованих параметрів деталей на основі адаптивних моделей штучного інтелекту. При цьому актуальним завданням є підвищення точності процесу адаптації під час зміни в режимі on-line технологічних параметрів за допомогою самоналагоджувальних моделей. Такі інформаційні моделі можуть мати значно більші здатності до адаптації за рахунок переналаштування (перенавчання) на основі ретроспективної статистичної інформації під час зміни параметрів процесу механічної обробки деталей для визначення або коригування закону управління і, як наслідок, забезпечення якості процесу металообробки. Враховуючи умови нелінійної динаміки технологічних параметрів ефективність адаптивного управління процесами металообробки можна суттєво підвищити за рахунок застосування моделей прямошарових штучних нейронних мереж (Multilayer Perceptron — MLP). При цьому спільне використання моделей MLP та контрольних карт дозволить реалізувати принцип інформаційного забезпечення точності технологічних процесів. Контрольованим параметром послідовно

оброблюваних деталей будемо вважати точність діаметру циліндричної поверхні деталі типу «вал», а саме відхилення дійсного розміру поверхні від його номінального значення в межах поля допуску.

Метою дослідження є створення адаптивних моделей типу MLP для нейромережевого прогнозування якості технологічних процесів за параметром точності циліндричних деталей типу вал.

Приклади навчальної вибірки моделей MLP отримано з використанням методу ковзного вікна x_i і x_{i+n} , що переміщується за часовою послідовністю ретроспективних даних відхилень контрольованого параметра з кроком, який дорівнює одному циклу обробки (одній деталі із реалізації №1, обсягом 25 деталей). При цьому дані у вікні x_i є входами нейронної мережі, а дані другого вікна x_{i+n} — виходами (y). Для створення моделей типу MLP використовували систему статистичного аналізу даних та прогнозування STATISTICA 10, а також систему моделювання нейронних мереж BrainMaker Professional 3.52. Застосування різного програмного забезпечення під час проведення обчислювальних експериментів обумовлено необхідністю забезпечити відтворюваність отриманих результатів прогнозування. Для забезпечення збіжності результатів прогнозування та оцінювання їх верифікації виконували по дві серії обчислювальних експериментів в системах STATISTICA і BrainMaker Professional. Таким чином, навчання моделей нейронних мереж повторювали двічі для кожної послідовно виготовленої деталі з реалізації №2. У системі STATISTICA використовували алгоритм BFGS (Broyden–Fletcher–Goldfarb–Shanno), а у системі BrainMaker Professional — алгоритм Back Propagation of Error, які відносяться до ітеративних градієнтних методів числової оптимізації, призначених для знаходження локальних екстремумів нелінійної функції перетворення шляхом мінімізації помилки роботи MLP і отримання бажаного виходу — y . Побудову моделей MLP здійснено на основі навчальної вибірки з $n=6$ входами та $m=1$ виходом.

Відтворюваність отриманих результатів прогнозування підтверджує перевірка статистичної гіпотези щодо відсутності значущої відмінності між результатами прогнозування з використанням різних алгоритмів машинного навчання для двох серій експериментів, яку виконано на основі t -тесту для незалежних змінних, оскільки виконується умова $p > 0,05$ (рис. 1).

Group 1 vs. Group 2	Mean Group 1	Mean Group 2	t-value	df	p	Valid N Group 1	Valid N Group 2
Серія1_BFGS vs. Серія1_Back Propagation	126,5263	126,1579	0,030565	36	0,975786	19	19
Серія1_BFGS vs. Серія2_Back Propagation	126,5263	126,1579	0,030965	36	0,975469	19	19
Серія2_BFGS vs. Серія1_Back Propagation	128,1579	126,1579	0,164154	36	0,870528	19	19
Серія2_BFGS vs. Серія2_Back Propagation	128,1579	126,1579	0,166257	36	0,868885	19	19

Рис. 1. Скриншот результату перевірки статистичної гіпотези щодо відсутності значущої відмінності між результатами прогнозування для двох серій експериментів у системі STATISTICA 10

Збіжність двох серій результатів нейромережевого прогнозування на основі алгоритмів машинного навчання BFGS і Back Propagation of Error підтверджується значущими коефіцієнтами парної кореляції $R_{\text{BFGS}}=0,993$ і $R_{\text{Back Propagation}}=0,995$ відповідно.

Верифікацію отриманих результатів нейромережевого прогнозування точності технологічного процесу механічної обробки деталей виконували з використанням статистичних критеріїв: середньої абсолютної відсоткової помилки (MAPE), середньоквадратичної помилки (RMSE), коефіцієнту детермінації (D), коефіцієнту кореляції (R) (табл. 1).

Таблиця 1. Отримані оцінки статистичних критеріїв верифікації прогнозу

Критерій \ Алгоритм		MAPE, %	RMSE, мкм	D	R
BFGS	Серія 1	5,322	9,668	0,969	0,939
	Серія 2	6,494	11,180	0,964	0,929
Back Propagation of Error	Серія 1	4,767	6,886	0,984	0,969
	Серія 2	5,051	6,856	0,983	0,966

Значення коефіцієнтів кореляції (табл. 1) дозволили віднести всі отримані результати до категорії «Сильна», що характеризує якісну міру статистичного зв'язку відповідно до шкали Чеддока [2].

Таким чином, аналіз значень статистичних критеріїв (табл. 1) дозволяє рекомендувати застосування алгоритму машинного навчання Back Propagation of Error при створенні нейромережевих моделей для прогнозування якості технологічних процесів механічної обробки деталей за параметром відхилення діаметра валу від його номінального значення.

При цьому слід зазначити, що оскільки запропоновані моделі нейронних мереж базуються на використанні алгоритмів машинного навчання, що дозволяють знаходити локальні мінімуми при нелінійному відображенні $X \rightarrow Y$, то перспективою подальших досліджень може бути спільне застосування методів нейронних мереж і еволюційного моделювання, до яких зокрема відносяться генетичні алгоритми [3].

Література

1. Rojek I. (2017) Technological process planning by the use of neural networks, *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, 31, pp. 1–15.
2. Turan U. (2020) A Correlation Coefficients Analysis on Innovative Sustainable Development Groups, *EUREKA: Social and Humanities*, 1(1), pp. 46–55.
3. Fedin S. S. (2024) Improving the accuracy of neural network exchange rate forecasting using evolutionary modeling methods, *System research and information technologies*, no. 3, pp. 7–24. doi : <https://doi.org/10.20535/SRIT.2308-8893.2024.3.01>.

ЗАГАЛЬНА КЛАСИФІКАЦІЯ АКУСТИЧНИХ ХВИЛЕВОДІВ

Фесенко М. Б.

E-mail: clnt_49@ukr.net

Інститут кібернетики імені В.М.Глушкова НАН України

The General Classification of Acoustic Waveguide

The necessary and actual of ontology engineering for acoustic science grounded. The general definition an acoustic waveguide formulates. The acoustic subject domain is discussion. The characteristically feature and taxonomy of acoustic waveguide has chosen. The general classification of acoustic waveguides with position of ontology engineering has design. The tendentious of development of acoustic waveguide formulate.

Онтологічна інженерія поступово охоплює нові спеціалізовані предметні області. Потрібна інформація має бути представлена у форматі, що орієнтований на комп'ютерне сприйняття та побудову онтологічних баз знань. Акустичний напрямок, хоча й відноситься до фізики, вже давно рухається самостійно у фарватері суміжних наук. Зараз акустичні знання дуже затребувані в авіації, ракетобудуванні, медицині, енергетиці. Тому акустичні знання мають перейти у предметну область комп'ютерної інженерії. Першим кроком до досягнення цієї мети є побудова таксономії окремих частин акустичного спектру знань, тому що охопити усе разом поки що неможливо.

Попри багаторічне і повсюдне використання хвилеводів, до теперішнього часу поки що не має достатньо чіткого визначення цього поняття та загальної класифікації хвилеводів. Сформулюємо визначення хвилеводу спочатку для окремих видів хвилеводів, а потім спробуємо узагальнити його у поєднане поняття. Під акустичним хвилеводом будемо розуміти середовище існування акустичного поля, де народжуються, розповсюджуються, функціонують, взаємодіють між собою, зі різними об'єктами, суб'єктами, полями, хвилями та згасають акустичні хвилі. На основі властивостей звукової хвилі обираються найбільш застосовані для досягнення визначених цілей акустичні хвилеводи, де ці властивості найкраще проявляються та використовуються. Такі хвилеводи виділяються у окремі групи та розроблюються під конкретне використання.

Математичною основою таких розробок є моделювання хвилеводів з урахуванням середовища розповсюдження акустичної хвилі щодо конкретного середовища. Акустична хвиля звичайно нестійка та піддається впливу поміх, що характерні для середовищ її розповсюдження. Характеристики типу сигнал/шум, час згасання хвилі, співвідношення швидкості її розповсюдження до швидкості звука у цьому середовищі у деякому ступені характеризують властивості звукової хвилі, але не дають гарантій, що відбудеться їх обов'язкове повторення. Коливальні процеси зміни щільності окремих частин, вологості та тиску не вакуумного неоднорідного середовища, що відображується та супроводжується звуком, зовсім не обов'язково тотожно

розповсюджуються на усе середовище, тим більше якщо у ньому через велику протяжність хвилеводу спостерігається різна щільність розповсюдження часток та тиску. Поля різної природи та походження, як правило, не існують ізольовано, а взаємодіють між собою та впливають одне на одного, створюють різні комбінації у залежності від умов, де відбуваються ці процеси. Тому вже відкриті наукою частки та хвилі поступово доповнюються раніше невідомими науці, але усе ж таки існуючими у тіні незнання про них. Вельми обмежений діапазон властивих людині сприйняття через власні органи почуття у співвідношенні з її інтелектом з часом став поширюватися за рахунок розвитку останнього. Небачене, нечутне та невідчутне стали, у деякому ступеню, доступні сприйняттю завдяки розвитку техніки та розумової діяльності.

Виділимо окремі ознаки, що характеризують хвилеводи, у окремі узагальнюючі таксони, щоб охопити найбільшу кількість роз'єднувальних між собою хвилеводів.

За призначенням поділимо хвилеводи на локалізуючі, та акустичні за матеріалом, акустичні за кристалом, радіоакустичні, гідроакустичні, відео акустичні, аеродинамічно акустичні, геоакустичні та акустичні.

За складом виділимо нерегулярні, однорідні, неоднорідні, неоднорідно-шарові та шарові хвилеводи, що, у свою чергу, за видом шаруватості поділимо на плоскі, двохшарові, плоско-шарові та неоднорідно-шарові.

За віссю розповсюдження звукової хвилі виділимо вісси симетричні хвилеводи та хвилеводи зі поглибленою віссю каналу.

За ізольованістю — ізольовані та відкриті, яких існує безумовно більше.

За моделлю субстанції виділимо водні, газоподібні, твердо та м'якотілі, вакуумні та комбіновані хвилеводи, наприклад: хвилеводи зі звуковбирним дном Хаїма Лееба Пекеріса, Занга та Буї Туонга Ганга.

Поділимо також хвилеводи на рухомі та статичні.

За операціями виділимо хвилеводи роз'єднання та об'єднання, що характерно для хвилеводів з твердим тілом. За об'єктами виділимо активні та пасивні хвилеводи, а за типом об'єкту виділимо приймачі та джерела.

За модою поділимо існуючі хвилеводи на хвилеводи з 1 модою, багатьма модами і симетричні, де урахуємо відсутність дисперсії у таких хвилеводів.

За напрямком розповсюдження хвилі виділимо горизонтальні, вертикальні, повздовжні та поперечні хвилеводи. Напрошуються само по собі кутові хвилеводи, тобто з довільним кутовим напрямком розповсюдження звукової хвилі, але поки що до їх винаходу справа не дійшла.

За протяжністю хвилеводи умовно поділимо на нескінченні та обмежені, що, у свою чергу, можуть бути обмежені поперечно, звужені, постійної глибини, так й перегороджувані, зокрема пластиною.

За походженням традиційно поділимо хвилеводи на природні, штучні та змішані. До штучних хвилеводів віднесемо ідеальні хвилеводи, басейни, труби та віртуальні математичні моделі.

За умовами, що штучно створюються для проходження звукової хвилі, виділимо ревербераційні камери, аеродинамічні та гідродинамічні труби різних конструкцій та призначень, а за швидкостями перебігу звукової хвилі через

хвилевод виділимо дозвукові хвилеводи та надзвукові хвилеводи, зокрема гіперзвукові. Природні хвилеводи умовно поділимо на реальні (взагалі), атмосферні, ґрунтові сейсмологічні, повітря — ґрунт, рідина — ґрунт, океан у цілому та мілкого моря. Звернемо увагу на те, що живі природні істоти та їх тканини також відносяться до природних хвилеводів. На цьому базується, зокрема, ультразвукове медичне дослідження.

За розташуванням природні хвилеводи поділимо на граничні, прибережні, глибоководні, навколо поверхневі та поверхневі.

За використанням поверхневих хвилеводів виділимо лише два основні — це лінії затримки та датчики кипіння, що використовуються у атомній енергетиці.

Тоді як за властивостями таксонів значно більше. Виділимо серед них властивості дисперсії, звуження пучка, не розгалуження, локалізації енергії, зменшення швидкості та гасіння акустичної хвилі.

За геометрією хвилеводи з твердим тілом традиційно поділимо на плоский пошаровий, топографічний, локалізований та коловий волоконний. Посеред плоских пошарових хвилеводів відокремлюються хвилеводи з щільною, смугові та скорочені. Топографічні хвилеводи звичайно мають або клиноподібну форму, або форму гребеня. За цією ознакою вони й відрізняються з урахуванням деяких властивостей. Коловий волоконний хвилевод може бути як капілярним, так й у оболонці. Онтологічна інженерія має працювати на перспективу наукових досліджень.

Як перспективну тенденцію виділимо напрямок розвитку хвилеводів зі змінною щільністю, де звукові коливання у процесі свого розповсюдження можуть змінювати швидкість цього розповсюдження. Наприклад, хвилеводи вибухової речовини, хвилеводи газових трубопроводів тощо. Виділимо також перспективу появи хвилеводів зі змінною геометрією розповсюдження звукових коливань, наприклад поздовжньо — поперечні хвилеводи. Відзначимо також близьку щодо цього напрямку тенденцію створення хвилеводів зі змінним кутом розповсюдження, відображення та поглинання звукової хвилі. В'язке вологе середовище поглинання, таке як морське дно у хвилеводі Пекеріса, або прибережне морське дно у нафтогазових платформ, як у хвилеводі Ганга, вельми неоднорідне, наприклад, за причиною значного налипання та осідання льодової крижаної маси, а також її танення. Тому адже інтегральні оцінки цього процесу далеко не завжди точні.

Також становить інтерес поява у майбутньому хвилеводів зі змінним напрямком розповсюдження звукової хвилі. Відмітимо також тенденцію створення штучних газоподібних похідних етиленових хвилеводів у вибухових об'ємних зарядах зі послідуною різкою зміною щільності у процесі стиску й утворення ударної хвилі зі відповідними акустичними характеристиками.

Зазначимо також іще одну перспективну тенденцію — появи в майбутньому акустичних хвилеводів з програмуванням властивостей. Але більшість вказаних і запропонованих тенденцій поки ще можливо промодельовувати лише через математичні розрахунки у віртуальних аеродинамічних трубах, де проходять віртуальне випробування сучасні моделі та зразки авіаційної та ракетної техніки.

3

СЕКЦІЯ

***МАТЕМАТИЧНЕ
МОДЕЛЮВАННЯ***

ПРО ЗАСТОСУВАННЯ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО ПІДХОДУ ДО РОЗВ'ЯЗАННЯ НЕЧІТКОЇ ЗАДАЧІ КОМІВОЯЖЕРА

Гавриленко В. В., Івохіна К. Є.

Національний транспортний університет, Київ, Україна

E-mail: ivohina@gmail.com

On the Application of a Multicriterial Approach to Solving the Fuzzy Traveling Salesman Problem

The methods for solving the traveling salesman problem with fuzzy specified values of travel time on a transport system are considered. Fuzzy triangular numbers are used to represent the duration. The traveling salesman problem is considered as a multicriterial problem, for the solution of which the convolution method with confidence weight coefficients is used. A discrete version of setting the weight coefficients and a continuous analog are considered. The membership indicators of the values of the carrier of each fuzzy number are taken into account.

Зміст відомої задачі комівояжера полягає у необхідності скласти маршрут руху в рамках заданої сукупності зв'язаних між собою пунктів (міст), що утворюють транспортну мережу, яка складається з n вершин. Циклічний маршрут, за яким комівояжер має відвідати усі міста мережі, має бути оптимальним за часом або довжиною, причому кожен з пунктів потрібно відвідати не більше одного разу.

З математичної точки зору, задача комівояжера — комбінаторна задача, для розв'язання якої можна використовувати методи математичного програмування. Серед узагальнених постановок задачі комівояжера значної уваги привертають задачі, оптимальний маршрут у яких формується з урахуванням декількох критеріїв оптимальності [1]. В якості прикладу, можна розглянути постановку задачі комівояжера з двома критеріями, у якій необхідно мінімізувати сумарну відстань та час переміщення за маршрутом.

Типове розв'язування двокритеріальної задачі можна провести на основі модифікації критеріальних функцій шляхом їх зведення до одного критерію. В якості способу перетворення критеріїв доцільно розглянути величини ефективності переміщення кожною ділянкою транспортної мережі, для чого треба звести вихідну задачу до однокритеріального вигляду. Використання відомих методів розв'язання задачі комівояжера дозволяє отримати в цьому випадку компромісний у деякому розумінні маршрут. Інший загальновідомий спосіб розв'язування оптимізаційних задач з багатьма критеріями базується на зведенні сукупності критеріїв до одного у вигляді згортки [2].

У нечіткій задачі комівояжера розв'язується проблема формування маршруту комівояжера з урахуванням умов невизначеності та неточності параметрів руху, математичне формулювання якої можна записати так: потрібно мінімізувати з урахуванням способу порівняння нечітких величин цільову функцію

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \tilde{t}_{ij} x_{ij}, \quad (1)$$

де часові витрати на переміщення між пунктами транспортної мережі задаються матрицею $\tilde{T} = \{\tilde{t}_{ij}\}$, $i, j = \overline{1, n}$, з елементами у вигляді нечітких трикутних чисел $\tilde{t}_{ij} = \tilde{t}_{ji}$, $\tilde{t}_{ij} = (t_{ij}, t_{ij}, t_{ij} + \Delta t_{ij})$, $i, j = \overline{1, n}$ [3], а шляхи переміщень між містами визначаються матрицею X , за умови виконання обмежень

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, i = \overline{1, n}, \quad \sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, j = \overline{1, n}. \quad (2)$$

У роботі розглянуто нечітку задачу комівояжера (1), (2) як задачу з двома критеріями, за якими треба мінімізувати сумарний час переміщення за маршрутом з гранично заданими величинами тривалості. Для пошуку компромісного розв'язку використано метод згортки з урахуванням оцінок рівня впевненості комівояжера у діапазонах тривалості руху.

Застосування лише двох критеріїв не дозволяє в повній мірі використати метод згортки для знаходження маршруту в нечіткій задачі комівояжера. Тому, узагальнюючи розглянутий вище випадок, визначено показники впевненості комівояжера за допомогою вагової функції $\alpha(s) \geq 0$, заданої на відрізку $s \in [0, 1]$, яка задовольняє співвідношенню

$$\int_0^1 \alpha(s) ds = 1. \quad (3)$$

Критерій оптимальності для нечіткої задачі комівояжера матиме вигляд:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \left\{ \int_0^1 \alpha(s) g_{ij}(s) ds \right\} x_{ij} \rightarrow \min, \quad (4)$$

де $g_{ij}(s) = \mu_{\tilde{t}_{ij}}(t_{ij} + s\Delta t_{ij}) \cdot (t_{ij} + s\Delta t_{ij})$, $s \in [0, 1]$, $\mu_{\tilde{t}_{ij}}(\cdot)$ — задані функції належності нечітких чисел, що визначають тривалість переміщення на мережі, $i, j = \overline{1, n}$.

Тож задача комівояжера з нечіткою цільовою функцією (1) зводиться до однокритеріальної оптимізаційної шляхом використання багатокритеріального підходу та спеціальної лінійної згортки з інтервально заданою ваговою функцією, що дозволяє уточнити розрахунки маршрутів в нечіткій задачі комівояжера. Розрахунки дозволяють стверджувати конструктивність підходу.

Література

1. Golden B., Raghavan S., Wasil E. (2008) *The Vehicle Routing Problem: Latest Advances and New Challenges*, Springer, New York.
2. Taha H. A. (2017) *Operations Research: An Introduction*, 10th ed., Pearson Education Limited, 849 p.
3. Jana B., Roy T. K. (2005) Multi-Objective Fuzzy Linear Program-ming and Its Application in Transportation Model, *Tamsui Oxford Journal of Mathematical Sciences*, 21(2), pp. 243–268.

ЗАСТОСУВАННЯ СХЕМИ ПОСЛІДОВНОГО АНАЛІЗУ ВАРІАНТІВ ДЛЯ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТА НАВІГАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАДАНОГО РАЙОНУ

Гнатієнко Г. М., Кравченко Ю. В.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

E-mail: g.gna5@ukr.net; kr34@ukr.net

Application of the Sequential Analysis Scheme for Options of Construction of a Monitoring and Navigation Support System for a Given Area

The relevance of building an autonomous navigation system using radio navigation points (pseudolites) and wireless sensors is justified. The task of implementing the integrated functioning of a pseudo-satellite radio navigation system and a wireless sensor reconnaissance system is described. The concept of a sliding square is introduced and schemes for sequential analysis of options are constructed. Based on the introduced heuristics, an assessment of the reduction in the computational complexity of the task is carried out.

На сьогодні побудова високоякісних, надійних та функціонально стійких районів навігаційного забезпечення є не лише вимогою часу, але й викликом, який може врятувати багато життів. Тому побудова системи автономної навігації у форматі GPS сигналів є на сьогодні надзвичайно актуальною [1].

Нехай задача полягає у необхідності забезпечення у деякому районі якісного та функціонально стійкого навігаційного забезпечення за допомогою радіонавігаційних точок (псевдолітів) та бездротових сенсорів моніторингу навколишнього середовища [1]. Відомо, що задача реалізації комплексного функціонування псевдосупутникової радіонавігаційної системи та бездротової сенсорної системи розвідки, які захищені від завад та перешкод, а також генерування та вибору варіантів розміщення псевдолітів є NP-складною.

Евристика Е1. Не зменшуючи загальності, будемо вважати, що ділянка забезпечення навігації має квадратну форму і описується фігурою ABCD з довжиною сторони, яка дорівнює 100 пікселям (Рис.1):

Нехай за допомогою застосування різних способів та засобів розвідки місцевості визначено точки потенційного розміщення псевдолітів у районі навігаційного забезпечення.

Евристика Е2. Розподіл точок потенційного розміщення псевдолітів у районі навігаційного забезпечення є близьким до рівномірного.

Зауваження 1. Евристику Е2 вводимо лише для подальшого оцінювання обчислювальної складності алгоритмів визначення якості навігаційного забезпечення.

Для розв'язання різноманітних на масивах або рядках успішно застосовується алгоритмічна технологія рухомого або ковзного вікна [2], при якій деякий фіксований підмасив поступово переміщується по всьому масиву

даних, динамічно досліджуючи їх. Ця технологія добре зарекомендувала себе у багатьох сферах досліджень [2].

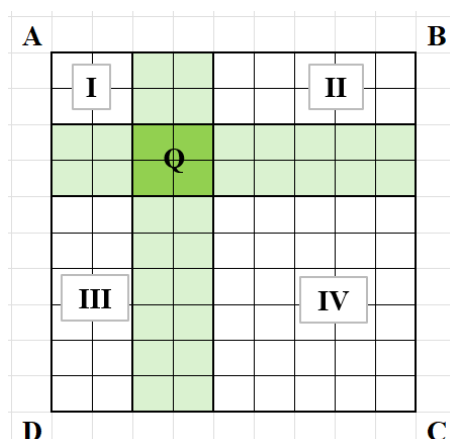


Рис. 1. Схематичне зображення району навігаційного забезпечення та ковзного квадрата

На основі вимог до розміщення псевдолітів [3] доцільно застосовувати ковзний квадрат Q, для використання якого введемо евристику.

Евристика Е3. Виходячи з умов взаємного розміщення псевдолітів, недоцільно досліджувати і брати до уваги територію, позначену на рисунку 1 зеленим кольором — квадрат Q та горизонтальні і вертикальні коридори, які породжуються квадратом Q.

Застосування евристики Е3 забезпечує апіорну структурування району навігаційного забезпечення, а послідовне переміщення квадрата Q забезпечує поступове дослідження усього району навігаційного забезпечення. Тобто, природним чином здійснюється декомпозиція — розбиття заданого району навігаційного забезпечення на блоки і автономного дослідження кожної підмножини із суттєвим зменшенням обчислювальної складності.

Методологія послідовного аналізу варіантів [4], засновниками якої є академіки Михалевич В.С. та Шор Н.З., відображує один з найзагальніших підходів до розв'язання різноманітних задач дослідження складних систем, які формалізуються в класах математичних моделей. З погляду формальної логіки схема послідовного аналізу варіантів, у свою чергу, є розвитком послідовного аналізу А. Вальда, і зводиться до повторення такої послідовності дій:

- розбивка множини варіантів розв'язків задачі на сімейство підмножин, кожна з яких має додаткові специфічні властивості;
- використання цих специфічних властивостей для пошуку логічних протиріч в описі окремих підмножин;
- виключення із подальшого розгляду тих підмножин варіантів, в описі яких є логічні протиріччя.

При цьому методологія послідовного аналізу та відсівання варіантів полягає в такій побудові варіантів і виборі операторів їх аналізу, які дозволяють відсіювати безперспективні частини варіантів без їхньої повної побудови. Оскільки при відсіюванні безперспективної частини варіантів відсівається уся

множина його продовжень, то відбувається значна економія в обчислювальних процедурах — є тим істотною, чим більше специфічних властивостей задачі використано для побудови операторів аналізу й відсівання.

Означення 1. Точкою прив'язки ковзного квадрата назвемо координати його лівого верхнього кута. Наприклад, точка прив'язки ковзного квадрата на рисунку 1 — (20, 20), а на рисунку 2 — (50, 30).

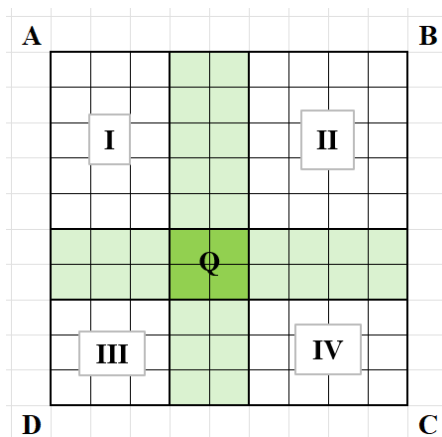


Рис. 2. Переміщення ковзного квадрата з точки прив'язки (20, 20) в точку (50, 30) заданого району навігаційного забезпечення

Наведемо деякі шляхи скорочення обчислювальної складності:

1. Ковзний квадрат переміщувати з кроком 2-3, а не 1.
2. Забезпечити паралельні або розподілені обчислення.
3. Застосувати стратегію кластеризації точок — ввести різні варіації кількості кластерів для забезпечення високого рівня супроводження.
4. Врахувати неоднорідності району навігаційного забезпечення — відсутність у деяких пікселях точок потенційного розміщення псевдолітів.

Література

1. Кравченко Ю., Дахно Н. (2024) Стратегія інтелектуального керування гнучкою структурою комплексної системи автономної навігації у форматі GPS-сигналів та сенсорного моніторингу лінії бойового зіткнення з використанням БПЛА. *Повітряна міць України*, 1(6), с. 5–13. doi: 10.33099/2786-7714-2024-1-6-5-13.
2. Hnatiienko H., Babenko T., Kovalova Y., Myrutenko L. (2022) Method of Early Detection of Information Security Anomalies and Incidents in Information Systems, *CEUR Workshop Proceedings, 9th International Scientific Conference "Information Technology and Implementation"*, 3384, pp. 110 — 119.
3. Козелков С. В., Козелкова К. С., Неділько С. М. та ін. (2013) *Навігаційне забезпечення Збройних Сил України з використанням космічних систем*, Кіровоград: Вид-во КЛА НАУ, 628 с.
4. Волошин О. Ф., Гнатієнко Г. М., Кудін В. І. (2013) *Послідовний аналіз варіантів. Технології та застосування*. К. : Стилос, 304 с.

ПРИСКОРЕННЯ ЛОКАЛІЗАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ У ВІДЕО НЕЙРОННОЮ МЕРЕЖЕЮ FASTER R-CNN ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ПОПЕРЕДНІХ КООРДИНАТ ОБ'ЄКТА

Гозак Я. Д., Палій С. В.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

E-mail: hozakya@fit.knu.ua

Acceleration of Objects Localization in Video with Faster R-CNN Neural Network by Using Previous Objects Coordinates

Object detection is a popular task in many applications; a more advanced task is object localization and tracking in videos. The nature of video frames similarity brings new ways for optimizing object localization, by proposing bounding boxes based on detected objects from previous frames. In this abstract we want to propose yet another combination of network architectures and ROI proposals.

Відстеження кількох об'єктів має справу з проблемою локалізації та відстеження екземплярів об'єктів протягом цілої відео послідовності. Останнім часом найуспішніші підходи в літературі базуються на парадигмі «відстеження шляхом виявлення», яка складається з двох основних компонентів: виявлення об'єкта та асоціації. Спершу, модель локалізує всі екземпляри попередньо визначеного класу об'єктів у кожному відеокадрі, а потім з'єднує їх разом, щоб утворити доріжки об'єктів довільної довжини.

Інший архітектурний тип це Tube Proposal Network (TPN), в якому замість пок кадрових пропозицій формують «тюблети» (tubelets) — послідовності регіонів, узгоджені в часі [2]. Схожий принцип покладено в основу Track R-CNN, що розширює Mask R-CNN додаванням модулів сполучення об'єктів між сусідніми кадрами [1].

У спрощеній задачі локалізації, коли не важливо ре-ідентифікувати об'єкт можна відмовитись від re-identification гілки, запропонованої у Track R-CNN, що дещо скоротить час виконання. Важливим елементом архітектури Faster R-CNN є мережа пропозиції регіонів (ROI proposal network), яка використовує наперед визначені обмежувальні рамки (prior boxes) для пропозиції точних координат об'єкту. Деякі роботи пропонують динамічну зміну обмежувальних рамок, що підлаштовуються під датасет [3].

Ми пропонуємо змінювати визначені обмежувальні рамки кожний кадр просто встановлюючи їх значення зі значення обмежувальних рамок об'єктів, знайдених на попередньому кадрі.

$$p_t^i = f(b_{t-1}^i) \quad (1)$$

де $p_t^i = \{x_t^i, y_t^i, w_t^i, h_t^i\}$ — апіорна обмежувальна рамка i -го об'єкту в t -му кадрі,

$b_{t-1}^i = \{x_{t-1}^i, y_{t-1}^i, w_{t-1}^i, h_{t-1}^i\}$ — обмежувальна рамка i -го об'єкту в попередньому кадрі

$f(x)$ — функція перетворення координат із врахуванням переміщення, як у TRN, де переміщення може бути обраховане за формулою (2).

$$\Delta h_t^i = \log(h_t^i/h_1^i) \quad (2)$$

$$f(x_{t-1}) = \{x_{t-1}^i + \Delta x_{t-1}^i/N, y_{t-1}^i + \Delta y_{t-1}^i/N, w_{t-1}^i * \Delta w_{t-1}^i/N, h_{t-1}^i * \Delta h_{t-1}^i/N\} \quad (3)$$

Такий підхід може суттєво скоротити кількість операцій, оскільки кількість запропонованих апіорних рамок суттєво менша за кількість апіорних рамок за замовчуванням (можуть бути тисячі, як у R-CNN), особливо для малої кількості об'єктів.

Ясно, що з таким підходом можливе накопичення похибки, тож для нівелювання цього пропонується раз на декілька кадрів виконувати повний аналіз зображення із апіорними рамками за замовчуванням. Це також дозволить знаходити нові об'єкти, що були відсутні при попередньому повному скануванні. Частоту повного аналізу зображення варто підбирати емпіричним шляхом, деякі роботи пропонують частоту в 1 до 10, 1 до 5 кадрів.

Для уточнення координат об'єкта потрібно застосувати регресійну мережу, як, наприклад, зроблено в Track R-CNN. Зазвичай для такої мережі достатньо один або пара повнозв'язних шарів.

Як було зазначено раніше такий підхід є особливо ефективним при малій кількості визначених об'єктів на зображеннях, тобто найкраще підходить для слідування за одним окремим об'єктом, коли для більшості кадрів генерується лише одна обмежувальна рамка. Варто зазначити що ефективність цієї архітектури залежить від наявності визначених об'єктів, оскільки за відсутності останніх буде виконуватись пошук по зображенню із використанням апіорних рамок за замовчуванням.

Література

1. Shuai B., Berneshawi A. G., Modolo D., Tighe J. (2020). Multiple object tracking with Siamese Track-RCNN (arXiv:2004.07786). arXiv. URL : <https://arxiv.org/abs/2004.07786>.
2. Kang K., Li H., Xiao T., Ouyang W., Yan J., Liu X., Wang X. (2017). Object detection in videos with tubelet proposal networks, *In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 727–735. IEEE. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2017.101>
3. Wang J., Chen K., Yang S., Loy C. C., Lin D. (2019). Region proposal by guided anchoring, *In Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 2965–2974. IEEE.

ПРО ЗАСТОСУВАННЯ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ В РЕАЛІЗАЦІЇ МЕТОДИКИ КОЛАБОРАТИВНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ

Івохін Є. В., Шелякін Г. В., Аджубей Л. Т.

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна
E-mail: ivohin@univ.kiev.ua*

On the Application of Fuzzy Logic in the Implementation of the Collaborative Filtering Technique

The article analyzes approaches to integrating fuzzy logic into user-based collaborative filtering methods to address the problems of data sparsity and uncertainty in user preferences. It emphasizes that collaborative filtering is a popular tool for implementing recommendation systems, which heavily relies on the accuracy of numerical data representation and the completeness of information during the recommendation process. The use of fuzzy logic enables modeling under ambiguity and uncertainty through the use of linguistic variables and membership functions of fuzzy values. Examples of systems successfully integrating this approach are examined, combining fuzzy logic with collaborative filtering methods, the use of fuzzy association rules, and multi-level similarity, which allows for effective handling of sparse and incomplete data.

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

Метод колаборативної фільтрації на основі оцінок схожості користувачів (user-based) передбачає, що подібні за вподобаннями користувачі мають схильність оцінювати об'єкти схожим чином. Основна ідея полягає у виявленні групи користувачів, які мають схожі уподобання (на основі історії оцінок або інших взаємодій), та використанні їх оцінок для формування прогнозу щодо певного об'єкту, з яким користувач ще не взаємодіяв.

На відміну від user-based підходу, item-based підхід припускає, що користувачі схильні однаково оцінювати схожі об'єкти. Іншими словами, якщо користувач позитивно оцінив об'єкт певного класу, то, ймовірно, йому також сподобаються інші аналогічні об'єкти, схожі на нього.

Зважаючи на позитивний вплив методики застосування нечіткої логіки у процесах формування рекомендацій, у рамках проведених автором досліджень запропоновано вдосконалений підхід до user-based колаборативної фільтрації, який ґрунтується на використанні нечіткої логіки для моделювання індивідуальних уподобань користувачів. Запропонований метод відрізняється від класичного алгоритму тим, що кожен користувач має персоналізовану

функцію належності, що адаптується до його історичних оцінок у кожній з наявних категорій об'єктів. Крім того, для обчислення подібності між користувачами пропонується використати метод Мамдані [2], що дозволяє враховувати нечіткість оцінок та забезпечити більш гнучке та точне прогнозування рекомендацій.

Введення персоналізованої нечіткої функції належності обумовлено тим, що користувачі по-різному оцінюють об'єкти, визначаючи суб'єктивний рівень їх належності до категорій. Наприклад, при оцінюванні фільмів деякий фільм може бути оцінений вище лише через його жанр, не беручи до уваги інші характеристики, як от гра акторів або сюжет. І навпаки, є можливість отримати принципово низькі оцінки лише через те, що не подобаються фільми конкретного жанру.

Припустимо, що є множина користувачів $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$, 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 категорій $K = \{k_1, k_2, \dots, k_s\}$. Кожна категорія складається з деяких об'єктів множини I . Відома матриця оцінок R , розмірністю $m \times n$, де кожен елемент r_{ui} є оцінкою користувача u для об'єкта i .

Розглянемо процедуру формування персоналізованих нечітких функцій належності. Визначимо множину нечітких термів $= \{A_1, A_2, \dots, A_t\}$, для опису суб'єктивного рівня оцінювання елементів r_{ui} , проведеного користувачами, де кожен терм відповідає певному діапазону якісних оцінок, наприклад A_1 — дуже погано, A_2 — погано, A_3 — нейтрально, A_4 — добре, A_5 — дуже добре, тощо. Для нечіткого оцінювання належності об'єктів $i \in I$ до кожної з категорій $k \in K$ на основі термів $w \in A$ використовуємо персоналізовані функції належності, які задаються у трикутному вигляді. Для реалізації методу Мамдані в процесі побудови висновку визначимо систему продукційних правил, що враховують величини схожості користувачів.

Використання гаусоподібних функцій належності та методів кластерного аналізу дозволили врахувати багатожанровість контенту й нечіткість уподобань користувачів. Запропоновані алгоритми надають можливість знизити вплив індивідуальних упереджень і забезпечують точність рекомендацій навіть за умови неповноти та фрагментарності даних.

Проведено чисельні експерименти та аналіз конструктивності розробленого методу, для яких сформульовано набори тестових даних на прикладі інформації про об'єкти, категорії, користувачів та взаємозв'язки між ними.

Література

1. Івохін Є. В., Шелякін Г. В., Махно М. Ф. (2024). Удосконалення методу колаборативної фільтрації шляхом інтегрування семантичного та часового факторів і методу кластерного аналізу, *Artificial Intelligence*, 1, с. 57–63.
2. Mamdani E. (1974). Application of Fuzzy Algorithms for Control of Simple Dynamic Plant, *Proceedings of the IEEE*, 121 (12), p. 1585–1588.

ПРИКЛАДИ ТА ОСВІТНІ ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ПРИ РОЗВ'ЯЗАННІ МАТЕМАТИЧНИХ ЗАДАЧ

Кулик О. А.

*Відокремлений структурний підрозділ «Ніжинський фаховий коледж
НУБіП України», м.Ніжин, Україна
E-mail: ok_kulik@ukr.net*

Applications and Educational Perspectives of Artificial Intelligence in Solving Mathematical Problems

This article explores the current capabilities of artificial intelligence (AI) in solving mathematical problems. It analyzes examples of neural network use in both symbolic and numerical computations, as well as in teaching problem-solving techniques. The focus is placed on integrating AI technologies with traditional approaches in teaching science and mathematics. The paper outlines the prospects for incorporating AI into the educational process.

Світ невпинно змінюється, і однією з рушійних сил цих змін є штучний інтелект (ШІ). Ця технологія, що вже торкнулася майже кожної сфери нашого життя, починає все активніше проникати й в освітній простір, відкриваючи небувалі можливості для вивчення та розв'язання математичних задач. Це не просто мова про майбутнє — це вже можна спостерігати, як ШІ допомагає автоматизувати рутинні обчислення, відкривати нові математичні горизонти та навіть персоналізувати процес навчання.

Якщо маємо складну математичну задачу, то замість годинних роздумів та розрахунків, можна звернутися до інтелектуального помічника. Саме це й відбувається завдяки ШІ. Сучасні системи, такі як добре відомі Wolfram Alpha або Mathway, здатні миттєво виконувати неймовірно складні арифметичні операції, розв'язувати системи рівнянь, спрощувати вирази та навіть обчислювати похідні й інтеграли [1]. Це ніби мати поруч геніальний калькулятор, який звільняє розум від монотонних обчислень, дозволяючи зосередитися на самій суті проблеми та стратегіях її вирішення.

Не менш цікавим є застосування ШІ у геометрії. Він може не лише допомогти з візуалізацією складних геометричних об'єктів, а й автоматично виконувати побудови, розраховувати площі та об'єми, надаючи можливість для глибшого розуміння просторових відношень [2].

Проте, можливо, найбільш вражаючим є внесок ШІ у саме серце математики — пошук доказів та гіпотез. Комп'ютер може не просто розв'язати задачу, а й запропонувати нові математичні ідеї, які раніше були недоступні людському розуму. Наприклад, дослідники з Google DeepMind розробили систему AlphaTensor, яка зуміла відкрити абсолютно нові алгоритми для множення матриць — задача, яка протягом десятиліть здавалася непереборною

[3]. Це відкриття має величезне значення, адже воно може прискорити обчислення в багатьох наукових галузях, від фізики до комп'ютерної графіки.

Дуже зручно було б викладачам мати навчальну платформу, яка ідеально підлаштовується під потреби кожного студента. ІІІ вже робить це можливим, аналізуючи прогрес студента, виявляючи його слабкі місця та пропонуючи індивідуальні навчальні траєкторії. Такі адаптивні системи можуть генерувати завдання різного рівня складності, надавати додаткові пояснення або посилення на ресурси, які якнайкраще підходять саме ним. Це схоже на особистого репетитора, який завжди знає, що кому потрібно.

Здавалося б, проста річ, як розпізнавання рукописного тексту або мови, стає значно ефективнішою завдяки ІІІ. Тепер можна просто написати формулу від руки або продиктувати її, і система зрозуміє. Це особливо важливо для учнів та студентів з особливими освітніми потребами, що робить математику більш доступною та інклюзивною [4].

Важливим є і практичне застосування ІІІ при розв'язанні задач. У таких галузях, як логістика, фінанси чи інженерія, ІІІ активно використовується для розв'язання складних оптимізаційних задач, моделювання процесів та прогнозування. Це дозволяє студентам побачити, як математичні методи працюють у реальному світі, перетворюючи абстрактні формули на конкретні рішення.

Інтеграція ІІІ в освітній процес відкриває цілий новий світ можливостей. По-перше, це глибше розуміння математичних концепцій. Якщо раніше лівова частка часу йшла на монотонні обчислення, то тепер, завдяки ІІІ, студенти можуть зосередитися на самих принципах, логіці та стратегіях розв'язання задач. ІІІ може допомогти візуалізувати навіть найабстрактніші концепції, роблячи навчання неймовірно наочним та зрозумілим.

Ця технологія також пропонує небачену раніше індивідуалізацію навчання. ІІІ-системи, як досвідчені наставники, можуть адаптувати навчальний матеріал під унікальні потреби кожного студента, надаючи персоналізовані завдання, миттєвий зворотний зв'язок та рекомендації. Це дозволяє кожному студенту працювати у власному темпі, долати труднощі крок за кроком і, зрештою, досягати кращих результатів.

Найважливіше, що ІІІ сприяє розвитку критичного мислення та креативності. Замість того, щоб механічно запам'ятовувати формули, студенти вчаться формулювати проблеми, аналізувати результати, інтерпретувати дані та навіть висувати власні гіпотези, спираючись на потужності ІІІ. Це не просто навчання, це розвиток навичок вищого порядку, які будуть потрібні в будь-якій сфері життя [5].

Ще одним важливим аспектом є доступність та інклюзивність. ІІІ може зробити математичну освіту доступнішою для учнів з обмеженими можливостями або тих, хто проживає у віддалених регіонах. Інтерактивні платформи та інструменти на базі ІІІ здатні подолати географічні та фізичні бар'єри, даруючи можливість навчатися кожному, незалежно від обставин.

Зрештою, ми готуємо наших студентів до майбутнього ринку праці. Здатність ефективно працювати з інструментами ІІІ та розуміння принципів

його функціонування вже стає однією з ключових компетенцій. Навчання з використанням ШІ не просто дає знання, воно формує людей, які будуть готові до кар'єри у світі, де ці технології є повсякденною реальністю.

І, звісно, не можна забувати про підтримку для викладачів. ШІ може автоматизувати перевірку завдань, аналіз успішності студентів, створення навчальних матеріалів та адаптивних тестів. Це звільняє дорогоцінний час викладачів, який вони можуть присвятити більш глибокій взаємодії зі студентами, індивідуальній підтримці та розвитку власної методики [5].

Звичайно, як і будь-яка інновація, ШІ несе з собою не лише можливості, а й певні виклики. Існує ризик, що студенти можуть стати надмірно залежними від ШІ при розв'язанні задач, не розвиваючи при цьому власні навички мислення та розв'язання проблем. Важливо знайти мудрий баланс між використанням цих потужних інструментів та самостійною роботою. Також необхідно постійно забезпечувати високу якість та достовірність інформації, яку надають ШІ-системи, адже не всі алгоритми досконалі.

Звісно, постають важливі етичні питання щодо авторства робіт, виконаних за допомогою ШІ, плагіату та відповідальності за можливі помилки, допущені машиною.

Застосування штучного інтелекту в розв'язанні математичних задач — це не просто модна тенденція, а й глибока трансформація. ШІ не прагне замінити людського вчителя або процес глибокого осмислення, навпаки — він стає надзвичайно потужним інструментом, що розширює можливості навчання та досліджень. Наше ключове завдання полягає в тому, щоб інтегрувати ШІ в освітній процес таким чином, аби він не просто автоматизував рутинні операції, а й активно сприяв розвитку критичного мислення, креативності та глибокого розуміння математики. Лише так ми зможемо підготувати майбутні покоління до викликів і можливостей світу, що постійно змінюється, де математика та технології йдуть пліч-о-пліч.

Література

1. Wolfram Alpha. (n.d.). [online]. URL:<https://www.wolframalpha.com/>
2. Microsoft. Excel + AI: Automate tasks with Copilot. (2024). [online]. URL:<https://www.microsoft.com/en-us/microsoft-365/excel>
3. Google DeepMind. (2022, October 5). *AlphaTensor: Discovering faster matrix multiplication algorithms*. [online]. URL : <https://www.deepmind.com/blog/alphatensor-discovering-novel-algorithms-for-matrix-multiplication>
4. OpenAI. *GPT-4 Technical Report*. (2023). [online]. URL : <https://openai.com/research/gpt-4>
5. Khosravi H. et al. (2022). *Artificial Intelligence in Education: A Review*. Computers & Education: Artificial Intelligence, 3, 100067. URL : <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100067>

ОНТОЛОГОКЕРОВАНА СИСТЕМНА ОПТИМІЗАЦІЯ ТА ІoP

Чаплінський Ю. П.

Інститут кібернетики ім. В.М.Глушкова НАН України, Київ, Україна

E-mail: Chaplinskiy@nas.gov.ua

Ontology-Driven System Optimization and IoP

The concept of the Internet of Production (IoP) within Industry 4.0 acts as a fundamental element that contributes to the transformations and development of efficient, flexible and intelligent production. In the report, decision-making within the IoP framework is considered taking into account SMART criteria. The presents the features of IoP. It is proposed to use the system optimization technology [3], which is based on the use of intelligent means of representing and processing knowledge and datat, to support decision-making arising within the IoP framework.

Сьогодні Четверта промислова революція (Industry 4.0) визначила трансформацію сучасних виробничих технологій, що змінюють промислові процеси та виробничі системи. Industry 4.0 направлена на зміну парадигми у виробництві, що базується на інтеграції кіберфізичних систем, використанні промислового Інтернету речей (ІІoT), штучного інтелекту та прийнятті рішень на основі великих даних. У рамках Industry 4.0 концепція Інтернету виробництва (ІoP) [1, 2] виступає як фундаментальний елемент, який сприяє трансформаціям та розвитку ефективного, гнучкого та інтелектуального виробництва. Це визначає напрямок на підвищення продуктивності, ефективності та гнучкості, одночасно сприяючи появі нових бізнес-моделей та клієнто-орієнтованих підходів, прагнучі оптимізувати весь ланцюг створення вартості продукції.

До ключових аспектів ІoP, зокрема, можна віднести доступ осіб, що приймають рішення, до інформації та знань, інтелектуальне прийняття рішень, гнучкість та адаптивність. В роботі будемо розглядати сучасні системи управління безпечністю продуктів харчування, в основу якої покладені принципи НАССР (Hazard Analysis and Critical Control Point, аналіз небезпек та критичні контрольні точки) як елементи ІoP.

Таким чином, підтримка прийняття рішень в рамках ІoP повинна відповідати SMART-критеріям, тобто, рішення повинні бути конкретними, вимірними, погодженими, реалістичними, чітко прив'язаними до часу та простору. При цьому прийняття рішень повинно залежати від контексту проблеми. Складність в реалізації такого розуміння прийняття рішень полягає в необхідності синтезу різних точок зору на проблему, несумісність задач прийняття рішень через структуру або обмежуючи фактори тощо.

Цим особливостям ІoP задовільняє технологія системної оптимізації [3], що базується на використанні інтелектуальних засобів представлення та обробки знань і даних.

Системна оптимізація, принципи якої були запропоновані В.М. Глушковим, є засобом, що дозволяє враховувати особливості задач ІоР та ідентифікувати, аналізувати та розв'язати такі задачі, що не дозволяють застосування традиційних методів для розв'язання таких задач. При цьому розв'язання задачі складається з перевірки здійсності вимог за якістю функціонування системи (директивні вимоги) в області власних можливостей системи, і в разі їх нездійсненності, знаходження «вузьких місць», вироблення заходів, спрямованих на усунення нездійсненності директивних вимог, і в виборі найбільш прийняттого рішення. Таким чином, можна бачити, що системна оптимізація дає можливість представлення рішення досить складних задач у вигляді послідовності рішень простіших задач.

Слід зазначити, що сучасні розв'язки задач ІоР є результатом поєднання та інтеграції знань, розуміння та ідей розв'язання множин взаємозв'язаних задач з різних предметних областей, кожна з яких має свої специфічні передумови. Тому при реалізації процедур системної оптимізації всі знання, що використовуються, розглядаються в розрізі знань, що описують контекст, та знань, що описують контент (онтології).

Під контекстом будемо розуміти будь-яку інформацію, яка може бути використана або характеризує відповідну проблемну область. При цьому необхідно сконцентрувати увагу на деяких конкретних характеристиках, які визначаються через точки зору (аспекти розгляду).

Онтологія розглядається як засіб явного розуміння та представлення областей та процесів прийняття рішень та є основою для використання знань та реалізації процесу прийняття рішень за допомоги системної оптимізації, представлення відповідного середовища прийняття рішень, взаємодії між складовими частинами середовища, опису предметних областей та розв'язання задач через задачі, моделі, методи, реалізації.

Запропонований підхід використовується при виконанні наукової роботи «Розробити онтологокеровані методи підтримки створення та функціонування системи управління безпечністю продуктів харчування на основі процедур системної оптимізації».

Література

1. Brecher C.(2023) Internet of Production, Interdisciplinary Excellence Accelerator Series. Internet of Production, *Interdisciplinary Excellence Accelerator Series*. Springer, Cham, pp. 3–14.
2. Onu P., Mbohwa C., Pradhan A. (2024) Internet of Production: Unleashing the Full Potential of Industry 4. — A Comprehensive Review of Trends, Drivers, and Challenges, *Procedia Computer Science*, 232, pp. 2049–2056.
3. Чаплінський Ю. П. (2022) Контекстно-онтологічна системна оптимізація проблемно-орієнтованої підтримки прийняття рішень, *Нові інформаційні технології, моделювання та автоматизація. Екологія*, с. 6–44.

4

СЕКЦІЯ

***КІБЕРБЕЗПЕКА
ТА
ЗАХИСТ ДАНИХ***

РОЛЬ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В РОЗВИТКУ СУЧАСНОЇ КІБЕРБЕЗПЕКИ

Берега М. Ю.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: maksberesa@gmail.com

Role of Artificial Intelligence in Modern Cybersecurity

This paper investigates the integration of artificial intelligence (AI) into cybersecurity systems. It examines how AI enhances threat detection, accelerates incident response, and supports security teams in managing evolving digital risks [1–5].

У цифрову епоху, коли кібератаки стають дедалі складнішими й масовішими, традиційних засобів захисту вже недостатньо. Штучний інтелект (ШІ) дедалі частіше використовується в системах кібербезпеки для виявлення загроз, аналізу поведінки користувачів та автоматичного реагування на інциденти.

Завдяки здатності аналізувати великі обсяги даних у режимі реального часу ШІ відіграє вирішальну роль у сучасному кіберзахисті, дозволяючи оперативно ідентифікувати навіть складні та нетипові сценарії атак, які важко виявити класичними методами [1].

Основними напрямками застосування ШІ в цій сфері є: поведінковий аналіз для виявлення аномалій, боротьба з фішингом, автоматизація роботи центрів реагування на інциденти (SOC), а також прогнозування майбутніх атак і управління вразливостями.

Наприклад, системи на базі машинного навчання здатні виявляти атаки типу «нульового дня» ще до того, як вони завдадуть шкоди, шляхом аналізу поведінкових відхилень та нетипових дій програм.

Алгоритми обробки природної мови (NLP) успішно виявляють фішингові повідомлення завдяки стилістичному, семантичному та часовому аналізу текстів, що дозволяє автоматично блокувати потенційно небезпечні листи ще до того, як користувач їх відкриє [2].

ШІ також активно використовується для зниження кількості хибних спрацювань: аналітики SOC можуть покладатися на інтелектуальні фільтри, які зменшують «шум» і виділяють справжні загрози серед тисяч подій. Завдяки цьому покращується ефективність реагування та зменшується навантаження на команди безпеки.

Крім того, за допомогою автоматизованих систем ШІ вдається скоротити час реагування на атаки з годин до хвилин або навіть секунд. Наприклад, системи типу SOAR (Security Orchestration, Automation and Response) з елементами ШІ можуть автоматично ізолювати заражений вузол або блокувати

трафік без участі оператора, що є критично важливим при масштабних атаках [3].

Ще одним перспективним напрямом є використання ІІІ у розвідці загроз (threat intelligence). Алгоритми аналізують відкриті джерела, dark web, поведінкові дані з внутрішніх систем і допомагають передбачити можливі атаки, до яких ще не дійшло.

Також ІІІ застосовується для динамічного визначення пріоритетності інцидентів: він автоматично оцінює потенційний вплив загрози на бізнес-процеси й пропонує першочергові дії для реагування. Це дає змогу командам безпеки зосередитися на дійсно критичних інцидентах і не витрачати ресурси на другорядні сигнали.

Проте використання ІІІ в кібербезпеці має і низку ризиків. Зокрема, зловмисники самі почали застосовувати генеративні моделі для створення реалістичних фішингових повідомлень і deepfake-контенту. Існують також випадки використання adversarial attacks — спеціально підготовлених даних, які вводять в оману ІІІ-системи, змушуючи їх класифікувати загрози як нешкідливі.

Крім того, залишаються проблеми етичного характеру: непрозорість алгоритмів, можливе упередження в навчальних даних та виклики щодо захисту персональних даних, які обробляються AI-моделями [4].

Отже, ІІІ відкриває нові можливості у сфері кібербезпеки, значно підвищуючи ефективність захисту. Проте його впровадження потребує обережного, контрольованого та етично відповідального підходу. Найбільш ефективним є поєднання ІІІ-рішень з людським наглядом, що дозволяє забезпечити гнучкий і надійний захист від сучасних цифрових загроз.

У майбутньому роль штучного інтелекту лише зростатиме — як у напрямку попередження атак, так і в аналізі інцидентів, формуванні політик безпеки та оперативному реагуванні на нові кіберзагрози.

Література

1. Palo Alto Networks (2025) *What Is the Role of AI in Threat Detection?* [online]. URL : <https://www.paloaltonetworks.com/cyberpedia/ai-in-threat-detection>.
2. IBM (2025) *Artificial intelligence (AI) Cybersecurity* [online]. URL : <https://www.ibm.com/security/artificial-intelligence>.
3. Cassetto O. (2025) Real-World Use Cases of AI-Powered SOC [online]. *Radiant Security*. URL : <https://radiantsecurity.ai/learn/soc-use-cases>.
4. Owen-Jackson C. (2024) Navigating the Ethics of AI in Cybersecurity [online]. *IBM Think Blog*. URL : <https://www.ibm.com/think/insights/navigating-ethics-ai-cybersecurity>.
5. Побережна А. О., Костіков М. П. (2016) Кіберзлочинність в Україні та методи боротьби з нею, *Матер. 82 міжнар. наук. конф. молодих учених, аспірантів і студ. «Наукові здобутки молоді — вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті»*, 13–14 квітня 2016 р., К. : НУХТ, ч. 2, с. 336.

ФІШИНГОВІ АТАКИ ЯК ВИКЛИК КІБЕРБЕЗПЕЦІ В ЦИФРОВУ ЕПОХУ

Береза М. Ю.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: maksberesa@gmail.com

Phishing Attacks as a Challenge to Cybersecurity in the Digital Era

Phishing remains one of the most widespread and dangerous forms of cybercrime in the 21st century. This paper highlights modern phishing tactics, the role of artificial intelligence in sophisticated attacks, and the importance of user awareness and technical protection mechanisms [1–4].

У цифрову епоху фішинг став ключовою загрозою кібербезпеці як для окремих користувачів, так і для великих організацій. Суть фішингу полягає у шахрайстві, що спрямоване на викрадення конфіденційних даних за допомогою підроблених повідомлень від нібито довірених джерел [1].

За оцінками експертів, близько 90% усіх зламів корпоративних систем починаються саме з фішингових атак [2]. При цьому їхня ефективність пояснюється як технічними вразливостями, так і недостатньою обізнаністю користувачів про характерні ознаки шахрайства.

Сучасні фішингові кампанії розрізняють за рівнем складності та цільовою аудиторією: від масових розсилок до цілеспрямованих атак (spear-phishing), які використовують персоналізовану інформацію про жертву.

Зловмисники дедалі частіше застосовують штучний інтелект для створення реалістичних повідомлень або deepfake-контенту — аудіо- та відеозаписів, що імітують голос або обличчя відомих осіб [3].

Особливо небезпечними стають BEC-атаки (Business Email Compromise), де зловмисник видає себе за керівника або партнера компанії і просить, наприклад, здійснити терміновий платіж.

Реальні приклади підтверджують ефективність фішингових атак. Наприклад, під час інциденту в компанії Target (США, 2013) зловмисники через фішинговий лист отримали доступ до внутрішньої мережі та викрали дані понад 40 млн користувачів. Подібні атаки трапляються й сьогодні: лише в березні 2024 року було зафіксовано збитків від фішингу на суму понад 71 млн доларів, що свідчить про зростання масштабів явища [4].

Окрему тривогу викликає фішинг у фінансовій сфері: атаки на банки та криптовалютні біржі часто спрямовані на крадіжку значних сум у дуже стислі терміни. Наприклад, у 2023 році через фішингову схему було викрадено понад 100 мільйонів доларів у користувачів Web3-гаманців. Це ще раз підкреслює, що фішинг — не лише питання довіри, а й вагомий економічний чинник.

Для протидії фішингу застосовуються як технічні, так і освітні заходи. З технологічного боку ефективними є багатофакторна автентифікація, антифішингові фільтри, перевірка доменів (DMARC, SPF), а також використання менеджерів паролів [5].

Актуальною залишається практика внутрішнього тестування працівників за допомогою фішингових симуляцій — штучно створених сценаріїв, що імітують справжні атаки для перевірки уважності персоналу. Утім, ключову роль відіграє людський фактор — здатність користувача вчасно виявити ознаки шахрайства (неправильні домени, помилки в тексті, емоційний тиск у повідомленні тощо).

Попри швидку адаптацію захисних технологій, фішинг постійно еволюціонує. Його нові форми включають smishing (SMS-фішинг), vishing (голосовий фішинг), а також атаки через месенджери й соціальні мережі. З огляду на це, особливої ваги набуває формування критичного мислення користувачів і їх здатності самостійно аналізувати повідомлення на наявність аномалій.

Важливими є безперервна освіта, навчання на реальних прикладах, інтеграція тем кібергігієни в шкільні й університетські курси, а також підтримка кампаній із цифрової грамотності. Симуляція атак, інтерактивні тренінги й тестування персоналу дозволяють формувати стійкість до соціальної інженерії.

Таким чином, ефективна боротьба проти фішингу вимагає комплексного підходу: технічного захисту, підвищення обізнаності користувачів та постійного моніторингу нових тенденцій у сфері кіберзагроз. Лише поєднання автоматизованих систем, оновлених політик безпеки та навчання надасть змогу забезпечити надійний захист в умовах швидкозмінного цифрового середовища.

Література

1. Molfar (2024) *Що таке фішинг? Поради, правила безпеки та особливості у 2024 році* [online]. URL : <https://molfar.com/blog/shcho-take-fishyng-porady-pravyla-bezpeky-ta-osoblyvosti-u-2024-roci>.
2. Шіренко Ю. (2025) Як розпізнати та захиститися від фішингу в інтернеті: інструкція на 2025 рік [online]. *Гривня.in.ua*. URL : <https://www.grivnya.in.ua/bezpeka/phishing-security>.
3. ESKA Global (2024) *Фішинг та ентерпрайз: як навчати співробітників протидії складним атакам* [online]. URL : <https://eska.global/blog/fishing-ta-enterprajz-yak-navchati-spivrobitnikiv-protidiyi-skladnim-atakam>.
4. Пантюх С. (2024) Збитки від фішингових атак зросли на 50% у березні 2024 року [online]. *Incrypted*. URL : <https://incrypted.com/ua/zvit-zbytky-vid-fishyngovyh-atak-zrosly-na-50-u-berezni-2024-roku>.
5. Побережна А. О., Костіков М. П. (2016) Кіберзлочинність в Україні та методи боротьби з нею, Матер. 82 міжнар. наук. конф. молодих учених, аспірантів і студ. «Наукові здобутки молоді — вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті», 13–14 квітня 2016 р., К. : НУХТ, ч. 2, с. 336.

РОЛЬ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В АДАПТИВНІЙ ОБРОБЦІ ПОЛІТИК БЕЗПЕКИ В АРХІТЕКТУРІ НУЛЬОВОЇ ДОВІРИ

Глущенко П. К., Дудикевич В. Б.

Національний університет «Львівська Політехніка», Львів, Україна

E-mail: pavlo.k.hlushchenko@lpnu.ua

The Role of Artificial Intelligence in Adaptive Security Policy Processing within Zero Trust Architecture

This paper examines the critical role of Artificial Intelligence (AI) in optimizing security policy management within Zero Trust Architecture (ZTA). Amidst evolving cyber threats, traditional security models prove insufficient. ZTA demands continuous verification and dynamic policy enforcement. AI has the potential to offer robust solutions for automating policy generation, real-time risk assessment, adaptive policy execution, and proactive threat detection. This integration addresses complexities like "role explosion," enhancing ZTA's adaptability and efficacy.

В умовах постійно зростаючої складності кіберзагроз та розширення периметра корпоративних мереж, традиційні моделі безпеки, що базуються на концепції «довіряй, але перевіряй», виявляються недостатньо ефективними. Архітектура нульової довіри (Zero Trust Architecture, ZTA) є сучасною парадигмою кібербезпеки, яка виходить з припущення, що жоден користувач, пристрій чи програмний додаток не є довіреними за замовчуванням, незалежно від їхнього розташування в мережі [1, с. 6]. Кожен запит на доступ повинен бути ретельно перевірений та авторизований. Однак, ефективна реалізація ZTA вимагає управління значною кількістю динамічних політик безпеки, що становить суттєвий виклик для людських операторів. У цьому контексті штучний інтелект (ШІ) пропонує потужні інструменти для автоматизації та оптимізації процесів обробки політик безпеки, сприяючи підвищенню адаптивності та загальної ефективності ZTA.

Основним принципом ZTA є «ніколи не довіряй, завжди перевіряй». Це передбачає, що доступ до ресурсів надається лише після успішної автентифікації та авторизації, яка базується на контекстній інформації, зокрема ідентичності користувача, стані пристрою, місцезнаходженні, типі програмного забезпечення та супутніх ризикових факторах. Політики безпеки в ZTA є динамічними та гранульованими, що дозволяє надавати мінімально необхідні привілеї (least privilege) для виконання конкретного завдання [1, с. 7].

Управління такими політиками є надзвичайно складним завданням. Традиційні підходи, що передбачають ручне створення та оновлення політик, є трудомісткими, схильними до помилок і не дозволяють оперативно реагувати на зміни в середовищі загроз або в поведінці користувачів. Зі збільшенням кількості користувачів, пристроїв та додатків масштабування політик безпеки стає практично неможливим без застосування автоматизації. Зокрема, у великих та складних організаціях часто виникає проблема «вибуху ролей» (role

explosion), коли кількість унікальних ролей та відповідних їм дозволів зростає експоненційно, ускладнюючи ефективне управління доступом та дотримання принципу мінімальних привілеїв [2]. Це явище підкреслює критичну потребу в автоматизованих та інтелектуальних рішеннях для управління політиками безпеки.

Штучний інтелект відіграє ключову роль у подоланні викликів, пов'язаних з управлінням політиками в ZTA. ШІ здатен автоматизувати та покращити різні аспекти життєвого циклу політик безпеки: від їх створення та аналізу до примусового виконання та безперервної адаптації [3].

1. Автоматизоване створення та оптимізація політик: Генеративний ШІ може сприяти формуванню початкових чернеток політик на основі заданих вимог, нормативних актів та існуючих шаблонів [4]. Аналізуючи значні обсяги даних про мережевий трафік, поведінку користувачів та пристроїв, алгоритми машинного навчання можуть виявляти патерни доступу та пропонувати оптимальні правила, що відповідають принципу мінімальних привілеїв. Це суттєво скорочує час на розробку політик та мінімізує кількість потенційних помилок.

2. Безперервна оцінка ризиків та адаптивне виконання політик: ШІ надає можливість здійснювати безперервний моніторинг та оцінку ризиків у реальному часі. Системи на основі ШІ здатні аналізувати поведінку користувачів та пристроїв, виявляти аномалії та незвичайні дії, які можуть свідчити про компрометацію. Наприклад, раптовий сплеск мережевого трафіку або спроба доступу до конфіденційних даних з невідомого пристрою можуть бути ідентифіковані як підозрілі. У відповідь на виявлені ризики ШІ може динамічно коригувати політики доступу, наприклад, тимчасово блокувати доступ, вимагати додаткової автентифікації або ізолювати скомпрометований пристрій від мережі. Це забезпечує високий рівень адаптивності ZTA до мінливого ландшафту загроз.

3. Виявлення та запобігання загрозам: Алгоритми машинного навчання ефективно виявляють складні кібератаки, такі як фішинг, шкідливе програмне забезпечення та вторгнення, аналізуючи дані з різних джерел, включаючи системні журнали, мережевий трафік та інформацію про кінцеві точки. Інтеграція цих можливостей з ZTA дозволяє не лише виявити загрозу, а й автоматично застосувати відповідні політики для її локалізації та усунення.

4. Аналіз відповідності та аудит: ШІ може автоматизувати процес перевірки відповідності політик безпеки внутрішнім стандартам та зовнішнім регуляторним вимогам. Це включає аналіз ефективності політик, виявлення конфліктів або прогалин у правилах, а також генерацію вичерпних звітів для аудиту.

Незважаючи на значні переваги, інтеграція ШІ в управління політиками ZTA стикається з певними викликами. До них належать:

- **Якість та обсяг даних:** Ефективність ШІ значною мірою залежить від якості та обсягу навчальних даних. Неповні, упереджені або нерелевантні дані можуть призвести до неточних прогнозів та помилкових спрацьовувань.

- Пояснюваність ШІ (Explainable AI, XAI): У критично важливих системах безпеки вкрай важливо розуміти, чому ШІ прийняв те чи інше рішення. Розробка пояснюваних моделей ШІ є ключовою для забезпечення довіри та ефективного реагування на інциденти.
- Адверсаріальні атаки на ШІ: Зловмисники можуть намагатися маніпулювати вхідними даними для ШІ, щоб обійти системи безпеки або викликати помилкові спрацьовування [5]. Розробка моделей, стійких до таких атак, є важливим напрямком досліджень.
- Ресурсоємність: Впровадження та підтримка систем ШІ вимагає значних обчислювальних ресурсів та інфраструктури.

Перспективи розвитку включають подальше вдосконалення генеративних моделей для автоматичного створення політик, розробку більш просунутих систем безперервної адаптації політик на основі глибокого навчання, а також інтеграцію ШІ з поведінковою аналітикою для більш точного виявлення загроз та аномалій.

Використання штучного інтелекту для обробки політик безпеки в архітектурі нульової довіри є не просто бажаним, а необхідним кроком для побудови стійких та адаптивних систем кібербезпеки. ШІ дозволяє автоматизувати складні процеси управління політиками, забезпечувати безперервну верифікацію, динамічно реагувати на загрози та оптимізувати доступ до ресурсів. Незважаючи на існуючі виклики, активні дослідження та розробки в цій галузі відкривають шлях до створення більш інтелектуальних, проактивних та ефективних рішень для захисту інформаційних систем в епоху цифрової трансформації.

Література

1. Stafford V. (2020) *Zero Trust Architecture*, NIST special publication, 800(207). doi: 10.6028/NIST.SP.800-207.
2. Elliott A., Knight S. (2010). Role explosion: Acknowledging the problem. *Software Engineering research and practice, WORLDCOMP '10a*, pp. 349–355.
3. Ansari M. F., Dash B., Sharma P., Yathiraju N. (2022) The impact and limitations of artificial intelligence in cybersecurity: a literature review, *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, 11(9). doi: 10.17148/IJARCCCE.2022.11912.
4. Wu Y., Lang R., Yang H., Li X. (2024) An automated security policy generation method based on rule-matching and machine-learning models, *2024 International Conference on Advanced Control Systems and Automation Technologies (ACSAT)*, pp. 217–220, doi: 10.1109/ACSAT63853.2024.10824042.
5. Ibitoye O., Abou-Khamis R., Shehaby M. E., Matrawy A., Shafiq M. O. (2019) *The Threat of Adversarial Attacks on Machine Learning in Network Security: A Survey*. arXiv preprint arXiv:1911.02621.

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ЕНЕРГЕТИЧНА СИСТЕМА З ПІДТРИМКОЮ СТІЙКОСТІ ТА САМОАДАПТАЦІЇ В УМОВАХ ВІЙНИ

Горіченко Ю. Є., Пархоменко А. В.

Національний університет «Запорізька політехніка», Запоріжжя, Україна

E-mail: gorichenko@zp.edu.ua

Intelligent Energy System with Resilience and Self-Adaptation Capabilities under Wartime Conditions

An integrated architecture for an intelligent energy system designed to operate under wartime conditions. The proposed solution combines a two-stage renewable energy forecasting model, a multi-agent restoration system enhanced by genetic algorithms, a fuzzy logic decision module for uncertainty handling, and a federated learning framework for post-incident adaptation. The architecture is tailored for decentralized, autonomous, and resilient operation of energy networks in highly unstable environments, with a focus on applicability in Ukraine's wartime energy landscape.

Сучасні енергетичні системи зазнають глибокої трансформації у зв'язку з децентралізацією, зростанням частки відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), цифровізацією управління та зростанням загроз кібернетичного й фізичного характеру. Ці проблеми особливо гостро виявляються в умовах тривалих воєнних дій, таких як ті, що має місце на території України, де енергетична інфраструктура регулярно зазнає атак, а традиційні механізми централізованого управління часто виявляються недоступними або неефективними.

З 2022 року було зруйновано десятки об'єктів генерації, підстанцій, систем зв'язку та диспетчеризації, що призвело до фрагментації мережі та потреби в автономному, адаптивному та стійкому до відмов управлінні. Звичайні системи на основі правил виявляються недостатніми для критичних ситуацій з багатьма невизначеними параметрами. У відповідь на ці виклики необхідно застосовувати інтелектуальні підходи: генетичні алгоритми для пошуку оптимальних стратегій, багатоагентні системи для локального автономного управління, нечітку логіку — для прийняття рішень в умовах неповноти даних, а також федеративне навчання для безпечного адаптивного вдосконалення моделей після інцидентів.

Таким чином, після проведених досліджень в цій області, нами була запропонована інтегрована архітектура інтелектуального моніторингу та аналізу енергетичної системи, яка поєднує кілька взаємодоповнюючих компонентів (рис. 1):

- двоетапна модель прогнозування генерації ВДЕ на основі локалізованих погодних даних;
- оптимізацію відновлення енергопостачання за допомогою генетичних алгоритмів та багатоагентних систем;

- модуль нечіткої логіки для прийняття рішень в умовах невизначеності;
- фреймворк федеративного навчання, що реалізує фазу «Стійкість → Адаптація та Навчання».

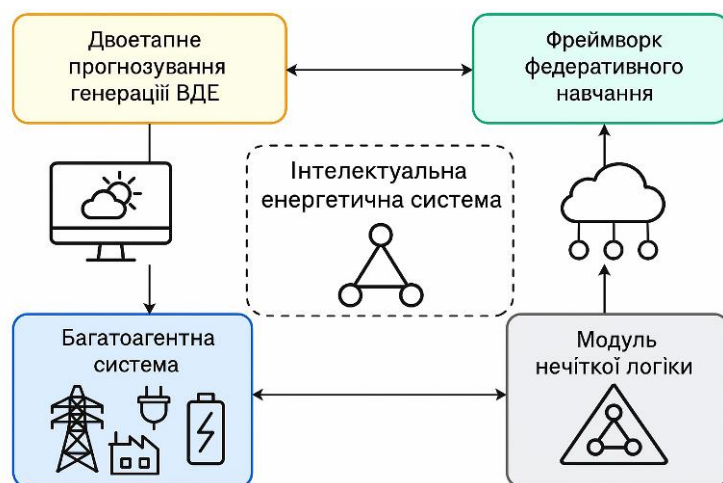


Рис. 1. Загальна архітектура інтелектуальної стійкої енергетичної системи

Ця розробка орієнтована на застосування у воєнний та післявоєнний період в Україні, з можливістю масштабування на інші держави, які мають справу з нестабільною енергетичною інфраструктурою або високим рівнем варіабельності ВДЕ. Запропоноване рішення не лише підвищує технічну стійкість енергосистеми, але й формує основу для проактивної, самонавчальної, енергонезалежної платформи майбутнього.

Перший модуль у системі являє собою двоетапну модель прогнозування генерації з відновлюваних джерел енергії (рис. 1), основним завданням якої є підвищення точності прогнозів шляхом врахування локальних кліматичних умов. Цей підхід передбачає поетапну обробку даних: спочатку — адаптацію глобального метеопрогнозу до особливостей конкретного об'єкта за допомогою регресійної моделі, а згодом — прогнозування вироблення електроенергії за допомогою нейромережі, яка працює з уже скоригованими локальними параметрами. Завдяки такій послідовності система здатна враховувати сезонні та добові закономірності, характерні саме для заданої геолокації, і, відповідно, значно перевершує класичні одномодельні рішення [1].

Наступним ключовим елементом є механізм оптимізації відновлення енергопостачання, який поєднує в собі еволюційний підхід у вигляді генетичного алгоритму та децентралізовану реалізацію через багатоагентну систему. Генетичний алгоритм визначає найкращі послідовності дій, які дозволяють мінімізувати час відновлення, зберігаючи при цьому стабільність напруги, частоти та критичних навантажень. Після цього сформовані плани передаються у багатоагентну систему, кожен з агентів (генератор, батарея, перемикач, навантаження) здатен локально виконувати свою частину сценарію. Особливістю цього підходу є його життєздатність навіть у повністю ізольованих фрагментах мережі, де централізоване керування недоступне [2].

Ще одним невід’ємним компонентом архітектури виступає модуль нечіткої логіки, що відіграє роль адаптивного контролера у випадках неповних, неточних або суперечливих даних. На відміну від жорстких правил, система нечіткого виводу дозволяє будувати висновки на основі «розмитих» значень — таких як «низький рівень заряду», «висока важливість споживача» або «наближені до критичних параметри». Саме тому цей модуль є незамінним у випадках, коли система має діяти в умовах обмеженої інформації, наприклад, під час обриву зв’язку або втрати сенсорних даних. Інтеграція нечіткого виводу в багатоагентне середовище та генетичний алгоритм забезпечує більш гнучку поведінку системи та підвищує її пояснюваність [3].

Особливо перспективним в умовах сучасної енергетики є федеративне навчання у поєднанні з хмарною оптимізацією. На відміну від традиційного централізованого підходу, коли всі дані надсилаються до хмари, федеративна архітектура дозволяє вузлам самостійно тренувати локальні моделі (наприклад, для прогнозування або для поведінки агентів) і передавати лише параметри оновлення. Хмарна частина агрегує, узагальнює, оптимізує та поширює оновлену модель назад у систему. Таким чином, реалізується не лише захист конфіденційності, але й фаза адаптації — коли після кожного аварійного інциденту система самостійно навчається, як діяти краще у майбутньому [3, 4].

Отже, запропонована архітектура особливо важлива саме для українського енергетичного простору, де війна спричинила масштабні пошкодження генераційних потужностей, мережевої інфраструктури та систем управління. На фоні цього загострилася потреба у рішеннях, які можуть працювати без єдиного центру керування, адаптуватися до нових загроз і локально забезпечувати відновлення навіть у повній ізоляції. Саме тому об’єднання прогнозування, локального відновлення, нечіткого прийняття рішень та навчання на власному досвіді формує універсальну, стійку та гнучку архітектуру, здатну відповідати на виклики сьогодення й майбутнього.

Література

1. Horichenko Y., Parkhomenko A., Pozdnyakov O., Tulenkov A., Gladkova O., Parkhomenko A. (2024) Research on Enhancing Power Generation Forecasts with Real-Time Machine Learning Models. *Proceedings of the 7th International Workshop on Computer Modeling and Intelligent Systems*. Zaporizhzhia, Ukraine, May 3, 2024, pp. 424–437.
2. Prabawa P., Choi D. H. (2020) Multi-agent framework for service restoration in distribution systems with distributed generators and static/mobile energy storage systems. *IEEE Access*, 8, 51736–51752.
3. Jasiūnas J., Lund P. D., Mikkola J. (2021) Energy system resilience — A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 150, 111476.
4. Babazadeh D., Teimourzadeh Baboli P., Brand M., Mayer C., Becker C., Lehnhoff S. (2022) Resilience of smart integrated energy systems, *Handbook of Smart Energy Systems*, pp. 1–27.

БЕЗПЕКА ДАНИХ У МІКРОСЕРВІСНІЙ АРХІТЕКТУРІ НА NESTJS: ВИКЛИКИ ТА РІШЕННЯ

Жебрак І. М., Грама М. П.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: getlethalshow@gmail.com

Data Security in Microservice Architecture on NestJS: Challenges and Solutions

Microservice architecture offers flexibility and scalability but also presents security challenges, especially in data protection and inter-service communication. This paper examines common threats and theoretical approaches to securing microservices using the NestJS framework. Key concepts include zero trust, least privilege, JWT authentication, RBAC, encryption, and API gateways. Emphasis is placed on integrating security at the architectural level to minimize risks in distributed systems.

Мікросервісна архітектура [1] дедалі частіше використовується при створенні складних, масштабованих і розподілених інформаційних систем. На відміну від монолітного підходу, мікросервіси дозволяють розділяти логіку на незалежні модулі, кожен з яких виконує окрему функцію та може розгортатися автономно. Така гнучкість супроводжується новими викликами, особливо у сфері безпеки. У межах мікросервісної архітектури дані постійно передаються між сервісами, що створює ризики витоку, модифікації або несанкціонованого доступу до інформації.

Фреймворк NestJS [2], побудований на платформі Node.js, широко використовується для побудови серверних застосунків з підтримкою мікросервісної логіки. Його структура та модульність дозволяють ефективно реалізовувати сучасні принципи безпеки, однак для цього розробник повинен мати чітке розуміння потенційних загроз і доступних механізмів захисту.

Мікросервісна архітектура має низку вразливостей, які потрібно враховувати на етапі проектування:

- Розподілена природа — дані передаються між сервісами через мережу, що відкриває можливості для перехоплення або модифікації інформації (атаки типу MITM).
- Відсутність єдиного центру авторизації — кожен мікросервіс може мати власні механізми перевірки доступу, що ускладнює підтримку єдиної політики безпеки.
- Вразливість API — відкриті кінцеві точки, які використовуються для взаємодії між сервісами або клієнтами, можуть бути ціллю атак типу brute-force, CSRF, XSS або injection.
- Відсутність ізоляції привілеїв — сервіси, які мають доступ до надмірної кількості даних чи ресурсів, можуть бути використані як точки компрометації.

Фреймворк NestJS підтримує низку інструментів, які можуть бути використані для побудови безпечної мікросервісної системи:

- JWT (JSON Web Token) — забезпечує безстейтову аутентифікацію користувачів і сервісів. Токени підписуються приватним ключем, що унеможлиблює їх підробку.
- Role-Based Access Control (RBAC) — дозволяє обмежувати доступ до маршрутів залежно від ролі користувача. У NestJS це реалізується за допомогою кастомних декораторів і guard-класів.
- Шифрування — застосування симетричних (AES) і асиметричних (RSA) алгоритмів дозволяє захищати як збережені, так і передані дані.
- Guard-и та Middleware — механізми, що перевіряють запити на ранніх етапах обробки, дозволяючи реалізовувати перевірку аутентифікації, авторизації та фільтрацію запитів.
- API Gateway — проміжний сервіс, який контролює вхідний трафік, централізує перевірку доступу та дозволяє застосовувати єдину політику безпеки для всієї системи.

Побудова надійної системи безпеки у мікросервісному середовищі повинна базуватися на таких принципах:

- Zero Trust — жоден сервіс не повинен довіряти іншому за замовчуванням. Будь-яка взаємодія має бути явно авторизована.
- Принцип найменших привілеїв (PoLP) — сервіси повинні мати лише ті права, які необхідні для їхньої роботи.
- Ізоляція середовищ — сервіс повинен бути ізольованим на рівні мережі або контейнера, щоб обмежити можливість lateral movement у разі компрометації.
- Журналювання та моніторинг — всі події доступу до ресурсів мають логуватися для виявлення аномалій та інцидентів безпеки.
- Регулярне оновлення залежностей — NestJS і його модулі повинні підтримуватися в актуальному стані для уникнення експлуатації відомих вразливостей.

Безпека даних у такій архітектурі є комплексною задачею, яка потребує системного підходу на всіх рівнях проектування. NestJS надає розробникам гнучкі інструменти для впровадження сучасних механізмів захисту, однак ефективність таких рішень залежить від чіткого дотримання принципів безпеки та регулярного аудиту архітектури. Успішна реалізація захисту в мікросервісах передбачає поєднання криптографічних методів, контрольованого доступу, централізованого управління та неперервного моніторингу.

Література

1. Fowler M. (2014) *Microservices: a definition of this new architectural term*. URL : <https://martinfowler.com/articles/microservices.html>.
2. MIT (2025) *NestJS Documentation* URL : <https://docs.nestjs.com>

АВТОМАТИЗАЦІЯ PENETRATION-TESTING ЗА ДОПОМОГОЮ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Журавчак А. Ю, Піскозуб А. З.

Національний університет «Львівська Політехніка», Львів, Україна

E-mail: anastasiia.y.tolkachova@lpnu.ua, andriian.z.piskozub@lpnu.ua

Automation of Penetration Testing With the Help of Artificial Intelligence

Automation of penetration testing with the help of artificial intelligence is a transformative approach that promises to reshape cybersecurity across many sectors, delivering quicker assessments and broader vulnerability coverage. AI-driven penetration testing is a nascent field which, despite offering substantial advantages for organizations, is only starting to be systematically explored.

Автоматизація процесу penetration-testing є нагальною потребою сучасної кібербезпеки, оскільки ручні методи вже не встигають за швидкістю появи нових векторів атак. У цьому контексті штучний інтелект — насамперед великі мовні моделі і методи навчання з підкріпленням — відкриває принципово нові можливості для підвищення ефективності тестування на проникнення.

У дослідженні подано узагальнені результати дослідження, метою якого було створення інтелектуальної системи, здатної автоматизувати ключові етапи pentest-циклу — від первинної розвідки до формування підсумкового звіту — з мінімальним залученням людини-експерта.

Проблематика ручного тестування проявляється у трьох площинах: дефіцит кваліфікованих кадрів, висока собівартість і неритмічність перевірок, яка суперечить концепції безперервної безпеки (continuous security). Аналіз публікацій 2023–2025 рр. демонструє, що застосування ШІ вже дозволяє зменшувати тривалість фази рекогносцировки до 40%, а кількість пропущених критичних дефектів — у середньому на третину. Однак сучасні інструменти переважно зосереджені або на генерації окремих експлойтів, або на частковій автоматизації рутинних завдань; комплексної системи, здатної інтегрувати розвідку, планування атаки, її виконання та підготовку звіту, досі бракувало.

Запропонована архітектура Smart-Pentester складається з трьох взаємопов'язаних шарів.

Перший, Data Collector, ініціює порт-та сервіс-сканування, агрегує відкриті дані (OSINT) і фіксує телеметрію мережевого трафіку.

Другий шар, Reasoning Engine, оперує гібридною моделлю: LLM (на базі GPT-4o) відповідає за трансляцію сирих артефактів у гіпотези вразливостей і формування команд експлуатації, а агент навчання з підкріпленням (алгоритм PPO) обирає оптимальну послідовність дій, орієнтуючись на максимізацію винагороди, що враховує як досягнення технічної мети (отримання доступу, витік даних), так і коректність задокументованих кроків.

Третій, Reporting Module, автоматично структурує результати, порівнює їх із довідниками CVE/CVSS, формує рекомендації з усунення та, за допомогою вбудованого механізму пояснюваності, подає логічний ланцюг дій у вигляді, придатному для аудиту й подальшого впровадження захисних контрзаходів.

Для експериментальної перевірки створено полігон із двадцяти веб-додатків і п'яти IoT-платформ, кожна з яких містила принаймні одну з уразливостей OWASP Top 10, а також специфічні помилки автентифікації та конфігурації мережевих сервісів. Було проведено 120 сесій традиційного ручного тестування та 120 запусків Smart-Pentester у тих самих умовах. Середній час до підтвердження першої критичної уразливості (Mean Time to Exploit, MTTE) скоротився з 92 до 58 хвилин, а охоплення уразливих вузлів (Coverage Ratio) зросло з 71% до 88%. Коефіцієнт хибних спрацьовувань збільшився із 3,8% до 5,2%, однак завдяки валідації людиною їх усунення займало не більше п'яти хвилин на випадок, що було прийнятним з огляду на загальне скорочення тривалості циклу.

Окрема увага приділялася етичним аспектам: кожна потенційно деструктивна дія вимагала подвійного підтвердження оператора та протоколювалася в незмінному журналі для подальшого аудиту. Наукова новизна дослідження полягає у впровадженні динамічної функції винагороди, яка балансувала технічний «успіх» експлойту з якістю автоматично згенерованої документації, а також у розробленні комбінованого фільтра проти «галюцинацій» LLM, що інтегрує сигнатури OWASP, патерни MITRE ATT&CK і регуляторні вимоги (зокрема PCI DSS 4.0). Запропоновано нову метрику Explainability Score для кількісної оцінки зрозумілості AI-звіту; експериментально підтверджено, що досягти рівня, близького до ручної експертної звітності, можливо після донавчання моделі на корпусі з понад двохсот відкритих пентест-репортів.

Отримані результати доводять, що синергія LLM, алгоритмів підкріплення і класичних сканерів забезпечує якісно новий рівень ефективності penetration-testing. Подальші дослідження слід спрямувати на адаптацію Smart-Pentester до Kubernetes-кластерів і serverless-сервісів, а також на включення механізмів прогнозування ймовірності експлуатації у виробничих середовищах, що дозволить перейти від реактивних до проактивних стратегій захисту.

Література

1. Піскозуб А., Журавчак Д., Толкачова А. (2023) Дослідження вразливостей у чатботах з використанням великих мовних моделей. *Ukrainian scientific journal of information security*, vol. 29, no. 3, pp. 111–117. URL : <https://doi.org/10.18372/2225-5036.29.18069>.
2. P A., Sharma T., Jatain A., Bajaj S. B. (2024) Examining cybersecurity tools for a complete security assessment, *SSRN electronic journal*. URL : <https://doi.org/10.2139/ssrn.4850417>.
3. Microsoft (2025) Penetration testing. URL : <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/security/azure-security-pen-testing>.

ЗАСТОСУВАННЯ ФАКТОРІАЛЬНОГО КОДУВАННЯ ДАНИХ ДЛЯ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ТА УПРАВЛІННЯ ВІДДАЛЕНИМИ БЕЗПІЛОТНИМИ ОБ'ЄКТАМИ

Лавданський А. О., Фауре Е. В., Лавданська О. В.

Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

E-mail: a.lavdanskyi@chdtu.edu.ua

Using Factorial Data Coding for Control and Management Systems of Remote Unmanned Objects

Remote unmanned systems require robust control-and-monitoring links integrating real-time telemetry, command and feedback. Current solutions extend range mainly through high-gain antennas and higher transmitter power, which are vulnerable to jamming and energy-inefficient. This study proposes factorial-coded communication protocols that tolerate high bit-error rates, embed lightweight encryption and key exchange, and operate at low signal-to-noise ratios without power escalation. The approach reduces energy consumption, strengthens anti-jamming resilience and secures the channel.

Використання систем контролю та управління віддаленими безпілотними об'єктами на сьогодні є інтегральною складовою багатьох галузей техніки й прикладних досліджень. Такі системи забезпечують замкнений цикл «управління — телеметрія — зворотний зв'язок», що дає змогу оператору або автономному контролеру приймати рішення в реальному часі на основі достовірних даних про стан платформи та зовнішнього середовища.

Сфери застосування таких систем охоплюють: пошуково-рятувальні операції, де безпілотні літальні апарати виконують оперативну аеророзвідку та доставку малих вантажів у важкодоступні райони; геодезію та картографічну зйомку, включно з побудовою цифрових моделей місцевості; технології точного землеробства, що передбачають моніторинг агрофізичних параметрів і внесення добрив; військову та цивільну розвідку, де важливе значення має стійке функціонування в умовах радіоелектронної протидії; екологічний моніторинг (контроль лісових пожеж, оцінка стану водних об'єктів); тощо.

Ключовими експлуатаційними показниками систем контролю та управління віддаленими безпілотними об'єктами є дальність та надійність радіоканалу, захищеність каналу передачі даних, стійкість до завад, надмірність та відмовостійкість, електромагнітна сумісність, тощо.

Існуючі системи контролю та управління безпілотними літальними об'єктами з метою збільшення дальності керування і зниження впливу радіоелектронної протидії здебільшого застосовують пасивні методи. До таких методів належать використання антен направленої дії та збільшення вихідної потужності передавача до одиниць, а іноді навіть десятків ват. Розробка системи, здатної здійснювати передачу даних за умов високої ймовірності бітової помилки (наприклад, на значних відстанях або під впливом активної

радіоелектронної протидії), дозволить уникнути необхідності збільшувати потужність передавача або використання дорогих антенних систем для покращення дальності зв'язку.

Використання протоколів передачі на основі факторіального кодування даних, зокрема [1; 2], що здатні ефективно функціонувати за великих значень ймовірності бітових помилок у каналі передачі, дозволяє здійснювати контроль та управління на більшій відстані без додаткового підвищення потужності передавача чи збільшення чутливості приймача. Завдяки цьому, протоколи на основі факторіального кодування забезпечують менше енергоспоживання в порівнянні з іншими методами за рахунок можливості роботи за низького відношення сигнал-шум з мінімальною потужністю передавача, включно за умови активного впливу засобів радіоелектронної протидії.

Варто зауважити, що існуючі комерційні системи контролю та управління віддаленими безпілотними об'єктами переважно не використовують шифрування каналу обміну даними, що може призводити до перехоплення керування таким об'єктом або до визначення його місцеположення за даними телеметрії. Використання протоколів передачі на основі факторіального кодування даних дозволяє забезпечити шифрування каналу зв'язку без значних накладних витрат. Використання трьохетапного криптографічного протоколу на основі перестановок [3; 4] дозволяє виконувати обмін криптографічними ключами без попереднього обміну ключовими даними.

Отже, застосування факторіального кодування даних забезпечує завадостійке передавання з інтегрованим виявленням і виправленням помилок, одночасно забезпечуючи захист від несанкціонованого втручання. Це відкриває можливість створення систем контролю та управління віддаленими безпілотними об'єктами з покращеними експлуатаційними параметрами. Зазначений підхід перспективний для інформаційно-комунікаційних технологій та сфер кібербезпеки.

Література

1. Al-Azzeh J. S., Ayyoub B., Faure E. et al. (2020) Telecommunication Systems with Multiple Access Based on Data Factorial Coding. *International Journal on Communications Antenna and Propagation (IRECAP)*, vol. 10, Issue 2, p. 102. DOI:10.15866/irecap.v10i2.17216.
2. Faure E. V., Shvydkyi V. V., Lavdanskyi A. O. et al. (2019) Methods of factorial coding of speech signals. *Radio Electronics, Computer Science, Control*, issue 4, pp. 186–198. DOI:10.15588/1607-3274-2019-4-18.
3. Faure E., Shcherba A., Lavdanskyi A. et al. (2024) Three-Pass Protocol on Permutations: Implementation Example and Security. *CEUR Workshop Proceedings*, pp. 110–125.
4. Shcherba A., Faure E., Lavdanska O. (2020) Three-Pass Cryptographic Protocol Based on Permutations, *2020 IEEE 2nd International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT)*. DOI:10.1109/ATIT50783.2020.9349343, pp. 281–284.

ПОБУДОВА НАДІЙНОЇ СИСТЕМИ АВТОРИЗАЦІЇ ТА ЗБЕРЕЖЕННЯ КОРИСТУВАЦЬКИХ ДАНИХ У FIREBASE

Моторна Є. О., Грибков С. В.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: lizamotorna2004@gmail.com

Building a Reliable Authentication System and User Data Storage in Firebase

This paper presents the development of a secure user authentication and data storage system using Firebase services. The system leverages Firebase Authentication for user login via email and third-party providers, and Realtime Database for structured, access-controlled data storage. Key features include real-time data access, token-based authentication, and role-based permissions. The solution enables scalable and secure integration of authentication into web applications while minimizing backend maintenance and ensuring data privacy.

У сучасному цифровому середовищі, де обмін інформацією відбувається з неймовірною швидкістю та обсягами, питання забезпечення безпечної авторизації та надійного збереження даних користувачів набуває критичного значення для веб-застосунків. З кожним днем зростає кількість персональних даних, які користувачі довіряють онлайн-сервісам, і це вимагає від розробників та організацій особливої уваги до захисту цієї інформації.

Недостатній рівень безпеки може призвести до серйозних наслідків, таких як втрата довіри користувачів, що є одним із найцінніших активів будь-якої компанії. Крім того, порушення безпеки можуть спричинити значні фінансові збитки, пов'язані з відновленням даних, компенсаціями користувачам або штрафами від регуляторних органів.

Не менш важливими є юридичні наслідки, оскільки багато країн і регіонів, зокрема Європейський Союз із його Загальним регламентом захисту даних (GDPR), встановлюють суворі правила щодо обробки персональних даних, і невиконання цих вимог може призвести до значних санкцій. Особливої уваги потребують процеси реєстрації, входу та взаємодії з веб-застосунками, які оперують персональними або чутливими даними. У цих процесах важливо використовувати сучасні методи автентифікації, які забезпечують високий рівень захисту.

Наприклад, двофакторна автентифікація (2FA) додає додатковий шар безпеки, вимагаючи від користувача не лише пароль, але й інший спосіб підтвердження особи, такий як код, надісланий на мобільний пристрій. Біометрична автентифікація, що використовує відбитки пальців або розпізнавання обличчя, також стає все більш популярною завдяки своїй зручності та надійності. Крім того, використання токенів, зокрема JSON Web Tokens (JWT), дозволяє безпечно передавати інформацію між клієнтом і сервером, забезпечуючи автентифікацію та авторизацію без необхідності зберігати сесії на сервері.

У контексті активного переходу до хмарних технологій, розробники все частіше звертаються до готових backend-рішень, які не лише спрощують процес розробки, але й значно знижують навантаження на власну серверну інфраструктуру. Однією з найпопулярніших платформ у цьому напрямі є Firebase, хмарна платформа, розроблена компанією Google. Firebase надає широкий спектр інструментів для створення веб- та мобільних застосунків без необхідності розробки власного серверного середовища.

Серед основних переваг Firebase — простота інтеграції, що дозволяє розробникам швидко впроваджувати необхідні функції, масштабованість, яка забезпечує адаптацію до зростання навантаження, надійність, що гарантується інфраструктурою Google, та високий рівень безпеки, який є результатом значних інвестицій у захист даних. Firebase пропонує різноманітні можливості, що роблять його привабливим для розробників. Зокрема, платформа забезпечує аутентифікацію користувачів, підтримуючи різні методи входу, такі як електронна пошта, соціальні мережі або анонімний вхід. Бази даних у реальному часі дозволяють синхронізувати дані між клієнтами та сервером миттєво, що особливо корисно для застосунків, які вимагають оновлення інформації в режимі реального часу. Хостинг, наданий Firebase, забезпечує швидке розгортання застосунків, а аналітика допомагає відстежувати поведінку користувачів та оптимізувати роботу застосунку.

Крім того, Firebase підтримує машинне навчання, що відкриває можливості для впровадження інтелектуальних функцій, таких як розпізнавання зображень або аналіз тексту.

Варто зазначити, що Firebase не є єдиною хмарною платформою на ринку. Існують й інші провідні рішення, такі як AWS (Amazon Web Services), Microsoft Azure та Google Cloud Platform, кожна з яких має свої унікальні переваги. Microsoft Azure інтегрується з продуктами Microsoft, що зручно для компаній, які вже використовують їх екосистему. Google Cloud Platform, у свою чергу, відома своїми потужними інструментами для обробки великих даних та машинного навчання. Однак, спільним для всіх цих платформ є акцент на безпеку, оскільки провайдери хмарних послуг інвестують значні ресурси у захист даних своїх клієнтів, що дозволяє розробникам зосередитися на функціональності своїх застосунків, не турбуючись про інфраструктурні аспекти безпеки. У сучасному цифровому світі безпечна авторизація та збереження даних користувачів є не лише технічною необхідністю, але й стратегічною перевагою для компаній. Забезпечення високого рівня захисту персональної інформації сприяє зміцненню довіри користувачів, що є ключовим фактором для утримання клієнтів та залучення нових.

Крім того, дотримання законодавчих вимог щодо захисту даних дозволяє уникнути юридичних ризиків та фінансових втрат. У цьому контексті, використання готових хмарних рішень, таких як Firebase, стає не лише зручним інструментом для розробки, але й надійним способом забезпечення безпеки даних, що є критично важливим для успіху будь-якого веб-застосунку. Під час реалізації системи було обрано Firebase Authentication як головний інструмент для автентифікації користувачів. Сервіс підтримує різні методи входу: за

допомогою електронної пошти та пароля, OAuth-провайдерів (Google, Facebook, GitHub тощо), а також анонімну авторизацію. Для кожного користувача після реєстрації формується унікальний ідентифікатор (uid), який використовується, як ключ для збереження даних у базі. Для зберігання користувацьких даних використовувалася Firebase Realtime Database. Вона дозволяє зберігати дані у форматі JSON та автоматично синхронізує їх між усіма клієнтами в реальному часі.

Безпека даних досягається завдяки системі правил доступу, яка дозволяє гнучко керувати тим, хто і до яких даних має доступ. Наприклад, дані кожного користувача можуть зберігатись у гілці /users/{uid}, а доступ до них мають лише автентифіковані користувачі з відповідним UID. Для захисту персональних даних використовуються HTTPS-з'єднання, авторизаційні токени, що генеруються Firebase, а також обов'язкова перевірка стану сесії користувача при кожному запиті до бази. Крім того, додатково реалізовано функції перевірки дійсності токена, timeout-сесій, обробку помилок автентифікації та виняткових ситуацій (наприклад, спроб несанкціонованого доступу).

Розроблена та впроваджена система продемонструвала надзвичайно високу ефективність у процесі розгортання й тестування, засвідчивши свою здатність до стабільного та надійного функціонування в реальних умовах експлуатації. Її архітектурні рішення виявилися оптимальними для забезпечення безперебійної роботи, а проведені випробування підтвердили високу продуктивність і стійкість до навантажень. Усі персональні дані користувачів зберігаються в ретельно ізольованих сегментах бази даних, що забезпечує максимальну безпеку та суттєво знижує ймовірність несанкціонованого доступу чи витоку конфіденційної інформації. Таке розділення даних відповідає сучасним стандартам кібербезпеки та сприяє захисту приватності користувачів.

Застосування технології Realtime Database дозволило досягти практично миттєвої синхронізації даних у реальному часі під час одночасної взаємодії кількох клієнтів, що є особливо цінним для систем, які потребують високої швидкості оновлення інформації. Ця функціональність забезпечує безперервний доступ до актуальних даних, підвищуючи зручність і ефективність взаємодії з системою. Система вирізняється високим рівнем масштабованості: впровадження нових ролей, додаткових функцій або модифікація структури даних здійснюється без необхідності фундаментального перепроектування архітектури, що дозволяє оперативно адаптувати її до змін.

Одним із ключових елементів розробки стала гнучкість у реалізації механізмів управління правами доступу, що забезпечує диференційований підхід до роботи з інформацією. Наприклад, адміністратори мають повний доступ до всіх даних, що дозволяє їм ефективно контролювати систему та виконувати управлінські функції, тоді як звичайні користувачі обмежені доступом виключно до власних даних, що гарантує конфіденційність і безпеку. Ця сегментація прав доступу сприяє створенню чіткої ієрархії користувачів і підвищує загальну безпеку системи.

Додатково було реалізовано функцію «soft delete», яка передбачає приховування даних замість їхнього фізичного видалення з бази даних. Такий підхід не лише полегшує управління інформацією, а й забезпечує можливість відновлення даних у разі потреби, що є важливим для уникнення втрат через помилки чи непередбачені обставини. Ця функція також підвищує гнучкість системи, дозволяючи адаптувати її до різних сценаріїв використання.

Ще одним значним досягненням стало забезпечення швидкого інтеграційного потенціалу Firebase у нові проєкти, що суттєво прискорює процес розробки. Завдяки цьому інтеграція таких компонентів, як автентифікація користувачів і управління базою даних, займає лише кілька годин, тоді як створення власного бекенд-рішення могло б вимагати днів або навіть тижнів. Ця особливість робить систему незамінною для проєктів із обмеженими ресурсами, зокрема для стартапів чи навчальних ініціатив, де швидкість розробки та економія часу відіграють вирішальну роль у досягненні успіху. Зменшення витрат часу на впровадження дозволяє розробникам зосередитися на вдосконаленні функціональності та користувацького досвіду, а не на побудові базової інфраструктури. Firebase зарекомендував себе як потужний і багатогранний інструмент для створення сучасних вебзастосунків, орієнтованих на безпеку, масштабованість і прискорену розробку. Ці інструменти дозволяють розробникам створювати захищені, ефективні та зручні у використанні застосунки з мінімальними зусиллями. Отримані результати чітко демонструють, що Firebase є доцільною альтернативою традиційним самописним бекенд-рішенням, особливо в умовах обмежених ресурсів чи необхідності швидкого створення прототипів.

У перспективі подальшого розвитку вбачається значний потенціал у комбінуванні Firebase з іншими сервісами, такими як Cloud Functions для автоматизованої обробки подій або Firestore як альтернативна база даних із розширеними можливостями. Таке поєднання відкриває шлях до створення складніших і функціонально насичених архітектур, здатних задовольняти потреби масштабних проєктів. Наприклад, інтеграція Cloud Functions може забезпечити автоматизацію бізнес-логіки, тоді як Firestore дозволить працювати з більшими обсягами структурованих даних.

Ці можливості підкреслюють стратегічну цінність Firebase як платформи, що не лише вирішує поточні завдання, а й створює передумови для майбутнього розвитку інноваційних рішень у сфері вебтехнологій.

Література

1. Google (2025) *Firebase Documentation* [online] URL : <https://firebase.google.com/docs>.
2. OWASP (2025) *Authentication Cheat Sheet* [online] URL : https://cheatsheetseries.owasp.org/cheatsheets/Authentication_Cheat_Sheet.html.
3. Google Cloud (2024) *Firebase Realtime Database Secure Rules for a Static Website* [online] URL : <https://stackoverflow.com/questions/79075816/firebase-realtime-database-secure-rules-for-a-static-website>.

ОНТОЛОГІЧНА БАЗА ЗНАНЬ ОСОБО НЕБЕЗПЕЧНИХ ЗАСОБІВ

Фесенко М. Б.

*Інститут кібернетики імені В.М.Глушкова НАН України
clnt_49@ukr.net*

Ontology Base of Knowledge of Special Dangerous and Explosive Tools, Composition Materials and Devises

The problem of increase of dangerously for civil inhabitants in condition of apply large quantity of special dangerous and explosive tools, composition materials and devises with limitation of radius of defeat and their massed applications are discussed. The necessity of design base knowledge of special dangerous and explosive tools, composition materials and devises grounded. The some difficulty of design of base knowledge presented. The problem for design of ontology base knowledge put. The technical questions of interaction between different ontology models choose. The tendency formulate of development especially means.

Досвід життя підказує, що гарного ніколи не буває забагато. Але поганого та небезпечного завжди накопичується безліч. Впродовж військового стану для цивільного населення багатократно підвищилася вірогідність зустрічі ввіч на ввіч з небезпекою. До особо небезпечних засобів (ОНЗ) належать: міни, бойові елементи касетних боєприпасів, гранати, елементи авіаційних касет та головних частин ракет, боєприпаси безпілотних літальних апаратів, боєприпаси ударних апаратів, саморобні вибухові пристрої та таке інше. В умовах військового стану кількість ОНЗ поступово зростає. Використовуються особо небезпечні засоби обмеженого радіуса ураження, але через їх масове вживання небезпека зростає у рази та за кількістю уражених поступово наближається до кількості жертв від зброї масового ураження. Одночасно збільшуються масштаби руйнувань інфраструктури. Оскільки значно зростає об'єм інформації, то різні форми представлення її опису поступово впорядковуються у базу даних відповідного об'єму. Тому базу даних ОНЗ вже маємо уявляти як предметну область щодо онтологічного моделювання та побудови бази знань. Цивільне населення країни має у цілому вельми віддалене представлення щодо ОНЗ, що вже знаходяться, або можуть опинитися поруч з ними. Та на всяк випадок люди зараз починають побоюватися вже усього, незалежно від того, притаює воно дійсну небезпеку чи ні. Для побудови дієздатної архітектури бази знань необхідно виконати онтологічне представлення бази даних ОНЗ.

Метою нашої роботи є побудова онтологічної бази знань (ОБЗ) щодо ОНЗ забруднення територій, де тимчасово або постійно мешкає цивільне населення. Така ОБЗ призначена до попередження та інформування цивільного населення про дійсну неприховану небезпеку ОНЗ. Надійних джерел щодо побудови бази даних ОНЗ зараз не так багато. Однак й вони не дуже достовірно використовують декілька базових понять, таких як підривач, запал, детонатор та деякі інші. Тому виникає проблема, як користувачу не заплутатися у цих базових поняттях, яки, може навмисно, даються не завжди вірно. Крім того,

існують вдалі приклади, як слід представляти онтологічні терміни для відображення у комп'ютері. Тому й виникла ця спроба створити ОБЗ щодо ОНЗ зі використанням графічного представлення окремих екземплярів деяких суттєвих класів та підкласів ОНЗ. Така онтологія містить дуже багато концептів та відображає зв'язки між особо небезпечними, вибухонебезпечними компонентами, засобами їх доставки, механізмами формування та спрацювання. ОБЗ опирається на закони хімії, фізики, аеродинаміки, враховує деякі знання з квантової теорії. Деякі компоненти ОНЗ входять до складу одразу кількох вибухових сумішей, що ускладнює побудову онтологічного представлення предметної області.

Наведемо інформацію у скороченому форматі. ОБЗ ОНЗ не є тлумачним словником, але по суті має різнобічно наближуватися до нього. Будемо використовувати звичайні онтологічні терміни. Зараз має місце тенденція щодо спеціалізації ОБЗ.

Автоматизація взагалі зовсім не проста річ. А автоматизація бази знань ще набагато складніше, тим паче ще й автоматизація керування цією базою. Тому найбільш складною проблемою є розробка багато функціональної системи керування ОБЗ, що має реалізувати хоча б процедури коригування побудованої ОБЗ, формування та поповнювання її знань відповідно з появою нових наукових знань, даних щодо ОНЗ, їх властивостей, наслідків використання та засобів їх доставки, наведення, відпрацювання та таке інше. Як відомо, ОБЗ може формуватися з різними формами представлення даних та знань, зокрема у формі теорії, фреймовому представленні, природно мовних текстів, мережеві форми, формалізації, онтологічні форми та інші. Репрезентація знань має бути достатньо зрозумілою. Інші функції можуть почекати, доки прийде час та з'явиться можливість й до їх реалізації. На жаль, зараз існують різні просунуті програми реалізації окремих моментів побудови бази знань зі зовсім вузькою спеціалізацією відносно тих форм представлення знань, що використовуються. Сумісно використовувати ці роз'єднані програми неможливо, тому що вони розроблялися з різними цілями та мають різне призначення, охоплюють різні ніші ринку програмних продуктів та галузі вживання. Оскільки ОБЗ використовує знання з різних наук, а кожна з них має своє онтологічне представлення та базу знань, зі своїх позицій уявляє картину світу, то маємо сумісно організувати співпрацю ОБЗ ОНЗ з ОБЗ предметних галузей, що охоплюють хімію, фізику, аеродинаміку, військові науки, цивільний захист, охорону праці. Причому це усю хімію, фізику та другі галузі, а лише ті частини цих предметних областей, що потрібні щодо формування суто спеціалізованих знань. Відповідно, маємо задіяти так звані каркасні категорії різного рівня онтологій предметних областей з урахуванням їх положення відносно загальної онтологічної моделі пізнання світу. Деякі онтологічні моделі важко відокремити одне від другого, тому що є пересічення та інтеграція наук, проводяться багато чисельні міждисциплінарні дослідження та роботи на стику кількох наук. Система керування ОБЗ має враховувати також суто технічні та технологічні проблеми, що треба працювати зі хмарними сховищами та з дистанційно видаленими клієнтами, тобто опиратися на обрану

клієнт-серверну архітектуру. Складається парадоксальна ситуація у тому, що для того, щоб вручну описати та включити до бази знань кожний ОНЗ зі усім його оточенням та онтологічним представленням може не вистачити цілого людського життя. Але на те, щоб обірвати це людське життя у один міг уповні вистачить будь якого одного ОНЗ, мабуть того самого, опис якого у цей час уводить у онтологію фахівець з онтологічного інжинірингу.

Таким чином, майже усі відомі з відкритих джерел ОНЗ забруднення територій, за вилученням вже утилізованих на теперішній час, охоплено та включено до складу бази даних ОБЗ ОНЗ. Предметна область ОНЗ є своєрідне дзеркало, що відображає досягнення сучасної науки та техніки. Військова наука також не стоїть на місці. Постійно з'являються новітні розробки, проходять випробування на полігонах та у бойових умовах. Сучасні війни та конфлікти мають економічну та промислову складову. Усе має свою ціну. Якщо уважно придивитися до ОНЗ, то можливо помітити, що новітні зразки існують поруч зі застарілими. Чому саме так відбувається? Це не тільки надійність та накопичені запаси. Тенденція (перша) тут, на нашу думку, така, що досить складний новітній ОНЗ маскується під подібний простий засіб, до якого вже звикли. Полювання йде не лише на ураження живої сили та руйнування об'єктів, а й за тими, хто вишукує ОНЗ, розмінує, ліквідує ОНЗ і наслідки від їх використання. Забагато назв ОНЗ також призначено для внесення непорозуміння у цю складну та досить неоднозначну предметну область. До другої тенденції віднесемо таке удосконалення ОНЗ, як наявність багатьох компонентів та багатьох контурів підриву. Один контур може бути як укладеним у другий, так й існувати поруч та дублювати одне одного. До третьої тенденції виділимо те, що математичне програмування сполучається зі хімічним програмуванням. Поширюється використання щодо ОНЗ систем штучного інтелекту. ОНЗ моделюються та удосконалюються у науково-дослідницьких лабораторіях. Четверта тенденція відражає комплексний підхід щодо створення мінних полів змішаного типу: протитанкові міни переважаються зі протипіхотними та мінами проти гелікоптерів та літальних апаратів. При цьому перевага віддається керованим мінним полям з дистанційним оператором та розвідувальними керуючими безпілотними літальними апаратами військового призначення. П'ята тенденція відноситься щодо дистанційного мінування та ураження противника. Насамперед це розвиток касетних боєприпасів. Шоста тенденція полягає у флегматизації вибухової речовини. Такій захист від випадкового спрацювання вибухової речовини є традиційним щодо вибухових засобів. До кожної вибухової речовини підходить лише один, рідко два компоненти, що здатні придати їй властивість флегматизації від коливань температури та вібрації, полум'я, тертя, удару тощо. Особливої уваги заслуговує захист від надлишкової вологості та утримання щільності. До сьомої тенденції розвитку ОНЗ віднесемо надання окремим формам вибухових речовин деяких властивостей засобів їх доставки до цілі, наприклад: оперення для касетних боєприпасів, оперення для керованих авіаційних бомб, рухомі міни. До восьмої тенденції розвитку ОНЗ віднесемо вдосконалення та модифікацію існуючих засобів з метою спрощення технології їх виробництва, зменшення витрат та підвищення надійності.

МЕТОДИ OSINT-АНАЛІЗУ У СФЕРІ КІБЕРЗАХИСТУ

Чернов Р. В., Гладка Ю. А.

Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана,

Київ, Україна

E-mail: Lamtag8008@gmail.com

OSINT analysis methods in cyber defense

This report explores modern OSINT (Open Source Intelligence) methods in the field of cybersecurity. It highlights tools and techniques for analyzing open data sources to detect vulnerabilities, monitor threats, and respond to incidents. The study emphasizes ethical and legal considerations, practical applications in digital security, and key challenges like data overload and misinformation. OSINT proves essential for proactive cyber defense strategies.

В умовах стрімкого розвитку цифрових технологій та зростання кіберзагроз особливого значення набуває використання відкритих джерел розвідки (Open Source Intelligence, OSINT). OSINT — це процес збору, обробки та аналізу інформації, що доступна у відкритих джерелах, з метою виявлення загроз, аналізу потенційних атак та посилення системи кіберзахисту. Цей підхід є особливо ефективним у кібербезпеці, оскільки дозволяє отримувати цінні розвіддані без необхідності проникнення у закриті системи або незаконного доступу до інформації. OSINT включає аналіз широкого спектру публічно доступної інформації, яка може бути використана для: виявлення вразливостей у цифровій інфраструктурі, моніторингу активності потенційних загроз, виявлення витоків конфіденційної інформації, визначення атакувальників або їх мотивів.

До джерел OSINT належать: соціальні мережі (Facebook, LinkedIn, Twitter, TikTok тощо), пошукові системи (Google, Bing, Shodan), реєстри доменів (WHOIS, DNSdumpster), тематичні форуми (Reddit, Pastebin, дарквеб ресурси), новинні сайти, блоги, публікації ЗМІ, інформація з витоків даних (leaked databases).

Аналіз соціальних мереж дозволяє виявляти персональну інформацію про співробітників компаній, що можуть стати об'єктом фішингових атак або соціальної інженерії. Інструменти: Maltego: графічний інструмент для аналізу взаємозв'язків між особами, доменами, IP-адресами; SpiderFoot: автоматизує пошук цифрових слідів у соцмережах. Метод застосовується для виявлення особистих даних, які можуть бути використані для персоналізованих атак [1], аналізу активності потенційних зловмисників у соцмережах [2].

Аналіз доменів та IP-адрес дозволяє ідентифікувати структуру цифрової присутності об'єкта дослідження: сайти, поштові сервери, хостинг. Інструменти: DNSdumpster: візуалізує піддомени та інфраструктуру; Shodan: «пошуковик пристроїв», що дозволяє знаходити відкриті порти та підключені пристрої; WHOIS: показує реєстраційні дані доменів. Метод застосовується для

виявлення відкритих портів, неправильно налаштованих серверів [3]; збору інформації про технічну інфраструктуру перед аудитом безпеки [2]

Аналіз витоків даних у вигляді витоків паролів, логінів, корпоративної документації, що часто трапляються на форумах дарквебу або у відкритому доступі через людський фактор. Інструменти: Have I Been Pwned: перевірка email-адрес на наявність у базах витоків; IntelX, LeakLooker: пошук у відкритих витоках. Метод застосовується для виявлення компрометованих облікових записів працівників [2]; оцінки ризиків використання зламаних паролів у корпоративному середовищі. Моніторинг форумів, дарквебу та Telegram-каналів застосовується OSINT-фахівцями для відстеження місць, де зловмисники обговорюють свої дії, продають вкрадену інформацію або координують атаки. Інструменти: DarkSearch, Ahmia: пошуковики у дарквебі - Cyberint, SOCRadar: платформи з функцією моніторингу дарквебу та Telegram. Метод застосовується для раннього виявлення підготовки до атак на певну організацію, ідентифікації методів, які використовуються сучасними кіберзлочинцями [3].

Геолокаційний аналіз (Geo-OSINT) проводиться для збору метаданих зображень, відео або постів, що дозволяє визначити місце та час зйомки. Інструменти: ExifTool, Google Earth, SunCalc, GeoSpy. Метод застосовується для аналізу місця зйомки підозрілих фото (наприклад, фото із серверної кімнати), ідентифікації витоків конфіденційної інформації через зображення [1]

Практичне застосування OSINT у кіберзахисті включає аудит цифрової присутності організації. Завдяки OSINT можна здійснити пасивне сканування компанії — виявити її онлайн-активи, співробітників, відкриті сервіси, що потенційно можуть бути ціллю атаки. Ідентифікація зареєстрованих доменів, схожих на корпоративні, що можуть бути використані для фішингу застосовується для попередження фішингових атак.

OSINT дозволяє отримувати інформацію про нові методи атак або IP-адреси, пов'язані з кіберзлочинністю, та швидше реагувати на інциденти (Incident Response та Threat Hunting). Методи OSINT-аналізу є потужним інструментом у сфері кіберзахисту. Вони дозволяють отримувати розвіддані для запобігання атакам, моніторингу потенційних загроз та реагування на інциденти. Ефективне використання OSINT допомагає організаціям бути проактивними у забезпеченні цифрової безпеки, проте вимагає дотримання законодавства, етики та постійного оновлення навичок фахівців.

Література

1. Shelvik T. (2025) *Open Source Intelligence Techniques*, Independently published, 357 p.
2. Bazzell M. (2022) *Basic Marketing: The OSINT Techniques: Investigating Individuals, Companies & More*, New York: Columbia University Press, 770 p.
3. Bazzell M. (2024) *Marketing Management OSINT Techniques: Resources for Uncovering Online Information*: 11th ed., Independently published, 590 p.

КІБЕРЗАХИСТ КРИТИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Чубенко Д. О., Мазуренко О. О.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: chubenko.dima.alex@gmail.com

Cyber Protection of Critical Information Infrastructure

Cybersecurity is a key element in protecting critical information infrastructure, which includes essential systems in energy, finance, transport, and communication. This paper examines the main threats to such infrastructure, including targeted attacks and insider risks. It also explores modern protection methods such as intrusion detection systems, zero trust architecture, and network segmentation. Special attention is given to legal standards and international frameworks that help improve the reliability and security of these systems.

Критична інформаційна інфраструктура (КІІ) включає в себе ті об'єкти, порушення функціонування яких може призвести до значних економічних втрат, техногенних катастроф або загроз національній безпеці. До таких об'єктів належать системи в енергетиці, транспорті, банківському секторі, охороні здоров'я, зв'язку та інших ключових галузях.

З розвитком цифрових технологій об'єкти КІІ все частіше стають мішенню складних і цілеспрямованих кібератак. Загрози з боку державних і недержавних акторів, використання експлойтів нульового дня, соціальної інженерії та бот-мереж стали звичним явищем у сфері кіберзахисту. Окрему загрозу становлять внутрішні порушники (insiders), які мають доступ до внутрішніх систем і можуть ненавмисно або навмисно завдати шкоди [1].

Виклики у сфері кіберзахисту КІІ посилюються через використання застарілих технологій, відсутність централізованого моніторингу, обмежений обмін інформацією між державними та приватними структурами. Крім того, не всі організації мають належно впроваджену політику інформаційної безпеки згідно із сучасними вимогами законодавства [1].

Серед сучасних технологічних рішень для підвищення стійкості КІІ виділяють:

- архітектуру нульової довіри (Zero Trust), яка передбачає постійний контроль кожного запиту незалежно від розташування користувача або пристрою [2];
- системи виявлення вторгнень (IDS), що застосовують як сигнатурні, так і поведінкові методи аналізу для виявлення аномальних дій у мережі [3];
- моделі управління ризиками, які дозволяють оцінити вплив можливих атак та визначити пріоритети захисту [2];
- сегментацію мережі та моніторинг у реальному часі, що зменшує площу атаки та дозволяє оперативно реагувати на інциденти.

Особливу увагу також слід приділяти впровадженню систем резервного копіювання та аварійного відновлення. Вони забезпечують мінімізацію наслідків у разі успішної атаки, дозволяючи швидко відновити функціональність критичних служб. Наявність чітко прописаних процедур реагування на інциденти є обов'язковим компонентом ефективного захисту КІІ [1].

Законодавче регулювання в Україні визначене Законом «Про основні засади забезпечення кібербезпеки України», який встановлює правові та організаційні засади захисту КІІ, а також вимоги до обов'язкової сертифікації та обміну інформацією про інциденти [1]. На міжнародному рівні широко застосовуються стандарти ISO/IEC 27001:2022 і NIST Cybersecurity Framework, які визначають принципи побудови системи управління інформаційною безпекою [2, 3].

Особливої уваги потребує людський фактор, який часто є найслабшою ланкою в системах безпеки. Недостатній рівень обізнаності персоналу щодо базових принципів кібергігієни, використання слабких паролів, відсутність багатофакторної автентифікації та несвоєчасне оновлення програмного забезпечення — все це створює додаткові вектори для атак. У зв'язку з цим вкрай важливим є проведення регулярного навчання працівників, моделювання ситуацій соціальної інженерії (наприклад, фішингових атак), а також впровадження політик обмеження прав доступу за принципом найменших привілеїв [1].

Ще одним важливим напрямом розвитку є інтеграція штучного інтелекту в інструменти кіберзахисту. Сучасні алгоритми машинного навчання можуть автоматично виявляти невідомі типи атак за рахунок виявлення аномальних шаблонів поведінки користувачів та систем. Наприклад, ШІ використовується для створення адаптивних міжмережевих екранів (adaptive firewalls), які автоматично оновлюють свої правила на основі поточного трафіку. Також активно розвиваються системи прогнозування кіберзагроз з використанням великих обсягів телеметричних даних [2, 3].

Таким чином, забезпечення кіберзахисту критичної інформаційної інфраструктури потребує комплексного підходу, що поєднує технологічні рішення, нормативно-правову базу, підвищення цифрової грамотності персоналу, використання інноваційних методів аналізу та розширення міжгалузевої співпраці.

Література

1. Верховна Рада України (2017) *Закон України «Про основні засади забезпечення кібербезпеки України»*, №2163-VIII від 05.10.2017.
2. U.S. Department of Commerce (2018) *NIST Cybersecurity Framework (CSF). Version 1.1*, April 2018.
3. ISO/IEC 27001:2022. (2022) *Information security, cybersecurity and privacy protection — Information security management systems — Requirements*.

5

СЕКЦІЯ

***ВИКОРИСТАННЯ
ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
І ШТУЧНОГО
ІНТЕЛЕКТУ
В ОСВІТІ***

РОЗРОБЛЕННЯ ВЕБЗАСТОСУНКУ ДЛЯ ВИХОВАТЕЛЯ ДНЗ

Арзамасов А. М., Ліманська Н. В.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: limanskanv@nuft.edu.ua

Web Application Development for Kindergarten Teacher

A significant part of educators' work today is related to paper document management, manual recording of children's attendance, drawing up lesson plans, and other routine administrative processes. All these tasks take up valuable time that could be used for direct interaction with children. That is why the creation of a modern web application to automate the work of a teacher is a relevant direction in the development of information systems in the field of preschool education.

В умовах цифрової трансформації освіти питання підвищення ефективності управління освітнім процесом у дошкільних навчальних закладах (ДНЗ) набуває особливої актуальності. Значна частина роботи вихователів сьогодні пов'язана з паперовим документообігом, ручним обліком відвідування дітей, складанням планів занять та іншими рутинними адміністративними процесами.

Усі ці задачі забирають цінний час, який міг би бути використаний для безпосередньої взаємодії з дітьми. Крім того, ручна обробка даних збільшує ймовірність помилок, ускладнює аналіз інформації та не забезпечує її швидкий доступ. Саме тому створення сучасного вебзастосунку для автоматизації роботи вихователя є актуальним напрямом розвитку інформаційних систем у сфері дошкільної освіти.

Об'єктом дослідження є діяльність вихователя ДНЗ №21 м. Києва, яка включає виконання як педагогічних, так і організаційно-адміністративних функцій. У рамках роботи здійснено спостереження за поточними процесами, проведено інтерв'ю з вихователями та адміністрацією закладу для збору вимог до системи.

На основі зібраних даних розроблено логічну та фізичну моделі бази даних, визначено основні модулі системи: облік дітей, формування розкладу, ведення журналу відвідуваності, планування навчального процесу, управління інвентарем, а також створення звітів. Технічна реалізація вебзастосунку відбувалась з використанням Python, Flask, MySQL та Bootstrap. Застосунок має тришарову архітектуру: інтерфейс користувача (front-end), серверна логіка (back-end) та база даних. Всі компоненти системи взаємодіють між собою за допомогою API, що забезпечує гнучкість і масштабованість.

Крім основних функцій, вебзастосунок також включає механізм резервного копіювання даних, засоби автентифікації та реєстрації користувачів, журналізацію дій та простий інтерфейс керування ролями. Для підвищення рівня безпеки реалізовано валідацію форм введення, захист від SQL-ін'єкцій та

використання шифрування паролів користувачів. Користувачі можуть працювати з системою через звичайний браузер, що дозволяє вихователям отримувати доступ до функціоналу у будь-який час і з будь-якого пристрою, підключеного до мережі Інтернет.

Розроблена система дозволяє вихователям ефективно керувати всіма аспектами своєї роботи в одному середовищі. У системі реалізовані функції додавання, редагування та перегляду даних про дітей, формування електронного журналу відвідування, створення та редагування планів занять і активностей, облік матеріально-технічного забезпечення.

Користувачі можуть переглядати звіти у вигляді таблиць і графіків, що значно полегшує аналіз інформації. Система також дозволяє керівництву ДНЗ здійснювати моніторинг процесів у реальному часі. Було проведено пілотне впровадження вебзастосунку в ДНЗ №21. За результатами впровадження зафіксовано скорочення часу, витраченого на підготовку та обробку документації, на 60–70%. Якість зберігання та доступу до даних значно покращилась.

Система є адаптивною та доступною через браузер на різних пристроях, що дає змогу вихователям працювати як на робочому місці, так і віддалено. Впровадження цієї системи дозволило покращити взаємодію між вихователями та адміністрацією, а також забезпечило вищий рівень прозорості освітнього процесу. Користувачі відзначили інтуїтивність інтерфейсу та зручність роботи з електронними журналами і звітами.

Впровадження вебзастосунку дозволяє зменшити адміністративне навантаження на вихователів, покращити точність і доступність інформації, забезпечити прозорість у роботі з даними. Запропонований підхід до автоматизації може бути масштабований на інші типи освітніх установ. Отримані результати підтверджують доцільність впровадження подібних інформаційних систем як інструменту цифрової трансформації в галузі освіти. У перспективі можливе доповнення системи новими модулями, такими як мобільний додаток, аналітична панель для адміністрації або інтеграція з державними електронними реєстрами.

Література

1. *Офіційний сайт дошкільного навчального закладу №21 м. Києва* (2025) [online]. URL : <http://www.sadik21.com.ua>.
2. Міністерство освіти і науки України (2021) *Базовий компонент дошкільної освіти (Державний стандарт дошкільної освіти)*, нова редакція. К. : МОН, 38 с.
3. Чекан О. І. (2020). *Комп'ютерні технології в роботі з дітьми: опорні конспекти лекцій у схемах і таблицях з дисципліни «Комп'ютерні технології в роботі з дітьми» для студентів денної та заочної форми навчання спеціальність 012 «Дошкільна освіта»*. Мукачеве : МДУ, ч. 1, 126 с.

ПРО ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У СФЕРІ ОСВІТИ: ЗАГРОЗА ЧИ ДОПОМОГА?

Богуславський М. Ю., Гавриленко В. В., Василиченко І. В.

Національний транспортний університет, Київ, Україна

E-mail: maxbogus09@gmail.com

On the Artificial Intelligence in the Sphere of Education: Threat or help?

Artificial intelligence (AI) is increasingly integrated into education, transforming traditional approaches to learning. Today, AI-powered educational platforms are able to analyze student performance and offer personalized programs that take into account the peculiarities of each person's perception of information. This opens up new opportunities for adaptive learning, which allows each student to develop at their own pace, receiving support exactly where it is needed.

Штучний інтелект (ШІ) все більше інтегрується у сферу освіти, трансформуючи традиційні підходи до навчання. Сьогодні освітні платформи, підтримані ШІ, здатні аналізувати успішність учнів і пропонувати індивідуалізовані програми, що враховують особливості сприйняття інформації кожного. Це відкриває нові можливості для адаптивного навчання, яке дозволяє кожному учню розвиватися у власному темпі, отримуючи підтримку саме там, де вона потрібна.

Використання ШІ допомагає автоматизувати рутинні процеси: перевірку тестів, ведення журналів успішності, створення інтерактивних завдань. Відповідно, викладачі можуть більше зосереджуватися на творчих аспектах навчання та індивідуальній роботі з учнями. Також ШІ сприяє доступності освіти, відкриваючи можливість навчатися дистанційно та користуватися якісними освітніми ресурсами незалежно від місця проживання.

Разом із тим, розвиток ШІ в освіті викликає і певні побоювання. По-перше, існують ризики надмірної залежності від технологій, що може знизити критичне мислення та навички самостійного навчання. По-друге, є питання конфіденційності персональних даних учнів, які збирають освітні платформи на базі ШІ. По-третє, непередбачуваність рішень алгоритмів може призвести до помилок у оцінюванні чи рекомендаціях, що викликає етичні дискусії про відповідальність за результати.

Важливо також враховувати соціальні аспекти: чи не поглибить впровадження ШІ у навчання нерівність між учнями з різних соціальних та економічних верств, які мають різний доступ до технологій. Забезпечення рівних можливостей та етичне використання ШІ мають стати пріоритетом у розвитку освітніх систем.

Окрім цього, застосування ШІ у навчанні стимулює розвиток нових професій та навичок, які раніше не були популярними. Учні отримують змогу вивчати програмування, аналіз даних та основи роботи з алгоритмами, що стає важливою складовою сучасної освіти. Такі знання відкривають двері у світи

майбутніх технологій і допомагають готувати покоління до викликів цифрової епохи. ІІІ також сприяє міжнародній співпраці в галузі освіти, створюючи платформи, де учні з різних країн можуть обмінюватися знаннями та досвідом.

Водночас розвиток ІІІ в освіті вимагає постійного оновлення освітніх програм та методик викладання. Вчителі і викладачі повинні освоювати нові інструменти та підходи, щоб ефективно використовувати технології в навчальному процесі. Це створює виклики для системи професійної підготовки педагогів і змушує впроваджувати курси підвищення кваліфікації, які враховують інновації у сфері ІІІ.

Не менш важливою є роль суспільства у формуванні ставлення до ІІІ в освіті. Батьки, учні, освітяни та політики повинні вести відкритий діалог про переваги і можливі ризики використання ІІІ. Лише спільна відповідальність дозволить знайти оптимальний баланс між технологічним прогресом і етичними нормами.

Крім того, майбутнє ІІІ в освіті багато в чому залежить від розвитку інфраструктури: швидкісний інтернет, доступ до сучасних гаджетів і безпечних освітніх платформ. Тому розвиток технологій повинен йти в ногу з підвищенням якості технічного забезпечення навчальних закладів, щоб не залишати окремі регіони чи верстви населення позаду.

Також важливо враховувати, що ІІІ може сприяти інклюзивності в освіті, забезпечуючи підтримку для учнів з особливими освітніми потребами. Наприклад, технології розпізнавання голосу та автоматичного перекладу можуть допомогти дітям з порушеннями слуху або мовними бар'єрами краще засвоювати матеріал. Це робить освітній процес більш рівноправним і доступним для широкого кола учнів.

Водночас, розвиток ІІІ відкриває нові горизонти для досліджень у галузі педагогіки та психології навчання. Аналітика великих даних дає змогу краще розуміти, які методи викладання є найефективнішими, а також вчасно виявляти проблеми з мотивацією чи засвоєнням матеріалу у конкретних учнів. Це може значно покращити якість освіти та зробити її більш адаптованою до потреб кожного.

Проте, паралельно з цим зростає потреба у захисті особистих даних і забезпеченні кібербезпеки у навчальних системах, що використовують ІІІ. Важливо створити надійні механізми контролю за обробкою інформації, щоб уникнути зловживань і втрати довіри з боку користувачів.

Отже, ІІІ у сфері освіти може стати як потужним помічником, так і викликом для сучасного суспільства. Його переваги — у персоналізації навчання, автоматизації рутинних процесів та підвищенні доступності освіти. Проте, аби уникнути ризиків, пов'язаних із конфіденційністю, нерівністю та етичними проблемами, необхідно розробляти чіткі норми та стандарти використання ІІІ. Лише збалансований і відповідальний підхід дозволить максимально ефективно інтегрувати ІІІ у навчальний процес і зробити освіту якіснішою, доступнішою та сучаснішою. Важливо, щоби розвиток і впровадження ІІІ відбувалися з урахуванням думки всіх зацікавлених сторін.

МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ЕЛЕКТРОННИХ ЗАСОБАХ НАВЧАННЯ

Ботезат В. І.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна
E-mail: botezatvitalii@gmail.com

Application of Artificial Intelligence in Digital Learning Tools

Artificial intelligence (AI) is increasingly being used to improve digital education. AI-powered learning systems can personalize content, assess progress, and provide intelligent feedback. This paper discusses how AI technologies enhance the effectiveness of digital learning platforms, especially in the context of teaching data analytics.

Штучний інтелект (ШІ) поступово трансформує освітнє середовище, змінюючи традиційні підходи до організації навчального процесу. В епоху цифрової трансформації, коли зростає попит на дистанційне та змішане навчання, інтелектуалізація електронних освітніх ресурсів стає не просто бажаною, а необхідною умовою підвищення ефективності освіти. Зокрема, інструменти ШІ дозволяють автоматизувати ключові етапи навчання, адаптувати вміст до потреб конкретного здобувача освіти, забезпечувати моніторинг знань і прогнозувати освітню траєкторію [1].

Однією з найважливіших функцій ШІ у навчанні є персоналізація. Застосовуючи алгоритми машинного навчання, освітні платформи можуть визначати слабкі та сильні сторони студента, формувати індивідуальну траєкторію засвоєння матеріалу, а також рекомендувати ресурси для покращення результатів [2]. У складних дисциплінах, таких як аналітика даних, це особливо важливо — адже знання мають накопичувальний характер, і відчасно усунених прогалин залежить успіх подальшого навчання.

Ще одним поширеним прикладом застосування ШІ є автоматизоване оцінювання. Сучасні інтелектуальні системи здатні не лише перевіряти тести з одним варіантом відповіді, а й аналізувати розгорнуті відповіді, есе, програмний код. Використання обробки природної мови (NLP) дозволяє визначати семантичну відповідність відповіді, виявляти плагіат або шаблонність, а також надавати індивідуальні коментарі [3].

У контексті дипломного проекту «Розроблення електронного засобу навчання з дисципліни «Аналітика даних» було закладено основу для подальшої інтеграції ШІ. Зокрема, передбачається впровадження аналітичного модуля, який збиратиме дані про активність користувача, виявлятиме складні для засвоєння теми, а також автоматично формуватиме рекомендації. Окрім цього, у перспективі планується створення віртуального асистента, який допомагатиме студенту в реальному часі, реагуючи на запитання щодо теоретичного матеріалу чи структури курсу [4].

Інтелектуальні навчальні системи також забезпечують викладачів важливою інформацією: формуються дашборди з аналітикою успішності, темпів навчання, статистики проходження тестів тощо. Це дає можливість оперативно реагувати на проблеми, а також проводити якіснішу педагогічну діагностику [5].

Перспективним напрямом є впровадження генеративних мовних моделей, таких як GPT, у навчальний процес. Вони дозволяють створювати тести, пояснення, приклади та моделювати ситуації відповідно до стилю мислення студента. Такі інструменти виконують роль віртуального тьютора та підтримують принцип «навчання на вимогу» [6].

Водночас впровадження ІІІ в освітні середовища супроводжується низкою викликів. Передусім це етичні питання: конфіденційність даних, прозорість алгоритмів, виключення дискримінаційних моделей. Важливою є і проблема якості вхідного контенту: алгоритми працюють ефективно лише за умови якісної навчальної бази. Не менш значущими є технічні бар'єри — складність інтеграції інтелектуальних модулів у застарілі освітні системи, потреба в підготовці персоналу, модернізація інфраструктури [1; 3; 6].

Узагальнюючи, можна зробити висновок, що ІІІ має потужний потенціал для трансформації освіти. Він дає змогу створити дійсно адаптивне, ефективне та орієнтоване на результат середовище навчання. Особливо вагомим є застосування інтелектуальних технологій у сферах, де потрібне критичне мислення, послідовне опрацювання матеріалу та гнучкість — як у випадку аналітики даних. Подальші дослідження мають бути спрямовані на інтеграцію ІІІ у повноцінні навчальні екосистеми, оцінку ефективності таких рішень та розробку етичних рамок їх використання.

Література

1. Alhassan R. (2022) Artificial Intelligence in E-learning: Benefits and Challenges, *Education and Information Technologies*, vol. 27, № 2, pp. 1245–1265.
2. Roll I., Wylie R. (2016) Evolution and Revolution in Artificial Intelligence in Education, *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, no. 26(2), pp. 582–599.
3. Holstein K., McLaren B. M., Aleven V. (2019) Co-Designing a Real-Time Classroom Orchestration Tool to Support Teacher–AI Complementarity, *Artificial Intelligence in Education*, pp. 203–217.
4. Михайленко О. С., Крутько О. П. (2021) Інтелектуальні навчальні системи: стан і перспективи розвитку, Інформаційні технології і засоби навчання, № 2(82), с. 76–90.
5. Тютюнник С. В. (2021) Перспективи впровадження інтелектуальних технологій в освітнє середовище, *Інформаційні технології і засоби навчання*, № 1(81), с. 112–122.
6. Kasneci E., Schmitt L., Becker M. Et al. (2023) ChatGPT for Good? On Opportunities and Challenges of Large Language Models for Education, *Learning and Individual Differences*, № 103, p. 102274.

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В НАВЧАННІ З ДОТРИМАННЯМ АКАДЕМІЧНОЇ ДОБРОЧЕСНОСТІ

Дядченко А. О.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: DiadchenkoAO@nuft.edu.ua

Using artificial intelligence in education with academic integrity

Artificial intelligence can enhance learning through personalization, self-testing, and critical thinking. However, it also poses risks like plagiarism, skill degradation, and overreliance on answers. Responsible AI use aligned with academic integrity is essential.

Використання штучного інтелекту (надалі — ШІ) в навчанні сьогодні стає все більш поширеним серед студентів. Проте, на жаль, більшість користувачів застосовують ШІ неправильно: вони формулюють запит, копіюють відповідь і здають її без критичного аналізу, що суперечить принципам академічної доброчесності [1].

Виникає нагальна потреба навчити студентів використовувати ШІ як інструмент допомоги, а не як джерело готових рішень.

Однією з головних загроз неправильного застосування ШІ є поширення плагіату та використання недостовірної інформації, що порушує Кодекс академічної доброчесності. Як показує аналіз [3], неконтрольоване використання ШІ може призводити до деградації академічних навичок, зниження якості освіти та збільшення ризику професійної некомпетентності.

Мета цього дослідження полягає у тому, щоб проаналізувати, як ШІ може підтримувати активні методи навчання, підвищуючи ефективність освіти без порушення принципів академічної доброчесності. Акцент зроблено на тому, що ШІ — це не ворог, а потенційно потужний союзник викладачів та студентів, якщо правильно інтегрувати його у навчальний процес.

ШІ відкриває нові можливості для реалізації активних методів навчання [2, с. 33–50; 4], замінюючи або доповнюючи роль репетитора. Він доступний 24/7, здатен багаторазово пояснювати матеріал, адаптуватись до стилю навчання студента та підлаштовуватись під його власний темп.

Як зазначає Улаф Шеє у книзі «Суперстудент» [4], індивідуалізоване навчання, що враховує потреби конкретного учня, є основою ефективного засвоєння знань. ШІ може виступати як «партнер» у групових або парних активностях: з ним можна проводити дебати, дискусії, або ж імітувати ситуації навчання інших, коли студент пояснює тему боту, а той оцінює повноту й точність викладу. Такий підхід підтримує принципи активного навчання, зокрема обговорення, симуляції, практичні приклади та взаємодію.

ШІ також сприяє глибшому розумінню матеріалу через доступ до інформаційних ресурсів і вміння працювати з навчальними текстами. Якщо

студент надає методички, лекції чи конспекти, інструменти ІІІ можуть їх структурувати, скорочувати, узагальнювати або перетворювати на ментальні карти, діаграми та таблиці, що відповідає принципам візуалізації знань у когнітивному навчанні. ІІІ здатен автоматично створювати запитання та тести, аналізувати відповіді і виявляти слабкі місця у знаннях студента, що дає змогу оперативно їх коригувати. Це робить ІІІ ефективним інструментом для самоперевірки та самонавчання.

Окрім цього, ІІІ дає студенту доступ до однієї з найбільших світових бібліотек — інтернету, допомагаючи не лише знайти необхідну інформацію, а й подати її у зручній формі для конкретного користувача. Студент може звертатися до ІІІ із запитом на будь-яку тему, що робить процес навчання гнучким і орієнтованим на запити.

Таким чином, використання ІІІ у навчанні — це не лише технічна зручність, а й стратегія підвищення якості освіти. На відміну від сліпого копіювання відповідей, робота з ІІІ за активною моделлю сприяє розвитку критичного мислення, глибшому засвоєнню знань і формуванню навичок, які можна застосувати у нових, неочікуваних ситуаціях.

Попри численні переваги, використання ІІІ в навчанні має й низку серйозних ризиків, які не можна ігнорувати. Найбільш очевидна небезпека це бездумне копіювання відповідей, створених ІІІ. Такий підхід нівелює сам процес навчання: студент не аналізує, не мислить і, відповідно, не розвиває ані знання, ані навички.

Як наслідок, відбувається поступова втрата здатності до критичного мислення, самостійного розв'язання задач і формування фахової компетентності. Це може призвести до появи покоління фахівців, які не зможуть діяти без опори на зовнішні джерела або автоматизовані системи.

Іншим критичним обмеженням є відсутність у ІІІ емпатії. На відміну від живого вчителя або наставника, ІІІ не здатен відчути емоційний стан студента, його втому чи демотивацію. Це означає, що ІІІ не може адаптувати темп чи стиль навчання до моментів вигорання, психологічного виснаження або зниження концентрації. Така емоційна «сліпота» не лише знижує ефективність навчання, а й може загрожувати психічному благополуччю студента при інтенсивному навантаженні.

Ще одним ризиком є звикання до плагіату. Якщо студент систематично отримує «готові» відповіді без жодної відповідальності чи наслідків, формується звичка обходити мислення як таке. Це породжує «навчену безпорадність», коли навіть прості завдання не виконуються без допомоги зовнішніх інструментів. Така ситуація загрожує як якості освіти, так і майбутньому ринку праці.

Крім того, ІІІ не є гарантованим джерелом достовірної інформації. Через відсутність у більшості моделей доступу до актуальної наукової бази або правильних посилань, іноді він може видавати помилкову або застарілу інформацію. Однак цей ризик можна подолати: студент має набути звички перевіряти джерела та просити ІІІ вказувати, на які матеріали він спирається.

Така практика, у свою чергу, сприяє розвитку критичного мислення та інформаційної грамотності.

Етичне використання ШІ у навчанні передбачає передусім те, що студент застосовує ШІ не для механічного копіювання відповідей, а для глибшого розуміння матеріалу. Коректним вважається використання ШІ для тренування, отримання пояснень, генерації тестів, формування прикладів та перевірки знань.

Натомість некоректним є привласнення згенерованих ідей чи готових текстів без осмислення або посилань на джерело. Саме студент повинен аналізувати, змінювати й адаптувати отриману інформацію, перетворюючи її на власні знання та вміння.

ШІ може стати потужним інструментом у процесі навчання, якщо виступає не як «виконавець», а як інтелектуальний асистент. Його роль це підтримка студента, а не заміна його мислення. Тому так важливо навчити майбутніх фахівців навичкам критичного оцінювання інформації, перевірки джерел, відповідального використання інструментів ШІ.

Головний висновок полягає в тому, що ШІ це чудовий інструмент у правильних руках. Його сила у підтримці самонавчання, активного засвоєння знань і розвитку творчого потенціалу.

Заборона ШІ в освіті лише обмежить можливості студентів, тоді як навчання правильному використанню (включно з основами prompt-менеджменту) розкриє нові горизонти як для здобувачів освіти, так і для викладачів.

Якщо більшість користувачів навчиться розумно інтегрувати ШІ у власний освітній процес, це забезпечить швидке, якісне та гнучке навчання будь-яким навичкам і знанням. А це, своєю чергою, сприятиме не лише професійному зростанню, а й формуванню успішних, самостійних і мислячих особистостей.

Література

1. Верховна Рада України (2018) *Лист № 1/9-650. Щодо рекомендацій з академічної доброчесності для закладів вищої освіти* [online]. URL : https://zakononline.com.ua/documents/show/124272___124272.
2. E. J. A. (1991) *Active learning: creating excitement in the classroom*, Washington, DC. School of Education and Human Development, George Washington University, 1991. 104 p.
3. Rodrigues M. et al. (2024) *Kybernetes Artificial intelligence: threat or asset to academic integrity? A bibliometric analysis* [online]. URL : <https://doi.org/10.1108/k-09-2023-1666>.
4. Schewe O. (2014) *Superstudent*. Oslo : Universitetsforlaget, 178 p.

СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЯ МЕТОДИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ MIND MAPPING

Зубрецька Н. А., Корбецька Н. К.

Національний транспортний університет, Київ, Україна

E-mail: zubr2767@gmail.com

Systematization and Visualization of Methodological Support of the Educational Process Using Mind Mapping Technologies

The advantages of using intellectual maps for visualization and structuring of methodological support of the educational process are substantiated: the possibility of quick and holistic perception of the structure of the OP, its logic, connections between disciplines and competencies, transparency of the educational process, convenience of planning updates and making changes to the OP, identification of duplication of content, shortcomings to increase the compliance of the educational process with the current requirements of the IT industry.

Сучасні вимоги до методичного забезпечення освітнього процесу закладів вищої освіти України, що регламентуються широким переліком державних і галузевих нормативно-правових документів, обумовлюють необхідність розробки та регулярного оновлення великого обсягу навчально-методичної документації, починаючи від нормативної бази ЗВО, освітніх програм (ОП), навчально-методичних комплексів (НМК) їх компонентів, до форм звітності за результати навчання. Традиційні способи підготовки методичного забезпечення у вигляді текстових документів, таблиць або списків уповільнюють їх оновлення та ускладнюють розуміння логіки побудови освітнього процесу, не дають можливості швидко побачити взаємозв'язки між дисциплінами, компетентностями і результатами навчання, які формуються в процесі навчання. Такий формат ускладнює цілісне сприйняття інформації, не дозволяє легко орієнтуватися у взаємозв'язках між темами і не сприяє ефективному аналізу ОП — здобувач не бачить логічних зв'язків між курсами, а викладачам важко швидко і системно оцінити логічну структуру ОП, зміст її компонентів, виявити дублювання, прогалини або логічні невідповідності.

Характерною особливістю процесу підготовки фахівців з інформаційних технологій є необхідність врахування швидкозмінних вимог ІТ-ринку до їх компетентностей. При цьому оновлення НМК у традиційній текстовій формі ускладнене, оскільки навіть незначні зміни потребують одночасного редагування документів різними виконавцями, що збільшує ризик помилок, знижує гнучкість планування та ускладнює модернізацію ОП. Отже існує потреба у нових підходах до систематизації та візуалізації методичного забезпечення ОП. Одним із перспективних рішень є використання технологій Mind Mapping для побудови інтелектуальних карт, які дозволяють структурувати інформацію у наочній і логічно зв'язаній формі, що полегшить

сприйняття навчального плану, сприяє його ефективному аналізу, оновленню та адаптації до сучасних вимог ринку праці.

Аналіз вимог Стандарту вищої освіти України для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 121 «Інженерія програмного забезпечення», нормативних документів освітнього процесу Національного транспортного університету і змісту ОП «Інженерія програмного забезпечення» показав недоліки текстової візуалізації її змісту та взаємозв'язків між структурними елементами (табл. 1) [1].

Табл. 1. Порівняльна характеристика традиційного текстового представлення методичного забезпечення ОП та візуалізації у вигляді інтелектуальних карт

Критерій	Традиційне текстове представлення	Інтелектуальні карти
Сприйняття інформації	Ускладнює через фрагментарність та відсутність зв'язків	Легке сприйняття чітких візуальних зв'язків між елементами
Аналіз структури програми	Потребує глибокого аналізу тексту, складно оцінити зв'язки між дисциплінами	Швидкий і ефективний аналіз, зв'язки між дисциплінами видно відразу
Оновлення інформації	Часозатратне, потребує редагування синхронного документа	Швидке оновлення, одночасні зміни версій
Гнучкість і адаптивність	Обмежена гнучкість, зміни довго впроваджувати в програму	Висока гнучкість, адаптація до нових вимог
Виявлення проблем	Може бути складним і вимагати детального перегляду програми	Ідентифікація дублювання, прогалин та неузгодженості
Комунікація учасників	Може бути ускладнена через відсутність візуальних зв'язків	Покращена комунікація завдяки чітким візуальним елементам

У результаті аналізу сучасних технологій Mind Mapping визначено їхні переваги і недоліки з огляду на доступність безкоштовного та ліцензованого використання, можливості кастомізації, доступу з будь-якого пристрою, підтримку спільної роботи та експорту, а також використання широкого переліку шаблонів і функцій штучного інтелекту. Обґрунтовано переваги використання інтелектуальних карт для структуризації та візуалізації змісту ОП, МНК дисциплін, актуалізації форм і методів навчання, удосконалення командної роботи викладачів над змістом ОП [2]:

- покращення сприйняття, засвоєння інформації здобувачами, розуміння логіки навчання через візуалізацію зв'язку компетентностей і дисциплін;
- підвищення ефективності аналітики збалансованості ОП, дублювання змісту її компонентів, ідентифікації прогалин формування компетентностей з метою забезпечення гнучкості та адаптації ОП до актуальних вимог ІТ-галузі;
- зручність внесення змін до ОП: універсальність представлення її елементів і спільний доступ до редагування спрощує

координацію між викладачами, дозволяє інтегрувати новітні технології та методики викладання.

За допомогою Coggle побудовано структурно-логічну схему ОП «Інженерія програмного забезпечення» (рис. 1):

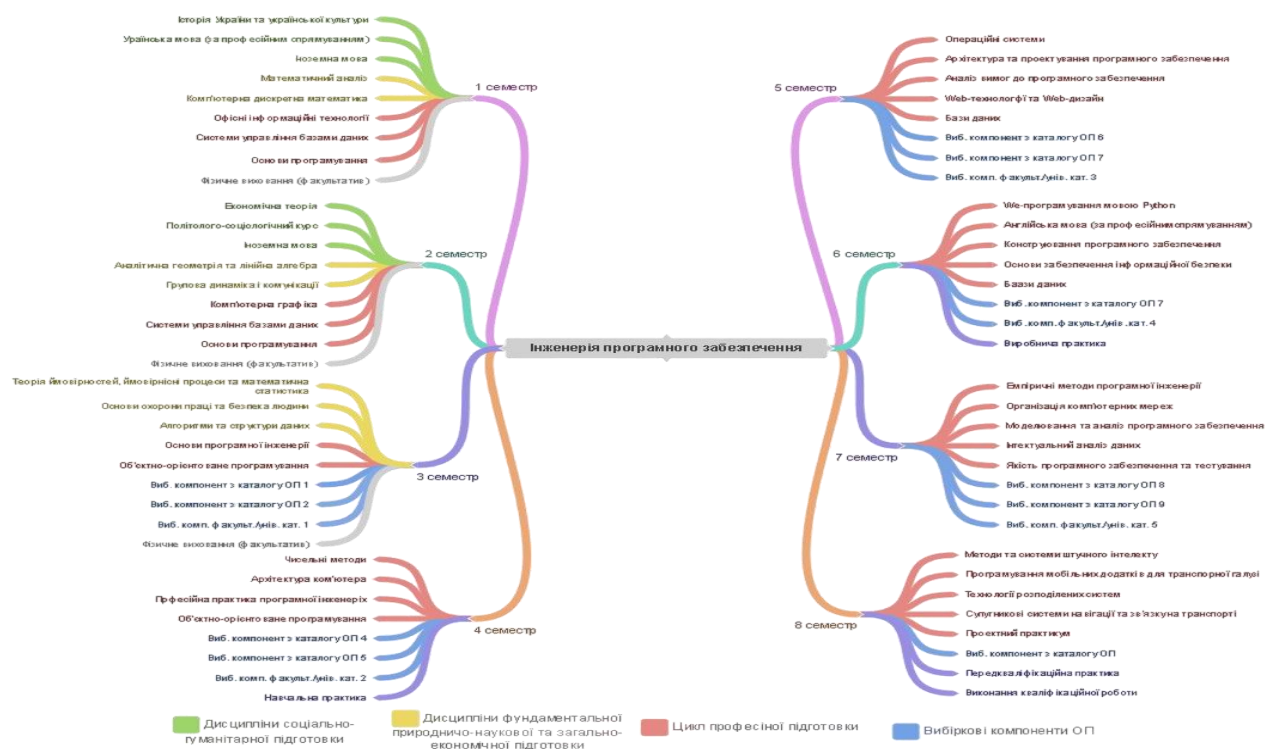


Рис. 1. Інтелектуальна карта ОП «Інженерія програмного забезпечення»

Використання інтелектуальних карт дозволяє вирішити низку проблем, пов'язаних із традиційним представленням методичного забезпечення: можливість швидкого і цілісного сприйняття структури ОП, її логіки, зв'язків між дисциплінами і компетентностями, підвищується прозорість освітнього процесу, зручність планування оновлень і внесення змін в ОП, ефективний аналіз МНК дисциплін з метою виявлення дублювання змісту, недоліків та можливостей для вдосконалення та підвищення відповідності освітнього процесу актуальним вимогам ІТ-галузі.

Література

1. НТУ (2024) *Інженерія програмного забезпечення*: освіт.-проф. прогр. першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спец. 121 Інженерія програмного забезпечення галузі знань 12 Інформаційні технології [online] URL : http://vstup.ntu.edu.ua/osvitprog/FTIT/121IPZ_2024.pdf.
2. Зубрецька Н., Корбецька Н. (2025). Структурне моделювання освітніх програм підготовки фахівців з інформаційних технологій з використанням інтелектуальних карт, *91 Міжнар. наук. конф. молодих учених, аспірантів і студ. «Наукові здобутки молоді — вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті»*, 7–11 квіт. 2025 р. К. : НУХТ, ч. 2, с. 401.

ПЕРСОНАЛІЗОВАНЕ НАВЧАННЯ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Лихошва М. Р., Грибков С. В.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: marialihoshva2004@gmail.com

Personalised training based on artificial intelligence technologies

Artificial intelligence transforms education by offering personalized learning paths, adaptive feedback, and intelligent course recommendations. While AI enhances flexibility and engagement, its integration requires careful attention to data security, ethics, and technological accessibility.

Трансформація освітньої сфери суттєво зумовлена інтеграцією цифрових технологій. Ключову роль тут відіграє штучний інтелект (ШІ), який забезпечує персоналізацію навчального процесу. Аналіз масштабних даних про активність студентів дає змогу ШІ розробляти індивідуалізовані освітні траєкторії.

Перспективним напрямом використання ШІ є розвиток адаптивних навчальних середовищ, здатних у реальному часі діагностувати рівень засвоєння знань, ідентифікувати індивідуальні прогалини та коригувати навчальний контент. Яскравим прикладом є платформа Knewton, яка заснована на аналізі результатів виконання завдань, часових показників їх розв'язання та поведінкових паттернів студентів. На підставі отриманих даних система оптимізує подальший навчальний матеріал, акцентуючи увагу на аспектах, що потребують додаткового опрацювання.

У традиційній системі освіти часто ігнорується індивідуальна динаміка засвоєння знань, тоді як ШІ дозволяє створювати унікальні навчальні програми для кожного користувача. Так, платформа Duolingo застосовує методи машинного навчання для виявлення тем, які вимагають інтенсифікації вивчення. У разі систематичних помилок у певних розділах алгоритм адаптує зміст занять, збільшуючи частоту вправ на відповідні теми. Такий підхід сприяє ефективнішому закріпленню знань та підвищує мотивацію до навчання.

У сучасному світі освіта переживає суттєві зміни завдяки впровадженню цифрових технологій. Одним із найпотужніших інструментів став ШІ, який може персоналізувати навчання. Завдяки аналізу великих обсягів даних про активність студентів, ШІ дозволяє сформувати індивідуальні освітні програми.

Одним із напрямів застосування ШІ є створення адаптивних навчальних платформ, здатних у реальному часі оцінювати рівень знань студента, тобто виявляти його сильні та слабкі сторони та оперативно змінювати програму навчання. Прикладом такої системи є Knewton, яка аналізує результати виконання завдань, час їх вирішення та особливості поведінки студентів у процесі вивчення матеріалу. На основі зібраних даних платформа персоналізує

подальший навчальний контент, спрямовуючи увагу студента на ті аспекти, які потребують додаткового опрацювання.

Традиційна освітня система часто не враховує різницю у швидкості засвоєння матеріалу серед різних студентів. Завдяки ІІІ стало можливим створення унікальних програм навчання для кожного користувача. Наприклад, Duolingo використовує технології машинного навчання для визначення тем і завдань, які потребують більше уваги. Якщо студент допускає помилки у певних розділах, система частіше пропонує вправи саме на ці теми. Це сприяє глибшому закріпленню знань і формує мотивацію до подальшого навчання.

Сучасні дослідження в галузі освітніх технологій виокремлюють інтелектуальні рекомендаційні системи як один із найперспективніших напрямів застосування ІІІ в освіті. Ці системи базуються на складних алгоритмах машинного навчання, які здійснюють комплексний аналіз багатовимірних даних про навчальну активність, академічні досягнення та особистісні характеристики студентів. Завдяки використанню передових методів обробки даних, таких як глибинне навчання (deep learning) та аналіз поведінкових паттернів, системи здатні виявляти скриті закономірності у навчальній діяльності та формувати високоточні прогностичні моделі.

Яскравим прикладом вдалої реалізації таких технологій є Coursera, яка інтегрує кілька типів рекомендаційних алгоритмів. Система аналізує не лише історію проходження курсів конкретним користувачем, а й враховує глобальні тенденції на ринку праці, що дозволяє пропонувати оптимальні траєкторії професійного розвитку. Особливістю таких систем є їхня здатність до постійного вдосконалення: чим більше даних про навчальні уподобання аналізується, тим точнішими стають рекомендації. Це створює ефект позитивного зворотного зв'язку, коли якість персоналізації постійно зростає.

Важливим аспектом сучасних освітніх технологій є реалізація механізмів миттєвого зворотного зв'язку, які кардинально трансформують процес самостійного навчання. Такі системи, як Socratic від Google, використовують передові методи обробки природної мови та комп'ютерного зору для аналізу навчальних запитів. Відмінною рисою цих систем є не просто надання правильних відповідей, а концепція «навчання через пояснення», коли є докладні роз'яснення кожного кроку розв'язання задачі. Це сприяє глибокому концептуальному розумінню матеріалу замість механічного запам'ятовування.

Аналіз сучасних освітніх платформ демонструє, що впровадження ІІІ призводить до якісних змін у організації навчального процесу. Найважливішою перевагою є реалізація індивідуалізованого підходу, який враховує не лише поточний рівень знань, а й когнітивні особливості, темп засвоєння інформації та професійні орієнтації кожного студента. Це досягається завдяки постійному моніторингу навчальної діяльності та аналізу великих масивів даних.

Друга суттєва перевага — гнучкість навчального процесу, можливість адаптації навчального вмісту до індивідуальних потреб. Студенти отримують змогу працювати в оптимальному темпі, що важливо при формуванні навичок у сфері STEM-дисциплін, де традиційні методи часто недостатньо ефективні.

Третім ключовим аспектом є інтерактивність навчального середовища.

Це досягається завдяки миттєвому зворотному зв'язку. Він не лише підвищує мотивацію до навчання, а й створює умови для формування саморегульованого навчання, коли студент може самостійно оцінювати свій прогрес і корегувати навчальну траєкторію. Доступність адаптивних освітніх ресурсів, які постійно вдосконалюються на основі аналізу даних, відкриває нові можливості для створення персоналізованих освітніх середовищ, що відповідають вимогам сучасної цифрової епохи.

Впровадження ІІІ в освітню сферу, попри свої численні переваги, супроводжується низкою суттєвих викликів, які потребують ретельного наукового аналізу та комплексного підходу до їх подолання. Найбільш актуальним з них є питання захисту конфіденційності та безпеки персональних даних, оскільки сучасні освітні системи на базі ІІІ передбачають збір, обробку та аналіз великих масивів чутливої інформації про навчальну діяльність, особистісні характеристики та академічні досягнення студентів. Це створює потенційні ризики, пов'язані з можливими порушеннями конфіденційності, несанкціонованим доступом або навіть зловживанням даними, що потребує розроблення спеціалізованих механізмів захисту інформації і чіткого регулювання на законодавчому рівні.

Не менш важлива проблема потенційної упередженості алгоритмів, яка може проявлятися у формуванні нерівномірних освітніх траєкторій для різних соціальних груп. Дослідження показують, що алгоритми машинного навчання можуть успадковувати та посилювати соціальні упередження, присутні у тренувальних даних, що призводить до дискримінаційних результатів для окремих категорій студентів. Це вимагає ретельного моніторингу роботи алгоритмічних систем, застосування методів виявлення та усунення упереджень, а також розробки етичних стандартів у сфері освітнього ІІІ.

Технічна інфраструктура становить ще одну суттєву перешкоду для широкого впровадження ІІІ в освітній процес. Ефективне функціонування сучасних інтелектуальних систем вимагає потужних обчислювальних ресурсів, стабільного інтернет-з'єднання та спеціалізованого програмного забезпечення, доступність яких у багатьох навчальних закладах, особливо в регіонах з обмеженим фінансуванням, залишається недостатньою. Це створює ризик поглиблення цифрової нерівності та обмеження доступу до інноваційних освітніх технологій для окремих груп студентів.

Незважаючи на ці виклики, потенціал ІІІ для трансформації освітньої сфери є надзвичайно значним. Технології ІІІ відкривають нові можливості для створення адаптивних, персоналізованих та високоефективних систем навчання, здатних враховувати індивідуальні особливості кожного студента. Вони дозволяють реалізувати принципи гнучкої освіти, де навчальний процес адаптується під конкретні потреби, здібності та темп засвоєння матеріалу, що значно підвищує якість освіти в цілому.

Проведений аналіз свідчить, що інтеграція ІІІ в освітній простір відкриває значні перспективи для якісної трансформації сучасних навчальних процесів. Дослідження демонструють, що технології ІІІ здатні радикально змінити традиційні парадигми освіти, запропонувавши принципово нові

підходи до організації навчального середовища. Найперспективнішими напрямками є розвиток адаптивних навчальних систем, які за рахунок аналізу великих масивів даних можуть забезпечити високий рівень персоналізації.

Сучасні системи на базі ШІ демонструють здатність до створення динамічних освітніх траєкторій, які враховують не лише академічні здібності студентів, а й їх когнітивні особливості, індивідуальний темп засвоєння матеріалу та професійні орієнтації. Це дозволяє реалізувати концепцію «навчання, орієнтованого на учня», де освітній процес адаптується під конкретні потреби кожної окремої особистості. Особливо важливо, що такі системи здатні забезпечити безперервний моніторинг прогресу й оперативну корекцію навчальних стратегій.

Однак ефективне впровадження цих технологій вимагає ретельного врахування низки критично важливих факторів. Технічний аспект передбачає необхідність створення надійної інфраструктури, яка включає потужні обчислювальні ресурси, якісні навчальні матеріали у цифровому форматі та ефективні системи збору та обробки даних. При цьому особливу увагу слід приділяти питанням кібербезпеки та захисту конфіденційної інформації, оскільки освітні системи обробляють великі обсяги персональних даних.

Етична складова ШІ в освіті потребує розроблення чітких нормативних рамок, які б регулювали питання алгоритмічної прозорості, запобігання дискримінації і надання рівного доступу до освітніх можливостей. Дослідження свідчать, що без належного контролю алгоритми машинного навчання можуть відтворювати і посилювати існуючі соціальні нерівності, що робить необхідним впровадження механізмів моніторингу та корекції роботи систем ШІ.

Соціальний вимір цієї проблематики передбачає необхідність підготовки педагогічних кадрів, здатних ефективно використовувати нові технології у навчальному процесі. Це вимагає розробки спеціальних програм професійного розвитку, спрямованих на формування цифрової компетентності викладачів та їх здатності до інтеграції інноваційних рішень у педагогічну практику.

Майбутнє освіти в умовах цифрової трансформації полягає у знаходженні оптимального балансу між технологічними можливостями та соціальною відповідальністю. Лише комплексний підхід, що поєднує передові технологічні рішення з ретельним аналізом їх соціальних наслідків, може забезпечити створення справді інклюзивної та ефективної освітньої системи, яка повинна поєднувати переваги персоналізованого навчання з принципами соціальної справедливості, надаючи рівні можливості всім учасників освітнього процесу незалежно від соціального статусу, місця проживання чи інших характеристик.

Література

1. Coursera (2024) *Coursera* [online]. URL : <https://www.coursera.org/>
2. Duolingo (2024) *Duolingo* [online]. URL : <https://www.duolingo.com/>
3. Wiley (2024) *Alta by Knewton* [online]. URL : <https://www.wiley.com/en-us/education/alta>
4. Google (2024) *Socratic* [online]. URL : <https://lens.google/#homework>

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ДІЯЛЬНОСТІ ЗАКЛАДІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Нечипоренко О. В., Гудзенко О. Ю.

Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

E-mail: o.nechyporenko@chdtu.edu.ua

Prospects for the Development of Artificial Intelligence in the Activities of Higher Educational Institutions

Modern Ukrainian education is at the stage of active digital transformation, where artificial intelligence is becoming a powerful tool that changes approaches to organizing the educational process, allows implementing personalized educational trajectories, automating routine teacher tasks, conducting analytics of the educational process, and providing real-time feedback. Possible areas of use, basic methods and technologies for implementing artificial intelligence in education are considered. The prospects for artificial intelligence in higher education institutions are associated with the development of interdisciplinary interaction, the growth of demand for new specialties and competencies, and the need to form digital literacy of students and teachers.

Сучасна українська освіта перебуває на етапі активної цифрової трансформації, що є ключовою складовою втілення концепції Державної стратегії цифрової трансформації до 2030 року [1].

У сучасному світі цифрових трансформацій штучний інтелект (ШІ) стає потужним інструментом, що змінює підходи до організації освітнього процесу. Актуальність використання ШІ в освіті зумовлена потребою в індивідуалізації навчання, підвищенні його ефективності, доступності та якості. Зі зростанням обсягів інформації традиційні методи навчання не забезпечують достатнього рівня залучення, мотивації і адаптації до потреб кожного здобувача освіти.

Міністерство освіти і науки та Міністерство цифрової трансформації України спільно з експертами розробили рекомендації щодо відповідального використання ШІ в закладах вищої освіти [2].

ШІ дозволяє реалізувати персоналізовані освітні траєкторії, автоматизувати рутинні завдання викладача, здійснювати аналітику навчального процесу та забезпечувати зворотний зв'язок у режимі реального часу. Таким чином, інтеграція ШІ в освіту є не лише технологічною інновацією, а й необхідною умовою модернізації освітнього середовища.

Українські вчені досліджують проблеми використання систем ШІ в галузі освіти. Методологічні підходи формування і розвитку грамотності у галузі ШІ як складової цифрової компетентності висвітлене у роботах М. Мар'єнко, С. Семерікова, О. Маркової. Наукове обґрунтування можливостей та потенціалу систем ШІ у освітній сфері подано вченими В. Коваленко, М. Мар'єнко, В. Осадчим. Теоретичні, практичні та методологічні основи у проєктуванні систем ШІ розглядають у своїх роботах Д. Лубко та С. Шаров. Також є багато досліджень проблеми використання систем ШІ в освіті, що здійснюють вчені

зарубіжжя, зокрема Е. Постма, А. Нанне, М. Антеуніс, С. Вуббен, Г. Аль Муршиді, А. Капуза, Т. Хагендорф та ін. Результати досліджень доводять, що системи ІІІ мають високий потенціал використання у освіті, та потребують дослідження [3].

Штучний інтелект — це набір технологічних рішень, що дозволяють імітувати людські когнітивні функції, зокрема самонавчання і пошук рішень без заздалегідь визначених алгоритмів [1].

Можливі напрямки використання ІІІ в освіті:

1. Персоналізоване навчання (ІІІ аналізує навчальний прогрес здобувачів і формує індивідуальні маршрути з урахуванням сильних і слабких сторін).

2. Інтелектуальні тьютор-системи (віртуальні помічники можуть замінити або доповнити викладача, надаючи пояснення, рекомендації та тестування).

3. Автоматизація оцінювання знань (системи на основі ІІІ можуть автоматично перевіряти тести, звіти, роботи і давати зворотний зв'язок).

4. Аналітика даних про навчання (збір і аналіз великих масивів освітніх даних допомагає прогнозувати успішність, виявляти ризики відставання і оптимізувати освітні програми).

5. Системи адаптивного навчання (платформи змінюють рівень складності та тип завдань залежно від відповіді користувача).

6. Асистенти для викладачів (генерація навчального контенту, підготовка завдань, пошук джерел — усе це може бути частково делеговано ІІІ).

Основні методи та технології реалізації ІІІ в освіті:

1. Машинне навчання (Machine Learning). Застосовується для створення адаптивних систем, передбачення результатів, класифікації рівня знань.

2. Обробка природної мови (NLP). Використовується в чат-ботах, віртуальних помічниках, автоматичному аналізі текстових відповідей.

3. Комп'ютерний зір (Computer Vision). Для моніторингу уваги здобувачів, розпізнавання емоцій, оцінки невербальної взаємодії під час занять.

4. Генеративні моделі (наприклад, GPT). Створення текстів, завдань, пояснень, перекладів та інших освітніх матеріалів.

5. Системи рекомендацій (Recommendation Systems). Допомагають у виборі курсів, ресурсів, завдань відповідно до інтересів та рівня підготовки здобувача освіти.

Інтеграція ІІІ у вищу освіту відкриває широкі горизонти трансформації академічного процесу, управління та наукової діяльності. Заклади вищої освіти, як центри генерації знань, можуть стати лідерами у впровадженні інноваційних підходів до навчання та досліджень за допомогою ІІІ.

Перспективні напрямки розвитку ІІІ в діяльності закладів вищої освіти:

1. Інтелектуалізація освітнього середовища. Створення «розумних кампусів», де ІІІ аналізує поведінкові та навчальні дані здобувачів вищої освіти для автоматичної адаптації навчальних матеріалів, управління ресурсами та покращення добробуту здобувачів освіти.

2. Персоналізація академічних маршрутів. Індивідуалізоване планування навчальних планів, формування рекомендацій щодо вибору дисциплін, тем наукових робіт і можливостей для академічної мобільності з урахуванням

профілю, інтересів і успішності здобувача вищої освіти.

3. Розширення можливостей змішаного та дистанційного навчання. ШІ забезпечує підтримку навчання в режимі 24/7, інтерактивні платформи з елементами гейміфікації, автоматизовану підтримку та аналіз залученості здобувачів вищої освіти.

4. Удосконалення систем забезпечення якості освіти. Застосування ШІ для аналізу результатів навчання, оцінки ефективності викладачів, моніторингу виконання освітніх програм та підвищення якості внутрішнього контролю.

5. Інновації в науково-дослідній діяльності. Автоматизований аналіз наукових джерел, побудова моделей для симуляцій, прогнозування трендів у галузі, допомога у підготовці наукових текстів (формулювання гіпотез, структуризація, переклад, пошук релевантної літератури).

6. Етика, академічна доброчесність і цифрова безпека. Розробка систем на основі ШІ для виявлення плагіату, генерованого контенту, а також впровадження етичних стандартів у взаємодії між здобувачами, викладачами та інтелектуальними системами.

7. Профорієнтація та кар'єрне консультування. Системи прогнозування кар'єрної успішності на основі аналізу освітнього та поведінкового профілю, рекомендації щодо стажувань, працевлаштування та формування індивідуальних траєкторій професійного розвитку.

У закладах вищої освіти ШІ має потенціал не лише для оптимізації рутинних процесів, але й для докорінного переосмислення моделі навчання. Його застосування сприятиме формуванню гнучкої, адаптивної, інклюзивної та якісної вищої освіти, здатної відповісти викликам цифрової епохи. Перспективи ШІ в закладах вищої освіти пов'язані також із розвитком міждисциплінарної взаємодії, зростанням попиту на нові спеціальності і компетенції та необхідністю формування цифрової грамотності здобувачів освіти і викладачів.

Література

1. Куцак Л. В. (2025) Штучний інтелект у сучасній освіті: перспективи застосування та виклики. *Modern Information Technologies and Innovation Methodologies of Education in Professional Training Methodology Theory Experience Problems*, 74, с. 27–37. <https://doi.org/10.31652/2412-1142-2024-74-27-37>.
2. Артюхов А., Демчук П., Дубно О., Захарченко Т. та ін. (2025). Штучний інтелект у закладах вищої освіти: рекомендації для викладачів, студентів і працівників ЗВО. <https://mon.gov.ua/news/shtuchnyi-intelekt-u-zakladakh-vyshchoi-osvity-rekomendatsii-dlia-vykladachiv-studentiv-i-pratsivnykiv-zvo>.
3. Hrytsenchuk O. (2024). The use of artificial intelligence in education: trends and prospects in ukraine and abroad. *UNESCO Chair Journal Lifelong Professional Education in the XXI Century*, vol. 2 (10), pp. 152–161. [https://doi.org/10.35387/ucj.2\(10\).2024.0012](https://doi.org/10.35387/ucj.2(10).2024.0012).

ЦИФРОВІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ОБРОБКИ НАУКОВИХ ЗАМОВЛЕНЬ

Сиротенко Д. О., Харкянен О. В.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: dmytro.syrotenko@gmail.com

Digitalization of Research Request Processing

The article presents the development of a web-based information system aimed at optimizing the submission, processing, and tracking of research orders in a university laboratory. The system simplifies interaction with clients, improves data processing efficiency, and ensures full transparency of the workflow. It was implemented using PHP, MySQL, HTML/CSS, and JavaScript.

В умовах зростаючих вимог до цифрової трансформації освітніх і наукових структур особливого значення набуває впровадження сучасних веб систем, здатних автоматизувати взаємодію між замовниками та виконавцями наукових досліджень. Проблемна науково-дослідна лабораторія НУХТ (ПНДЛ НУХТ) опрацьовує десятки заявок щодо проведення наукових досліджень щомісячно. Ця діяльність потребує наявності зручного цифрового інструменту для їх обробки.

Розроблений багатофункціональний веб-сайт ПНДЛ НУХТ, інтерфейс якого наведено на рисунку 1, забезпечує автоматизацію подання заявок, оптимізацію обробки супровідної документації, обмін повідомленням між користувачами та співробітниками ПНДЛ у зручному вигляді, генерацію статистичних звітів про діяльність лабораторії.

Ключові можливості веб-сайту включають:

- реєстрацію та вхід користувачів з підтвердженням e-mail — для забезпечення безпечного доступу до функціоналу;
- інтуїтивно зрозумілу форму подання заявки на проведення наукового дослідження з обов'язковими та додатковими полями (тип замовника, прізвище, тема, термін, опис тощо);
- особистий кабінет замовника, в якому відображаються статуси всіх поданих заявок;
- кабінет співробітника, який містить інтерфейс для перегляду заявок, зміни їх статусу, можливість спілкування із замовником у форматі чату, а також функції генерації звітів;
- інструменти для адміністратора, зокрема редагування новин, керування документами та календар замовлень.

Особливу увагу приділено питанням інформаційної безпеки функціонування веб-сайту.

Усі дані передаються через захищене HTTPS з'єднання. При обробці запитів використовуються підготовлені SQL інструкції, що мінімізує ризики SQL-ін'єкцій.

Для реалізації програмної логіки при розробці веб-сайту використано наступний стек технологій:

- скриптова мова PHP — для серверної частини та обробки форм;
- СУБД MySQL — для зберігання інформації про користувачів, заявки, повідомлення та статуси;
- HTML/CSS — для структурування сторінок та стилізації інтерфейсу;
- мова програмування JavaScript — для інтерактивних елементів.

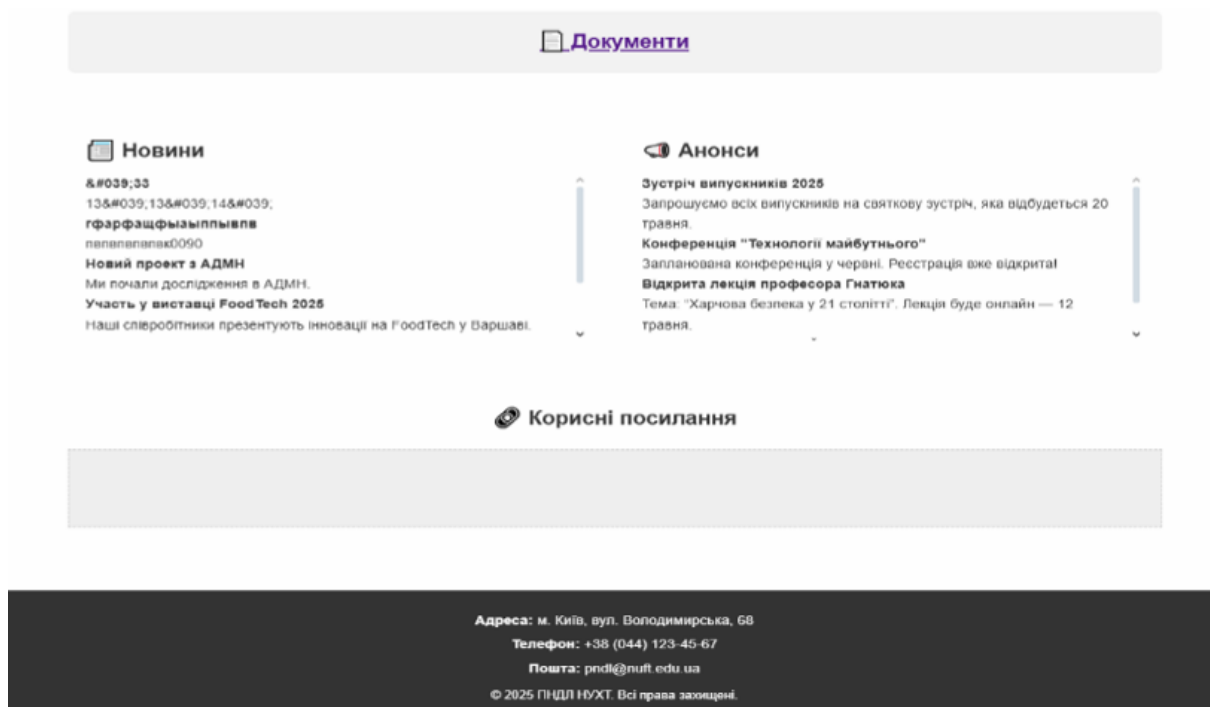


Рис. 1. Головна сторінка сайту

Впроваджений веб-сайт на етапі апробації продемонстрував позитивні результати: зменшено кількість помилок при внесенні даних, спрощено доступ користувачів до необхідної інформації, зменшено час на обробку кожної заявки і відповідно скоротився загальний час відповіді лабораторії.

У подальших етапах розвитку веб-сайту планується:

- реалізація push-сповіщень;
- розроблення мобільної версії з інтеграцією нативних можливостей смартфонів;
- підключення аналітики з елементами штучного інтелекту.

Література

1. Мартін Р. (2019) *Чиста архітектура*. К. : Наш Формат, 416 с.
2. *PHP Documentation* [online]. URL : <https://www.php.net/docs.php>
3. *MySQL (2025) Documentation* [online] URL : <https://dev.mysql.com/doc>.
4. *Get started with Bootstrap. Bootstrap v. 5.3 (2025)* [online]. URL : <https://getbootstrap.com/docs>.

ЗАСТОСУВАННЯ LMS ДЛЯ АНАЛІТИКИ УСПІШНОСТІ УЧНІВ, ЇХ АНАЛІЗ, ПОРІВНЯННЯ, ПЕРЕВАГИ, НЕДОЛІКИ

Шевчук Д. О.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: DashaSchev@gmail.com

Application of LMS for Learning Outcomes Analytics, Their Analysis, Comparison, Advantages, Disadvantages

The paper examines the functionality of five popular learning management systems (LMS) in the context of educational analytics. The focus is on tools for collecting, visualizing, and interpreting student performance data. The comparison was conducted across a number of criteria, including reporting flexibility, dashboards, automation, and usability in a school environment. The results may be useful for educators, administrators, and educational solution developers.

У зв'язку з поширенням дистанційного та гібридного навчання зросла потреба у використанні цифрових платформ, які дозволяють не лише організовувати освітній процес, а й аналізувати успішність учнів у динаміці. Такі цифрові рішення, відомі як LMS (Learning Management System — система управління навчанням), поєднують засоби взаємодії, адміністрування, розповсюдження навчального контенту та формування звітності й аналітики.

Зараз аналітика навчальних досягнень стала важливою частиною освітнього процесу, оскільки сприяє ухваленню обґрунтованих педагогічних рішень. Відтак, постає необхідність у порівнянні можливостей різних LMS у частині збору, обробки та візуалізації даних про успішність учнів.

Матеріалом дослідження стали п'ять популярних платформ з інструментами освітньої аналітики: Єдина школа [1], Google Classroom [2], Moodle [3], Kwiga [4] та Edvibe [5]. У дослідженні застосовано методи аналізу, синтезу та порівняння. Особливу увагу зосереджено на функціоналі, що дає змогу педагогам здійснювати якісну та зручну аналітику навчального процесу. До основних критеріїв оцінювання належать: наявність дашбордів, відображення динаміки успішності, автоматизація звітності, підтримка прогнозування результатів, агрегування оцінок, а також можливість залучення батьків до моніторингу. Додатково враховано технічну складність впровадження та відповідність вимогам української шкільної освіти.

1. Єдина школа надає базовий набір засобів моніторингу — цифровий журнал, формування підсумкових звітів, статистику оцінок за предметами та періодами. Наявні фільтри дозволяють будувати звіти по класах і учнях, однак візуалізація обмежена, а аналітична інтерпретація покладається на педагога. Інтерфейс зручний для масового користувача, а інтеграція з державними сервісами освіти забезпечує відповідність законодавчим вимогам.

2. Google Classroom не має вбудованої аналітичної системи, однак підтримує експорт даних у Google Sheets[6], що дозволяє здійснювати

подальший аналіз. За допомогою Looker Studio[7] на основі цих даних можна створювати аналітичні панелі з візуалізацією успішності. Такий підхід відкриває широкі можливості для аналізу, проте потребує відповідної цифрової компетентності та технічних навичок налаштування.

3. Moodle забезпечує найбільш гнучкий і розширюваний функціонал: детальні звіти, лог-файли, плагіни з візуалізацією даних, адаптивна аналітика. Система дозволяє аналізувати прогрес окремого учня, тематику завдань, ефективність курсів, але потребує високого рівня підготовки персоналу та значних зусиль на етапі впровадження, що обмежує її використання у більшості загальноосвітніх шкіл.

4. Kwiga — українська платформа для онлайн-навчання, що пропонує розширені можливості освітньої аналітики. Доступні інтерактивні дашборди відображають успішність учнів, рівень активності, результати завдань і тести в реальному часі. Платформа дозволяє педагогам оперативно реагувати на зміни в навчальному процесі. Kwiga також підтримує гейміфікацію, рейтинги та прогнози успішності. А її аналітичні інструменти мають високий рівень візуалізації, однак потребують початкового налаштування.

5. Edvibe спеціалізується на візуалізації освітніх даних: графіки змін успішності, участі, рейтинги, індикатори мотивації та залучення учнів. Платформа адаптована до потреб НУШ і дозволяє педагогу швидко і зрозуміло інтерпретувати освітню ситуацію як на рівні класу, так і окремого учня, але вона більш зосереджена на спостереженні й не забезпечує повного аналізу результатів навчання.

Результати аналізу свідчать, що жодна з платформ не охоплює повністю всі потреби шкільної аналітики одночасно. Тому ефективна реалізація цифрового моніторингу успішності у школі можлива тільки за умови комбінованого підходу. Оптимальним рішенням для більшості шкіл є поєднання двох платформ: використання Kwiga як основного інструменту освітньої аналітики завдяки її дашбордам і прогнозам, а також застосування Єдина школа як державної бази для адміністрування та звітності. Такий підхід дозволяє забезпечити баланс між аналітичною глибиною, технічною доступністю та законодавчими вимогами.

Література

1. *Єдина школа* (2025) [online] URL : <https://eschool-ua.com>.
2. *Google Classroom* (2025) [online] URL : <https://classroom.google.com/u/0/h>.
3. *Moodle* (2025) [online] URL : <https://moodle.org/?lang=ua>.
4. *Kwiga* (2025) [online] URL : <https://kwiga.com/ua/analogues/lms/kwiga-vs-edvibe>.
5. *Edvibe* (2025) [online] URL : <https://edvibe.com>.
6. Google (2025) *Google Sheets* [online] URL : <https://workspace.google.com/products/sheets>.
7. *Looker Studio* (2025) [online] URL : <https://lookerstudio.google.com/navigation/reporting>.

ЗАСТОСУВАННЯ LMS У ПОЧАТКОВІЙ ШКОЛІ: ФУНКЦІОНАЛЬНІ ЗМІНИ ТА ПОВТОРНА ОЦІНКА СИСТЕМ

Шевчук Д. О.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: DashaSchev@gmail.com

Application of LMS in Primary School: Functional Changes and Reassessment of Systems

The material is devoted to the re-analysis of the learning management system (LMS) used for distance education in primary school. The study continues the previous work and takes into account the functional updates of the LMS platform in 2024–2025. The review covers the "Single School", Google Classroom and Moodle systems, taking into account changes in their capabilities. The goal is to assess the relevance and compliance of this platform with modern educational requirements, the features of the educational process in junior grades and the conditions of distance learning.

В умовах воєнного стану та цифрової трансформації освіти зростає потреба у виборі надійних платформ для дистанційного навчання учнів початкових класів. У попередньому дослідженні на цю тему [1], проведеному у 2024 році, авторами було здійснено порівняльний аналіз трьох систем управління навчанням (LMS): «Єдина школа» [2], Google Classroom [3] та Moodle [4]. Метою аналізу було визначення найбільш придатної платформи для організації дистанційного навчання у початковій школі. В основу порівняння були покладені критерії, сформовані з урахуванням специфіки освітнього процесу в молодших класах, потреб учнів і вчителів, а також вимог сучасних навчальних програм [5]. Оцінювання здійснювалося за такими критеріями: простота інтерфейсу, підтримка НУШ, доступність з різних пристроїв, безпека даних, можливість участі батьків у контролі успішності, а також набір функцій (відеозв'язок, тести, обмін матеріалами, електронний журнал тощо).

На основі обраних критеріїв було встановлено, що «Єдина школа» найкраще відповідає потребам української початкової школи, попри обмеження функціоналу, зокрема відсутність можливості співавторства викладачів.

У 2024–2025 роках на вказаних платформах відбулися суттєві оновлення, що зумовило необхідність повторного аналізу з урахуванням нових можливостей. Зокрема:

1. У «Єдиній школі» було розширено функціональність модулю тестування, а також додано можливість трансляції уроків, що дозволяє батькам спостерігати за навчальним процесом у режимі реального часу. Крім того, платформа активно розвивається: на її сайті вже анонсовано впровадження низки нових сервісів, які перебувають у розробці. Серед них — «Е-кабінет», «Тілміт», «ІКС “Освіта”», «AI-Gtest», «Е-архів», «AI-планування», «Інформаційні дашборди», «Конструктор сайтів», «Аналітика та звітність»,

«Логування» та інші. Очікується, що ці модулі значно розширять функціональні можливості системи, зокрема в частині персоналізації, аналітики та адміністрування освітнього процесу.

2. У Google Classroom з'явилися: групові завдання, централізоване управління оцінюванням, а також розширений доступ батьків до навчальних матеріалів. Крім того, було впроваджено вкладку «Resources» для створення й організації інтерактивних уроків, оновлено аналітичні інструменти для відстеження прогресу учнів, реалізовано інтеграцію з FigJam для спільної роботи на віртуальних дошках. У середовищі Google Workspace for Education Plus на Chromebook з'явилися функції керування екранами учнів, трансляції завдань і демонстрації результатів. Також анонсовано можливість обміну шаблонами класів і сторінок завдань, що має спростити планування навчального процесу.

3. Moodle у версіях 4.5 та 5.0 презентувала понад 250 оновлень, зокрема інтеграцію з інструментами штучного інтелекту, удосконалення системи оцінювання, мультимедійного контенту та структурування курсів. Проте складність у налаштуванні та впровадженні платформи залишається суттєвою перешкодою для багатьох навчальних закладів.

На основі оновленого аналізу можна зробити висновок, що «Єдина школа» зберігає позицію найкращого рішення для підтримки навчального процесу в початкових класах, тепер уже з урахуванням розширеного функціоналу. Інші платформи демонструють прогрес, однак не усувають ключових недоліків.

Водночас варто відзначити, що всі розглянуті системи продовжують розвиватися: в «Єдиній школі» анонсовано впровадження низки нових модулів, Google Classroom — розширення можливостей аналітики та організації контенту, а Moodle активно інтегрує інструменти штучного інтелекту.

Отже, актуалізація функціональності LMS вимагає періодичного перегляду рекомендацій щодо їх застосування, зокрема у сфері початкової освіти в умовах дистанційного та гібридного навчання.

Література

1. Шевчук Д. О., Струзік В. А. (2024) Застосування LMS для початкової школи, їх аналіз, порівняння, переваги, недоліки, *Матер. І міжнар. наук.-практ. конф. «Штучний інтелект та інформаційні технології» (АІІТ-2024)*, с. 386–388.
2. Єдина школа (2025) [online] URL : <https://eschool-ua.com>.
3. Google Classroom (2025) [online] URL : <https://classroom.google.com/u/0/h>.
4. Moodle (2025) [online] URL : <https://moodle.org/?lang=ua>.
5. Буряк О. О. (2021) *Цифрові інструменти для організації змішаного навчання в шкільній природничо-математичній освіті* [online]. URL : <https://znayshov.com/FR/13470/644.pdf>

6

СЕКЦІЯ

***ІНФОРМАЦІЙНІ
СИСТЕМИ
ТА
ТЕХНОЛОГІЇ***

USE OF COMPETITIONS IN ORGANIZATIONAL SYSTEMS TO DETERMINE REDUNDANCY AND ENSURE FUNCTIONAL STABILITY

Oleksii Hnatiienko

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

E-mail: oleksii.hnatiienko@knu.ua

Intelligent Systems for Data Management and Analysis

This paper investigates the mechanisms of ensuring the functional sustainability of complex organizational systems. The author presents a set of tools for detecting redundancy, which is a necessary condition for functional sustainability. Attention is focused on one of the most important and effective tools for identifying redundancy – holding competitions. The author considers the elements of the personnel management cycle of an organizational system that allow and even require selection and decision-making in the form of competitions.

Functional sustainability of a complex system is an extremely important complex characteristic in combination with other characteristics: survivability, reliability, fault tolerance, adaptability, etc. The main stage of ensuring the functional sustainability of a complex system is to identify redundancies within its functionality. Thus, the need to study tools that allow to reasonably identify redundancy in an organizational system and effectively manage it comes to the fore.

For complex organizational systems, there are several tools for identifying redundancies in the functionality of system elements to further ensure its functional stability:

- functional analysis of the organizational system;
- analysis and optimization of business processes;
- expert evaluation of the functions performed by the elements of this system;
- analysis of the roles of employees in the organizational system;
- management of corporate culture to improve the quality of the organizational system and increase the level of functional sustainability;
- identifying critical elements in the organizational system and ensuring the sustainable performance of their functions;
- holding competitions related to personnel performance at all stages of the organizational system.

The toolkit for analyzing and identifying redundancy to further ensure the functional sustainability of the organizational system is schematically presented in Figure 1.

Based on the research, the author has identified elements of the organizational system's personnel management cycle that allow and even require selection and decision-making in the form of competitions [1]. The organization and holding of

competitions in the organizational system in order to identify redundancy can be applied at the following stages (Figure 2):

- recruitment of personnel;
- decision-making on some motivational procedures;
- staff career management;
- ensuring reasonable movement of personnel;
- creating and managing a talent pool.

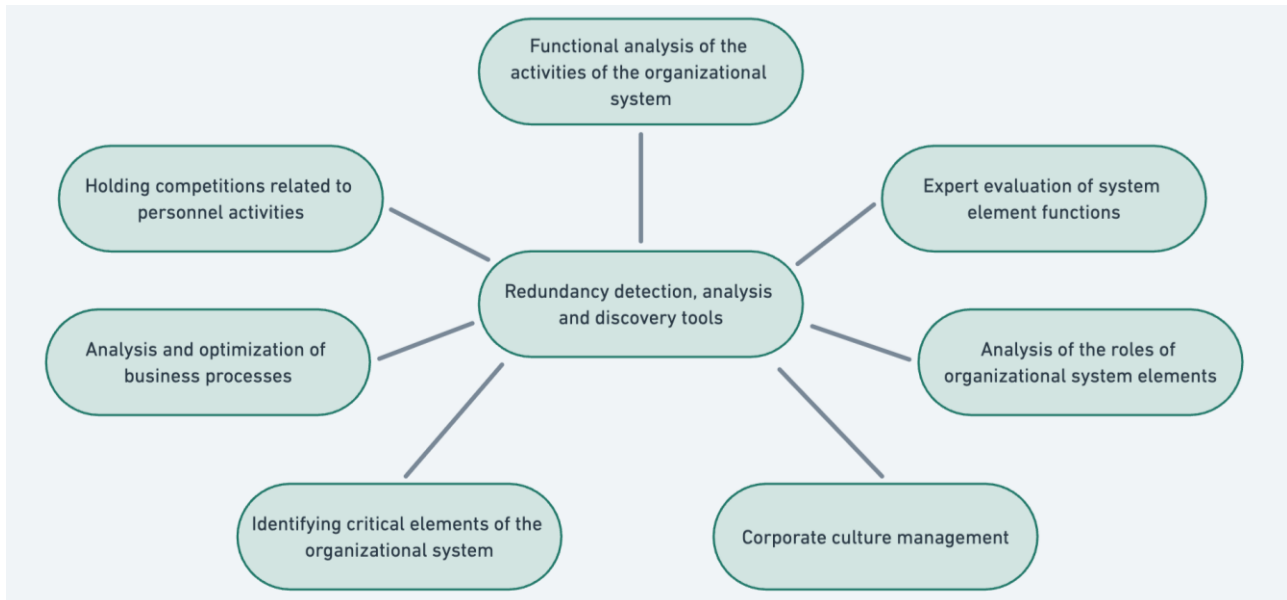


Fig. 1. Diagram of tools for identifying redundancy in an organizational system to ensure functional sustainability

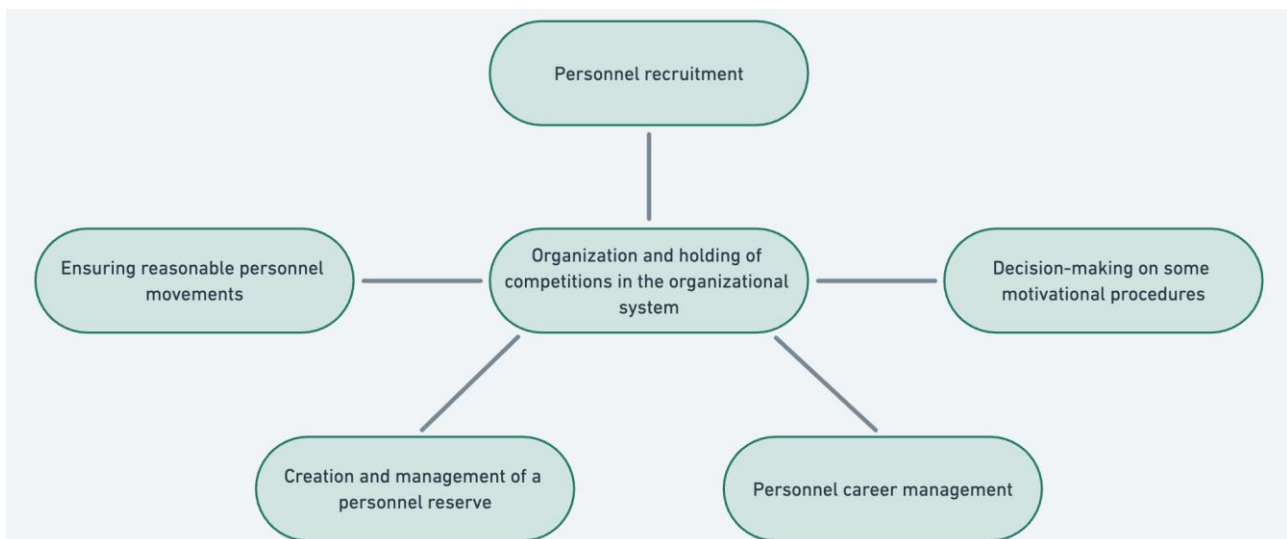


Fig. 2. Elements of the personnel management cycle that require competitions

References

1. Hnatiienko H., Domanetska I., Hnatiienko O., Khrolenko Y. (2024) Tasks` analysis of the intelligent system for conducting project competitions. *Management of Development of Complex Systems*, 60, 113–120.

CRM-СИСТЕМИ З ПЕРСОНАЛІЗАЦІЄЮ У ФІНАНСОВІЙ ТА БАНКІВСЬКІЙ СФЕРАХ

Божко В. О., Струзік В. А.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: bozhkovladislav8@gmail.com

CRM systems with personalization in the financial and banking sectors

A personalized CRM system is an information system that uses deep analysis of customer data, including transaction history, parent behavior, service requests, and activity in digital channels, to generate unique, tailored offers and services. This approach significantly improves the quality of service, creates a personalized personality, and increases customer trust.

У сучасних умовах стрімкої цифрової трансформації фінансових установ, а також зростаючих вимог клієнтів до якості та швидкості обслуговування, CRM-системи відіграють ключову роль у формуванні ефективних і довготривалих відносин між банком та клієнтом. Із появою нових технологій, зокрема штучного інтелекту, машинного навчання, обробки великих даних та аналітики, традиційні CRM перетворюються на інтелектуальні, персоналізовані платформи [1–2]. Вони не лише зберігають інформацію, а й аналізують поведінку клієнтів, прогнозують потреби, пропонують індивідуальні рішення і підвищують ефективність взаємодії на всіх етапах клієнтського шляху.

Технології персоналізації CRM-систем охоплюють низку інноваційних інструментів, які забезпечують глибоке розуміння потреб клієнтів і підвищують ефективність взаємодії з ними. Машинне навчання дозволяє аналізувати великі обсяги даних, виявляти поведінкові патерни та формувати індивідуальні маркетингові пропозиції [1]. Обробка великих даних забезпечує інтеграцію інформації з різних джерел — мобільних додатків, веб-сайтів, соцмереж і контакт-центрів — для побудови повного портрета клієнта. Технології обробки природної мови допомагають розуміти звернення клієнтів, виявляти емоції та автоматизувати відповідь або переадресацію запитів. Рекомендаційні системи, аналізуючи накопичену інформацію, пропонують клієнтам найбільш релевантні продукти, що значно підвищує рівень задоволеності й залученості [3].

У банках персоналізовані CRM-системи виконують ряд важливих функцій, які безпосередньо впливають на бізнес-процеси та клієнтський досвід. Вони допомагають формувати індивідуальні пропозиції кредитів, депозитів, страхових продуктів, що базуються на фінансовому стані та історії клієнта. Такі системи можуть виявляти клієнтів із високим ризиком відтоку і запускати спеціальні програми лояльності або пропозиції, що утримують їх у банку.

Наприклад, клієнт, який регулярно проводить оплату комунальних послуг через мобільний додаток, отримує пропозицію підключити автоматичний платіж для спрощення процесу. Якщо ж клієнт цікавиться кредитними

продуктами, система може автоматично запропонувати найбільш вигідні умови, сформовані індивідуально на основі його кредитної історії та платоспроможності.

Персоналізація також проявляється у способах комунікації: CRM-система може обрати оптимальний канал (email, SMS, push-повідомлення) та час для зв'язку з клієнтом, підвищуючи ефективність маркетингових кампаній.

Впровадження персоналізованих CRM-систем у фінансових установах приносить чимало переваг. Насамперед, це покращення клієнтського досвіду завдяки індивідуалізованому підходу, що підвищує задоволеність і довіру клієнтів. Точкові маркетингові пропозиції сприяють зростанню продажів і підвищенню середнього чека. А таргетовані кампанії дозволяють ефективніше використовувати маркетинговий бюджет, знижуючи витрати. Персоналізація також позитивно впливає на рівень утримання клієнтів, оскільки своєчасні та релевантні пропозиції формують довготривалі відносини з банком [4].

Разом із тим, існують важливі виклики. По-перше, питання захисту персональних даних набувають особливого значення, і фінансові установи зобов'язані дотримуватися законодавства про конфіденційність (GDPR, Закон України про захист персональних даних). По-друге, якість даних має бути високою, оскільки помилки в інформації можуть призвести до помилкових висновків і пропозицій. По-третє, надмірна автоматизація і надто нав'язлива персоналізація можуть викликати негативну реакцію клієнтів, тому важливо дотримуватися балансу між технологіями і людськими відносинами.

Отже, персоналізовані CRM-системи є необхідним інструментом для фінансових і банківських установ, які прагнуть підвищити ефективність обслуговування клієнтів, підвищити конкурентоспроможність та адаптуватися до сучасних викликів ринку. Поєднання аналітики великих даних, машинного навчання, обробки природної мови та рекомендаційних алгоритмів дозволяє створювати гнучкі, адаптивні системи, що формують індивідуальний клієнтський досвід на новому рівні. Майбутнє CRM — це глибока інтеграція з іншими інтелектуальними інструментами, як чат-боти, голосові помічники і віртуальні радники, що зробить банківське обслуговування максимально зручним та персоналізованим.

Література

1. Davenport T. H., Harris J. G. (2017) *Competing on Analytics: The New Science of Winning*. Harvard Business Review Press.
2. PWC (2020) *Financial services technology 2020 and beyond: Embracing disruption*. URL : <https://www.pwc.com/gr/en/publications/assets/financial-services-technology-2020-and-beyond-embracing-disruption.pdf>.
3. CX Today (2023) *Gartner Magic Quadrant for the CRM Customer Engagement Center 2023*. URL : <https://www.cxtoday.com/crm/gartner-magic-quadrant-for-the-crm-customer-engagement-center-2023>.
4. Prior D. D., Buttle F., Maklan S. (2024) *Customer Relationship Management: Concepts and Technologies*. Routledge.

РОЗРОБЛЕННЯ ВЕБОРІЄНТОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ТУРИСТИЧНОГО АГЕНСТВА

Бондаренко О. В.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: bondarenko1810@gmail.com

Development of a Web-Based Information System for a Travel Agency

The development of a web-based information system for a travel agency is a practical implementation of modern information technologies and elements of artificial intelligence. The system allows user to browse, filter, and book tours, manage their profiles, and view booking statuses. For administrators, it provides tools for analytics, customer management, and decision-making support. By integrating intelligent components such as data filtering, smart recommendations, and automated booking confirmation, the project enhances service efficiency and customer satisfaction. This reflect how AI and IT can significantly improve digital tourism services.

У сучасному світі туристична індустрія активно розвивається, і популярність веборієнтованих інформаційних систем для туристичних агенств стрімко зростає. Використання штучного інтелекту в таких системах дає можливість не лише автоматизувати багато рутинних процесів, але й значно покращити досвід користувачів, зробити рекомендації більш точними і персоналізованими.

Щоби краще зрозуміти, як це працює, корисно розглянути приклади відомих платформ, таких як TripAdvisor (рис. 1) і Hopper (рис. 2), які вже успішно інтегрували ІІІ у свої сервіси.

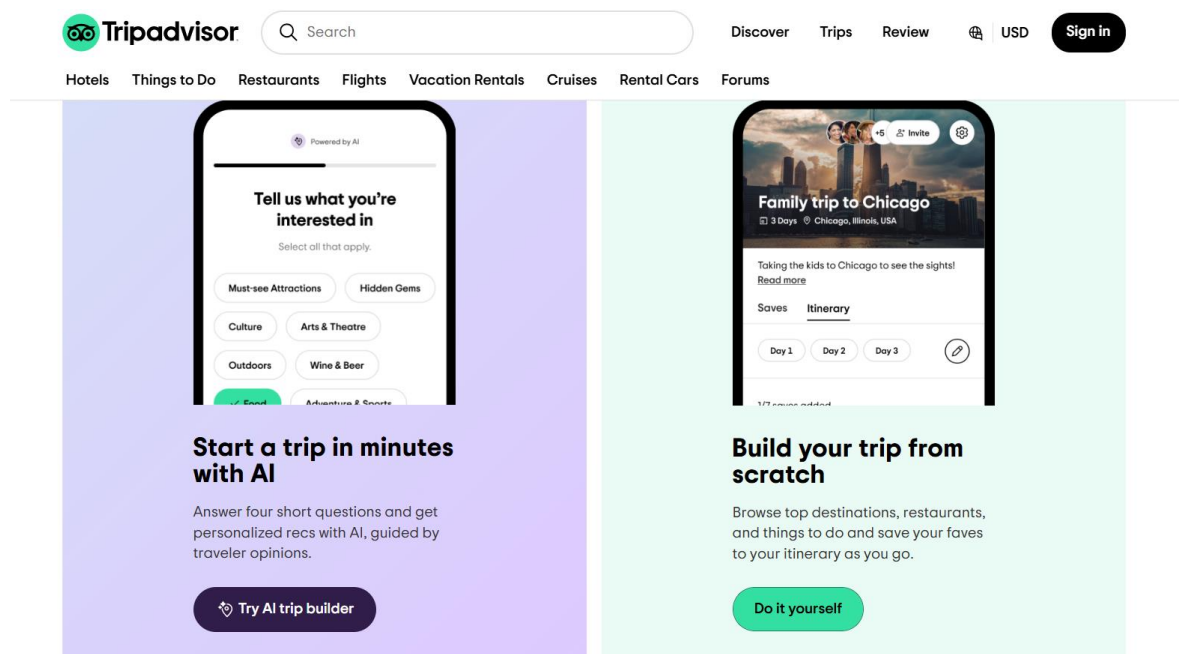


Рис. 1. ІІІ-функції для персоналізованих рекомендацій
на платформі «TripAdvisor»

TripAdvisor — це одна з найбільших світових платформ для туристів, яка пропонує огляди готелів, ресторанах, екскурсій та інших послуг. Вона використовує різні алгоритми штучного інтелекту, зокрема методи обробки природної мови (Natural Language Processing, NLP), щоб аналізувати тисячі відгуків, які залишають користувачі. Завдяки цьому TripAdvisor може автоматично виявити ключові теми і емоції в текстах відгуків — що саме подобається людям, а що ні. Такий аналіз допомагає відфільтрувати фейкові або нерелевантні відгуки, що підвищує довіру до платформи. Крім того, платформа застосовує кластеризацію даних, тобто групує схожі за характеристиками готелі або тури, що допомагає створювати більш точні персоналізовані рекомендації для кожного користувача. Наприклад, якщо користувач часто обирає екскурсії в певному стилі чи регіоні, система підкаже схожі варіанти, які можуть йому сподобатися. В основі таких рекомендацій лежать алгоритми машинного навчання, що аналізують історію поведінки користувачів, їх уподобання і реакції на різні пропозиції [1].

Інший приклад — Норрег. Це мобільний додаток, який спеціалізується на прогнозуванні цін на авіаквитки та готелі. За допомогою складних алгоритмів машинного навчання, у тому числі глибоких нейронних мереж, Норрег аналізує величезні масиви історичних даних про ціни, сезонні коливання, події у світі та інші фактори. Завдяки цьому сервіс може прогнозувати, чи варто чекати з покупкою квитка, чи краще купити його зараз, щоб заощадити. Такий прогноз значно допомагає туристам планувати свої поїздки, економити кошти і уникати стресу. Крім того, Норрег автоматично відслідковує зміни ціни і надсилає користувачам повідомлення про вигідні пропозиції — це підвищує зручність і швидкість прийняття рішення. Алгоритми прогнозування цін базуються на часових рядках і моделюванні трендів, що є одними з найпоширеніших задач у галузі машинного навчання [2].

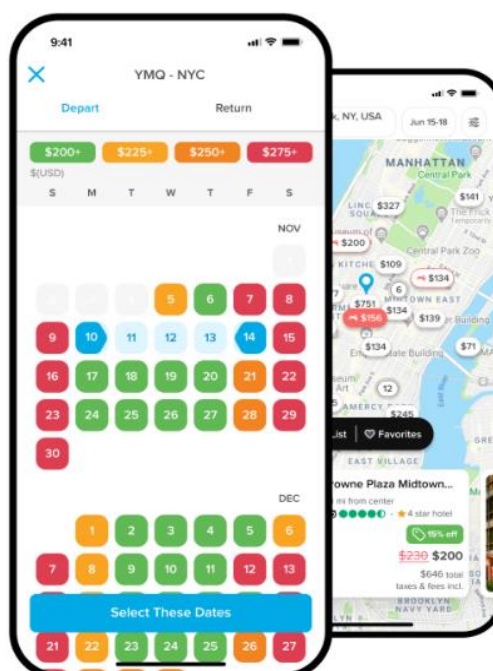


Рис. 2. Прогнозування цін на квитки за допомогою ШІ на платформі «Норрег»

Якщо говорити про розроблену веборієнтовану інформаційну систему для туристичного агентства під час виконання мого дослідження, то інтеграція подібних функцій штучного інтелекту може значно підвищити її цінність.

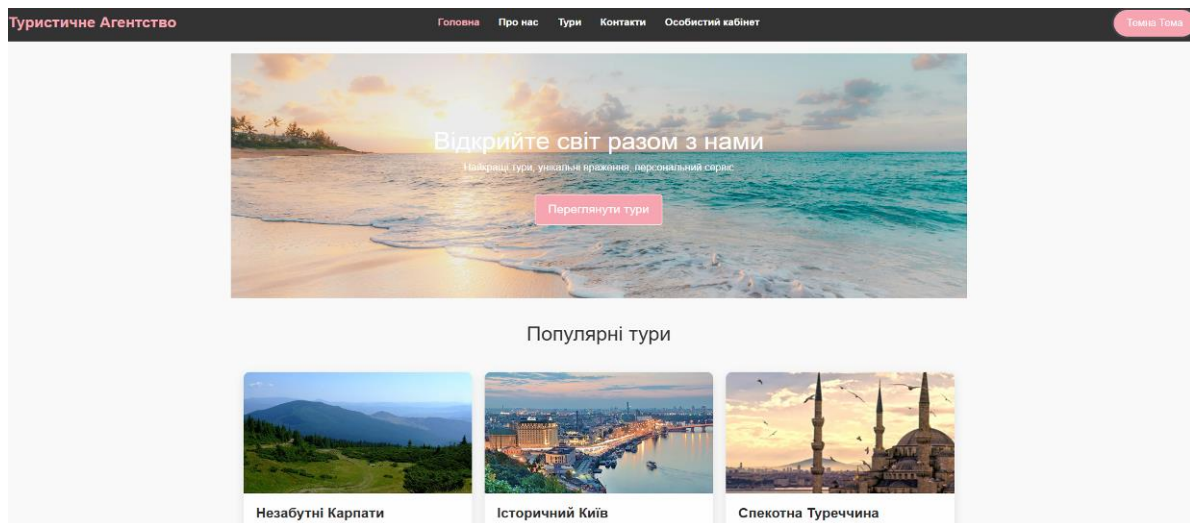


Рис. 3. Інтерфейс розробленої системи

Наприклад, можна реалізувати модуль аналізу відгуків клієнтів, який автоматично виділятиме позитивні і негативні аспекти туру, а також буде пропонувати персоналізовані рекомендації на основі вподобань користувача. Це підвищить рівень довіри і допоможе клієнтам швидше знаходити саме ті тури, які їм підходять. Також можна додати систему прогнозування цін, подібну до Норрег, щоб користувачі могли отримувати інформацію про оптимальний час для бронювання, економлячи гроші і час.

Впровадження таких ШІ-модулів не тільки покращить користувацький досвід, але й оптимізує роботу самого туристичного агентства. Адже на основі зібраних даних і аналітики можна планувати рекламні кампанії, визначати найпопулярніші напрямки і краще розподіляти ресурси. Це дасть змогу працювати більш ефективно і конкурентоспроможнo [3].

Отже, аналізуючи досвід провідних світових платформ, можна зробити висновок, що впровадження штучного інтелекту у веборієнтовані інформаційні системи для туристичних агентств відкриває великі перспективи. Це стосується як автоматизації процесів, так і підвищення якості сервісу, що в сучасних умовах є ключовим фактором успіху на ринку.

Література

1. Buhalis D., Amaranggana A. (2014) Smart Tourism Destinations Enhancing Tourism Experience through Personalisation of Services, Information and Communication Technologies in Tourism 2014, Springer, pp. 377–389.
2. Russell S., Norvig P. (2016) Artificial Intelligence: A Modern Approach. 3rd Edition, Pearson, 1152 p.
3. Gretzel U., Sigala M., Xiang Z., Koo C. (2015) Smart Tourism: Foundations and Developments, Electronic Markets, 25(3), pp. 179–188.

ВИКОРИСТАННЯ БЕНЧМАРКІВ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ВІДКОАРТ

Булій Д. Ю., Харкянен О. В.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: danya290@ukr.net

Using Benchmarks to Evaluate Graphics Card Performance

The performance of graphics cards is assessed through specialized benchmarking software that measures key parameters such as processing speed, energy efficiency, and graphical capabilities. These benchmarks provide objective data to compare different models and brands, helping users determine the suitability of a graphics card for tasks like gaming, professional workloads, and general computing. By analyzing results such as frame rates, compute scores, and thermal behavior, benchmarks reveal strengths and weaknesses, price-to-performance ratios, and compatibility with various APIs. This information supports informed decisions when selecting a graphics card based on individual needs.

У сучасному світі відеокарти є одним із ключових компонентів комп'ютерних систем, що відповідають за обробку графіки, візуалізацію та прискорення різноманітних обчислень. Вони активно використовуються не лише у геймінгу, але й у професійних сферах, таких як 3D-моделювання, відеомонтаж, наукові обчислення і штучний інтелект. В умовах великої кількості доступних на ринку моделей від різних виробників, одним із найважливіших завдань є об'єктивна оцінка їх продуктивності. Для цього використовують спеціальні тестові програми — бенчмарки, що допомагають виміряти швидкодію, енергоспоживання, стабільність роботи та інші параметри відеокарт.

Бенчмарки — це програми, які оцінюють потенційні можливості комплектуючих комп'ютера: відеокарти, процесора, жорстких дисків, оперативної пам'яті інших компонентів. За допомогою цих утиліт може перевірити продуктивність пристрою при максимальному навантаженні [1]. Вони дозволяють отримати числові показники, які служать основою для порівняння різних моделей між собою.

Бенчмарки можна поділити на кілька типів залежно від мети тестування та методів вимірювання:

- Синтетичні бенчмарки — створюють штучні, максимально складні сцени і навантаження для оцінки потенціалу відеокарти. Вони не імітують реальні умови, але дають стандартизовані й повторювані результати.
- Ігрові тести — базуються на реальних ігрових сценаріях та сценах, відображаючи продуктивність відеокарти саме у конкретних іграх.

- Тести в реальних застосунках — оцінюють ефективність GPU у професійних додатках, таких як 3D-моделювання, відеомонтаж, наукові розрахунки.

Варто виділити такий топ-5 бенчмарків для оцінки відеокарт : 3DMark, FurMark, Unigine Heaven, PassMark PerformanceTest, MSI Kombustor.

Опис таких програм-тестувальників відеокарт.

1. 3DMark (синтетичний / ігровий бенчмарк) — один із найбільш поширених інструментів, що пропонує різні тести для оцінки ігрової продуктивності відеокарт у різних умовах, включаючи рендеринг складної 3D-графіки, фізичні симуляції і тестування DirectX або Vulkan. Він допомагає зрозуміти, наскільки відеокарта впорається з сучасними іграми (Рис. 1).

2. FurMark (синтетичний стрес-тест) — спеціалізований стрес-тест, який створює максимальне навантаження на GPU для перевірки його стабільності і ефективності системи охолодження.

3. Unigine Heaven (синтетичний бенчмарк) — Бенчмарк для тестування графічної продуктивності відеокарт розроблений компанією Unigine Corp. Широко використовується ентузіастами та професіоналами для оцінки можливостей GPU. Heaven використовує двигун Unigine і включає різноманітні графічні ефекти, такі як теселяція, динамічні освітлення і тіні, а також складні текстури, що робить його корисним для всебічного тестування [1].

4. PassMark PerformanceTest (синтетичний бенчмарк) — комплексний бенчмарк оцінює продуктивність всієї системи, зокрема і відеокарти. Він пропонує тести як 2D, так і 3D графіки, дозволяє порівнювати отримані результати з іншими системами та виявляти можливі проблеми.

5. MSI Kombustor (синтетичний стрес-тест) — утиліта, розроблена компанією MSI спеціально для стрес-тестування відеокарт. Програма підтримує технології DirectX та OpenGL і включає кілька режимів навантаження, які допомагають виявити нестабільність роботи GPU під час інтенсивного використання.

Бенчмарки використовують спеціальні програмні інтерфейси та драйвери, щоб взаємодіяти з апаратними компонентами комп'ютера. Коли запускається тест, бенчмарк надсилає команди або обчислювальні задачі безпосередньо на пристрій — наприклад, відеокарту чи процесор. Для відеокарт це можуть бути графічні API (Application Programming Interface), такі як DirectX, OpenGL, Vulkan або Metal, через які бенчмарк ініціює рендеринг складних сцен, графічних ефектів та фізичних симуляцій.

Використання бенчмарків дає змогу не лише порівнювати відеокарти різних виробників, як-от Nvidia і AMD, але й визначати ефективність роботи відеокарти у конкретних умовах і сценаріях застосування. Важливо також звертати увагу на такі параметри, як співвідношення ціна/продуктивність, сумісність з актуальними API (DirectX, Vulkan, OpenGL, Metal) і термальну ефективність.

Для якісного тестування відеокарти спершу необхідно підготувати систему: оновити драйвери відеокарти, закрити всі зайві програми, які можуть впливати на результати, та забезпечити ефективне охолодження, щоб уникнути

перегріву під час тестування. Наступним кроком є вибір відповідної програми-бенчмарку залежно від цілей тестування — для ігор підійде 3DMark, для перевірки стабільності — FurMark, а для комплексного аналізу — PassMark. Під час проходження тесту важливо спостерігати за температурою відеокарти і завантаженням ресурсів, щоб запобігти перегріванню та забезпечити коректність результатів. По завершенню тесту програма виведе бали та графіки (Рис. 1.), які дозволяють оцінити продуктивність відеокарти, порівняти її з іншими моделями та визначити сильні і слабкі сторони.

Отже, бенчмаркінг — це не просто гонитва за високими показниками. Це інструмент, який допоможе вам зрозуміти ваш ПК, виявити проблеми та оптимізувати продуктивність. Незалежно від того, граєте ви в ігри, створюєте контент або просто використовуєте комп'ютер для повсякденних завдань, бенчмарки надають цінну інформацію, щоб переконатися, що ваше обладнання відповідає вашим потребам [2].

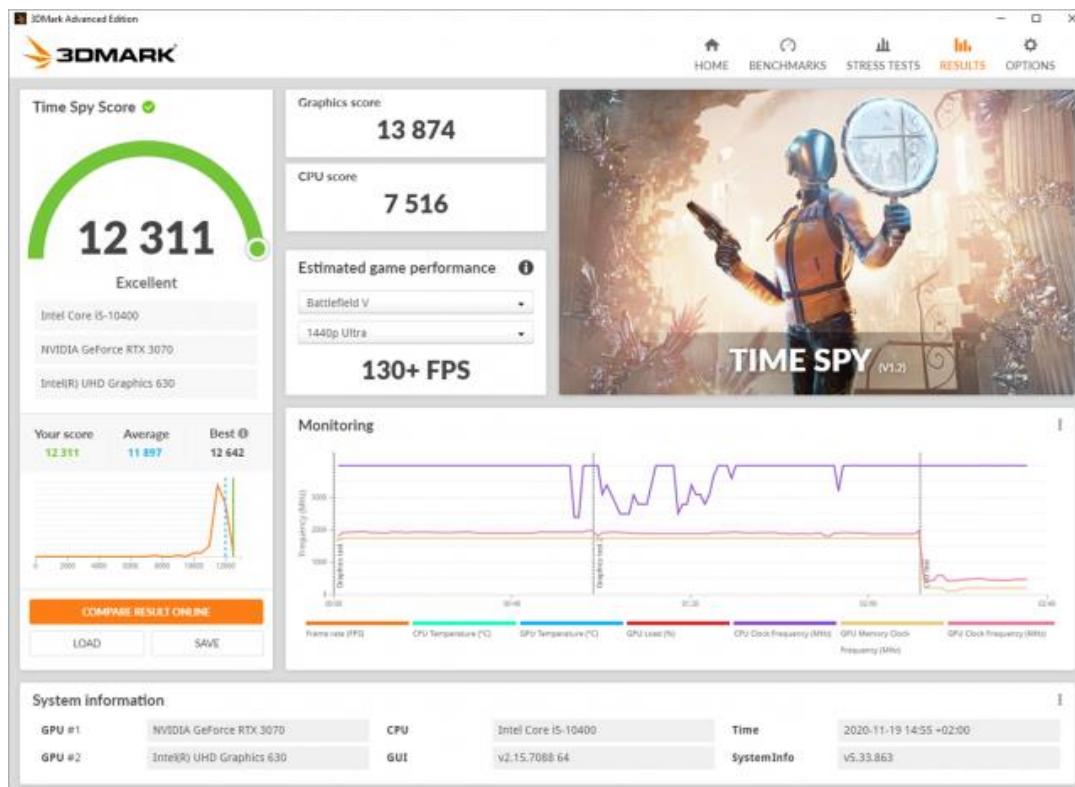


Рис. 1. Інтерфейс бенчмарку 3DMark з результатами тестування

Література

1. Telemart (2025) *Програми для тестування відеокарти: порівняння и огляд найкращих інструментів* [online]. URL: https://telemart.ua/ua/reviews/programmy-dlya-testirovaniya-videokarty-sravneniye-i-obzor-luchshikh-instrumentov.html?srsId=AfmBOopa1_wZM8ogFaCYFs8srPDsoTaC8JFLfF_erXqNjGYo-CeH0Aj.
2. Acer (2025) *Як провести benchmarking ПК* [online]. URL: <https://blog.acer.com/ua/discussion/2766/yak-provesti-benchmarking-pk>.

РОЗРОБЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ АВТОСЕРВІСОМ

Бурлака К. А., Грама М. П.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: karinabrl73@gmail.com

Development of an Information System for Car Service Management

An information system integrates key business processes and automates routine operations, helping to boost productivity and improve customer service. In the automotive repair sector, digital solutions support the handling of customer requests, task tracking, data collection, and reporting, all of which are vital for operational success.

Інформаційна система — це комплексне рішення, яке забезпечує централізоване управління та контроль за всіма аспектами діяльності підприємства. Зокрема, в автосервісах така система дозволяє підвищити продуктивність праці, мінімізувати ризики людських помилок та забезпечити цілісність і точність даних.

У нашому проєкті об'єктом розробки стала інформаційна система для управління автосервісом «ФОП Кучерук Роман Вікторович».

Метою проєкту є створення інтуїтивно зрозумілого і зручного у використанні інструменту, що допоможе менеджеру автосервісу ефективно взаємодіяти з клієнтами, обліковувати виконані роботи та контролювати бізнес-процеси.

Для цього були визначено, що основними завданнями є розробка логічної та фізичної моделі бази даних, генерація бази даних та її налаштування, створення користувацького інтерфейсу з можливістю обробки звернень та забезпечення захисту даних і зручності для менеджера, який є ключовим користувачем системи.

Для створення проєкту було використано сучасні інформаційні технології та інструменти розробки:

- AllFusion ERWin Data Modeler — інструмент для створення атрибутивної моделі даних та її подальшого перетворення у фізичну модель.
- MS SQL Server 2019 — потужна СУБД для зберігання даних з підтримкою запитів у реальному часі та захисту інформації.
- Microsoft Visual Studio 2022 / Visual C# — сучасне середовище розробки для реалізації користувацького інтерфейсу і логіки роботи програми.

Розроблення програмного засобу для автосервісу здійснювалось у декілька етапів.

1. Аналіз діяльності підприємства, виявлення проблем і потреб автоматизації.

2. Створення моделей бази даних (логічної та фізичної).
3. Генерація БД та її наповнення у середовищі MS SQL Server.
4. Розробка інтерфейсу користувача та функціоналу у Visual Studio.
5. Тестування системи та проведення аналізу ефективності.
6. Підготовка документації та навчання персоналу.

Розроблена інформаційна система включає функціональні модулі обліку звернень клієнтів та реєстрація замовлень, автоматичного формування актів виконаних робіт та звітів, внесення та оновлення даних про клієнтів, працівників і виконані роботи, пошуку потрібної інформації та перегляду історії обслуговування, підготовки табелів обліку роботи та інструкцій для персоналу.

У результаті впровадження розробленої системи дозволило підприємству значно скоротити час на обслуговування клієнтів та опрацювання необхідних документів. Менеджер автосервісу тепер має доступ до всіх даних у зручному форматі, а автоматизація опрацювання інформації мінімізує ймовірність помилок.

Також це забезпечило оптимізацію процесів підприємства, підвищення конкурентоспроможності автосервісу, зниження навантаження на менеджера і підвищення продуктивності праці, а також покращення якості обслуговування клієнтів і задоволення їхніх потреб.

Ця інформаційна система стала важливим кроком на шляху цифровізації автосервісу та залучення сучасних стандартів управління.

Література

1. Microsoft (2025) Microsoft Visual Studio Documentation [online]. URL : <https://visualstudio.microsoft.com>.
2. Erwin (2025) *ERWin Data Modeler* [online] URL : <https://erwin.com/products/erwin-data-modeler>.
4. М'якшило О. М., Харкянен О. В. (2018) Проектування інформаційних систем К. : НУХТ, 47 с.
5. Державний стандарт України (1994) *ДСТУ 2226-93 Автоматизовані системи*.
6. 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, 2024, с. 332–333.
7. 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.

ДОСЛІДЖЕННЯ РИНКУ ЯК КЛЮЧОВИЙ ІНСТРУМЕНТ ДЛЯ СТВОРЕННЯ УСПІШНИХ МОБІЛЬНИХ ЗАСТОСУНКІВ

Вдовенко Д. О., Сєдих О. Л.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: dmitryvdvnr@gmail.com

Market Research as a Key Tool for Creating Successful Mobile Applications

Market research plays a vital role in the development of successful mobile applications. It helps developers understand user needs, analyze competitors, and follow current technology trends. By using analytics tools, surveys, beta testing, and feedback from real users, teams can define key features, prioritize development, and choose the most suitable technologies. Effective market research significantly increases the chances of launching a competitive, user-centered, and profitable mobile app in a highly dynamic market environment.

У сучасному світі мобільних технологій дослідження ринку є одним із найважливіших етапів створення конкурентоспроможного мобільного застосунку. Висока конкуренція на ринку вимагає від розробників не лише технічної досконалості, але й глибокого розуміння запитів цільової аудиторії, поведінкових моделей користувачів та поточних трендів. Саме дослідження ринку дозволяє вчасно виявити ці фактори та ефективно використати їх у процесі розробки.

Комплексне дослідження ринку включає кілька ключових напрямів: аналіз конкурентного середовища, вивчення поведінки користувачів, виявлення популярних функціональних рішень, а також відстеження технологічних інновацій. Зібрані дані дають змогу сформулювати чітке уявлення про те, яким має бути успішний мобільний застосунок — із точки зору дизайну, інтерфейсу, функціональності та вибору платформи розробки [1].

Отримані результати напряму впливають на ухвалення технічних рішень. Наприклад, якщо ринок вимагає доступності на кількох платформах одразу, команда може обрати кросплатформенні рішення на кшталт Flutter або React Native. У випадках, коли критичними є швидкодія, продуктивність і глибока інтеграція з операційною системою, доцільним буде використання нативних технологій, таких як Swift для iOS або Kotlin для Android. Таким чином, ринок диктує не лише вектор розвитку застосунку, але й вибір інструментів для його реалізації.

Ще одним важливим аспектом дослідження ринку є визначення мінімально життєздатного продукту (MVP). Це початкова версія застосунку, що включає лише найнеобхідніші функції, здатна забезпечити базовий користувацький досвід та швидко протестувати ідею в реальному середовищі. Ранній запуск MVP дозволяє зібрати зворотний зв'язок від користувачів, скоригувати функціонал і уникнути надмірних витрат на непотрібні або

неефективні опції. Такий підхід допомагає зосередитися на реальних потребах цільової аудиторії [2].

Для збору аналітики та перевірки гіпотез розробники мобільних застосунків використовують широкий спектр інструментів: Google Analytics, Firebase, Amplitude, Mixpanel тощо. Ці сервіси дозволяють відстежувати ключові метрики взаємодії користувачів із застосунком, визначати слабкі місця в інтерфейсі, аналізувати шлях користувача та приймати обґрунтовані рішення на основі зібраних даних. Завдяки їм можна швидко реагувати на зміни в поведінці аудиторії та адаптувати продукт до нових потреб. Окрім аналітичних платформ, широко застосовуються методи прямого дослідження — бета-тестування, онлайн-опитування, фокус-групи та інтерв'ю з користувачами. Вони дозволяють не лише перевірити функціональність, а й отримати глибше розуміння очікувань і мотивацій цільової аудиторії.

Важливим джерелом інсайтів є також відкриті платформи — App Store і Google Play. Аналізуючи коментарі, рейтинги, відгуки та частоту скарг, розробники можуть оперативно виявляти технічні або UX-проблеми, знаходити ідеї для розвитку функціоналу та оцінювати загальне сприйняття продукту. Додатково використовуються сервіси на кшталт App Annie, Sensor Tower або Data.ai, які дозволяють відстежувати динаміку конкурентів, їхні ключові стратегії, рівень монетизації та рейтинг у категорії.

Практика показує, що застосунки, створені на основі глибокого аналізу ринку, швидше набирають аудиторію, мають вищі показники утримання та стабільне зростання доходів. Особливо успішні ті продукти, які не лише відповідали запитам користувачів, а й гнучко реагували на зміни — впроваджували інновації, як штучний інтелект, AR, голосове управління або персоналізовані сценарії.

Втім, дослідження ринку супроводжується певними викликами. Серед основних — складність отримання достовірних і репрезентативних даних, обмежений доступ до аналітики конкурентів, а також значні часові та фінансові витрати. У таких умовах важливими стають чітке планування, використання перевірених інструментів, поєднання кількісних і якісних методів та гнучкість у прийнятті рішень.

Отже, дослідження ринку — це не просто стартовий етап, а стратегічний інструмент, який визначає успіх мобільного застосунку. Воно дозволяє створювати продукти, орієнтовані на потреби користувачів, з високою релевантністю та потенціалом до зростання в умовах жорсткої конкуренції.

Література

1. Александров М. (2023) Як дослідити ринок перед запуском стартапу чи бізнесу? [online], *Brander*. URL : <https://bit.ly/4icirgH>
2. Шоляк В. (2024) Що таке мінімально життєздатний продукт (MVP) та як це використовувати в бізнесі [online], *Wizeclub*. URL : <https://wizeclub.education/blog/shho-take-minimalno-zhittyezdatnij-produkt-ta-yak-tse-vikoristovuvati-v-biznesi>.

ПРОЄКТУВАННЯ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ДІЯЛЬНІСТЮ КОМП'ЮТЕРНОЇ КОМПАНІЇ

Вдовенко Д. О., Сєдих О. Л.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: dmitryvdvnk@gmail.com

Design and Implementation of an Information System for Managing the Operations of a Computer Company

This paper presents the design and implementation of an information system for managing the operations of a computer company. The system aims to automate key business processes, including handling data on customers, suppliers, employees, products, and orders. Developed using PHP, MySQL, and HTML, the web-based solution ensures efficient data processing and a user-friendly interface. The system supports data entry, editing, search, and report generation, enabling centralized control and fast access to information. The proposed solution improves business efficiency and lays the foundation for further functional and security enhancements.

Інформаційні системи є важливим інструментом автоматизації бізнес-процесів, що дозволяє підприємствам ефективно керувати своїми ресурсами, оптимізувати робочі процеси та покращувати якість обслуговування клієнтів.

У цій роботі розглядається розробка інформаційної системи для комп'ютерної фірми, яка автоматизує управління даними про клієнтів, постачальників, товари, замовлення та працівників.

Метою розробки є створення веб-орієнтованої системи для адміністрування бізнес-процесів комп'ютерної фірми, що дозволить швидко та ефективно обробляти інформацію. Для виконання поставленого завдання використано сучасні технології баз даних, веб-програмування та адміністрування.

Для реалізації інформаційної системи було використано наступні програмні засоби:

- phpMyAdmin — для адміністрування бази даних;
- MySQL — як система управління базами даних (СУБД);
- SQL — для створення, зміни та отримання даних з бази;
- PHP та HTML — для створення веб-інтерфейсу користувача.

Ці програмні засоби були обрані через їхню доступність, простоту у використанні та ефективність у створенні веб-орієнтованих систем. phpMyAdmin забезпечує зручне керування базою даних через інтерфейс, MySQL є стабільною та швидкою СУБД, SQL — стандарт для роботи з даними, а PHP та HTML дозволяють швидко створити функціональний веб-інтерфейс користувача.

Внаслідок була створена інформаційна система підтримки діяльності інтернет-магазину (рис. 1) , що забезпечує оперативну обробку замовлень від

клієнтів та дозволяє контролювати надходження товарів від постачальників для виконання безперебійної роботи магазину.

Основні функціональні можливості системи включають: введення, редагування та видалення інформації про товари, постачальників, працівників, клієнтів та замовлення; пошук, отримання та аналіз необхідної інформації; контроль за виконанням замовлень; формування звітів та експорт даних у зручному форматі.

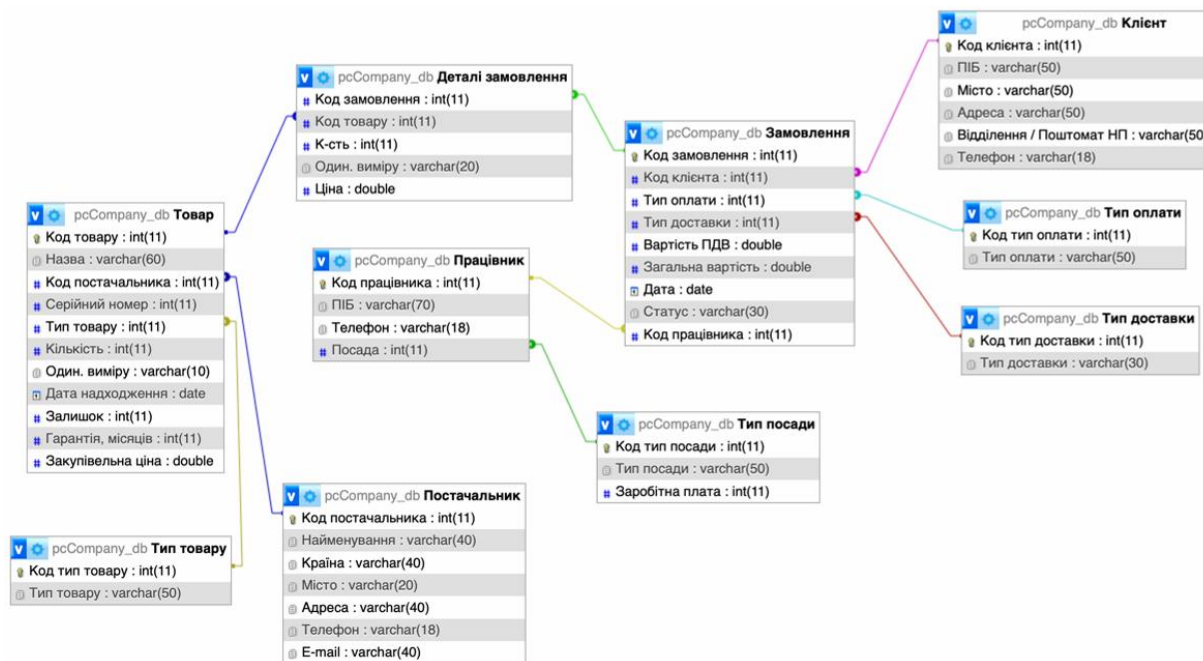


Рис. 1. Схема інформаційної системи «Комп'ютерна фірма»

Завдяки PHP, MySQL та HTML забезпечено зручний інтерфейс і швидку обробку даних. Система підвищує ефективність бізнес-процесів і має потенціал для подальшого вдосконалення.

Інтеграція сучасних технологій та засобів для роботи з базами даних суттєво підвищила ефективність розробленої інформаційної системи. Отримані результати свідчать про доцільність подальшого розвитку функціоналу з метою покращення зручності та якості користувацького досвіду. Створений додаток може бути успішно використаний у діяльності приватних торговельних підприємств для автоматизації бізнес-процесів.

Література

1. Achour M. et al. (2024) *Посібник з PHP* [online] URL : <https://php.org.ua/manual/uk/index.md>.
2. W3Schools.com (2025) *PHP MySQL Database* [online]. URL : https://www.w3schools.com/php/php_mysql_intro.asp.
3. Маїлян А. (2019) Огляд основних SQL запитів [online], *ITVDN*. URL : <https://itvdn.com/ua/blog/article/m-sql>.

РОЗРОБЛЕННЯ ВЕБ-ОРІЄНТОВАНОГО ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ У КОМПАНІЇ ТОВ «САНМАКС КАРГО»

Горенко Я. М., Грама М. П.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: gorenko.yaroslav.ua@gmail.com

Development of a Web-Oriented Tool for Process Automation in the Company “SANMAX CARGO” LLC

An information system is a set of hardware, software, data, procedures and personnel that collects, stores, processes, analyses, transmits and displays information. Information systems are used to support and improve decision-making, management and coordination of various aspects of organisations and businesses.

У сучасних умовах високої конкуренції та постійного зростання обсягів вантажоперевезень автоматизація логістичних процесів стає важливою складовою успішної діяльності транспортно-експедиційних компаній. Одним із ефективних рішень у цій сфері є впровадження веб-орієнтованих інформаційних систем, які дозволяють централізовано управляти операціями, забезпечувати прозорість ланцюгів постачання та покращувати якість взаємодії з клієнтами і перевізниками. Саме з цією метою було розроблено веб-орієнтований інструмент для автоматизації логістичних процесів у компанії «САНМАКС КАРГО».

Цей інструмент має на меті оптимізувати ключові процеси компанії, такі як обробка заявок на перевезення, контроль вантажопотоків, моніторинг виконання замовлень, комунікація з клієнтами та партнерами, а також формування звітності. За допомогою інтегрованої веб-системи стало можливим оперативне керування маршрутами, ефективне планування завантаження транспортних засобів та забезпечення зворотного зв'язку з усіма учасниками логістичного ланцюга.

Головними перевагами впровадження цієї системи є: зниження ручної праці та кількості помилок, прискорення обробки замовлень, централізація даних у єдиній базі, миттєвий доступ до актуальної інформації, а також можливість віддаленої роботи з будь-якого пристрою через браузер. Система забезпечує повний цикл логістичного обслуговування — від реєстрації заявки до її виконання і звітування. Це сприяє прозорості процесів, підвищує відповідальність виконавців та забезпечує якісне обслуговування клієнтів.

Метою проєкту стало створення інноваційного веб-інструменту, який відповідатиме специфіці діяльності ТОВ «САНМАКС КАРГО» і враховуватиме всі особливості логістичних операцій компанії. Розробка включала створення зручного й інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу, реалізацію багато-

функціонального кабінету адміністратора, впровадження механізмів контролю статусів замовлень, а також можливість візуалізації логістичних даних у вигляді графіків і таблиць.

Під час створення системи було використано сучасні веб-технології, що забезпечили її продуктивність, масштабованість і безпеку:

PHP — мову програмування використано для створення функціоналу системи. Нею можна розробляти різноманітну функціональність, включаючи обробку форм, взаємодію з базами даних, створення динамічного контенту та інше. Основні переваги PHP — простота в освоєнні, широкі можливості для реалізації різних веб-проектів та активна спільнота розробників, яка забезпечує підтримку та розвиток мови [1].

JavaScript — мова, що використовувалась для додання інтерактивності веб-інтерфейсу. Завдяки JavaScript було реалізовано оновлення даних без перезавантаження сторінки, валідацію форм, а також динамічну взаємодію між користувачем і системою [2].

HTML — застосовувався для побудови каркасу та наповнення веб-сторінки. Це мова розмітки, яка визначає структуру веб-документа та організовує вміст за допомогою тегів. За її допомогою можна створювати заголовки, абзаци, таблиці, списки, зображення та гіперпосилання, що забезпечують логічну послідовність та взаємозв'язок між сторінками сайту [3].

CSS — використовувався для візуального оформлення сторінок, надаючи їм привабливий та узгоджений вигляд. Це таблиця стилів, яка задає зовнішній вигляд HTML-елементів, включаючи кольорову гаму, типографіку, відступи, розміри, рамки, тіні та ефекти. Завдяки CSS стало можливим створення адаптивного дизайну, що підвищує зручність взаємодії з інтерфейсом користувача [4].

Bootstrap — фреймворк, який значно прискорив розробку інтерфейсу завдяки використанню готових компонентів. З його допомогою було створено привабливий, адаптивний дизайн, що зручно масштабується під різні екрани [5].

MySQL — обрано для управління базами даних і зберігання інформації для веб-додатків та сайтів. Це система управління реляційними базами даних, яка дозволяє організовувати, зберігати та витягувати дані за допомогою мови SQL (Structured Query Language).

MySQL підтримує складні запити, транзакції, індекси та обмеження цілісності, що робить його потужним інструментом для роботи з великими обсягами даних. Його основні переваги включають високу продуктивність, надійність, масштабованість і підтримку багатокористувацького режиму. Використання MySQL дозволяє ефективно керувати даними та забезпечувати їхню цілісність і доступність для веб-систем [7].

Chart.js — бібліотека, яка дозволила візуалізувати логістичну аналітику у вигляді графіків і діаграм. З її допомогою можна відстежувати динаміку замовлень, завантаження транспортних засобів, затримки у доставці тощо. Вона підтримує різноманітні типи графіків, зокрема лінійні, стовпчасті, кругові, а також дає змогу налаштовувати зовнішній вигляд візуалізацій відповідно до

потреб користувача. Інтерактивність і анімація роблять подання даних більш зрозумілим та зручним для аналітики в реальному часі [6].

У результаті впровадження веб-орієнтованого інструменту «САНМАКС КАРГО» отримала ефективний цифровий інструмент для управління логістикою, що значно покращив якість внутрішніх процесів, скоротив час виконання замовлень і підвищив рівень обслуговування клієнтів.

Система стала основою для подальшої цифрової трансформації компанії, забезпечуючи можливості для її масштабування, інтеграції із зовнішніми платформами та впровадження нових функціональних модулів.

Таким чином, розроблення веб-інструменту стала стратегічним кроком у розвитку логістичного бізнесу «САНМАКС КАРГО» у відповідь на сучасні виклики ринку.

Література

1. HyperHost (2025) *Що таке PHP?* [online]. URL : <https://hyperhost.ua/uk/wiki/chto-takoe-php>.
2. Кантор І. (2025) *Сучасний підручник з JavaScript* [online]. URL : <https://uk.javascript.info>.
3. Васильченко М. (2024) HTML і CSS: що це, кому та для чого потрібно [online], *GoIT Global*. URL : <https://goit.global/ua/articles/html-i-css-shcho-tse-komu-ta-dlia-choho-potribno>.
4. Драган В. В. (2025) *Довідник по CSS властивостям* [online]. URL : <https://css.in.ua/css/properties>.
5. Bootstrap Team (2025) *Build fast, responsive sites with Bootstrap* [online]. URL : <https://getbootstrap.com>.
6. Chart.js. (2025) *Chart.js. Simple yet flexible JavaScript charting library for the modern web* [online]. URL : <https://www.chartjs.org>.
7. HyperHost (2025) *Що таке MySQL?* [online]. URL : https://hyperhost.ua/uk/wiki/chto-takoe-mysql?gad_source=1&gclid=CjwKCAjw9cCyBhBzEiwAJTUWNTgHEZ6I-JkUaqCuwOwHQUiM9bBrC1gmkQh0UVkL4T2V6kk9qEQnahoC-tsQAvD_BwE.
8. Булій Д. Ю., Костіков М. П. (2023) Використання нового модуля MySQLi для роботи з базами даних на веб-сайті, *Матер. 89 міжнар. наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді — вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті»*, 3–7 квітня 2023, К. : НУХТ, ч. 2, с. 318.
9. Фендюр Р. А., Костіков М. П. (2021) JavaScript-фреймворк Svelte, *Матер. VIII Міжнар. наук.-техн. Internet-конф. «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами»*, 26 листоп. 2021, К. : НУХТ, с. 283–284.

РОЗРОБЛЕННЯ ІНТЕРНЕТ-МАГАЗИНУ ВЗУТТЯ ФОП «СИНЧУК П.П.»

Гриб А. С., Грибков С. В.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: grib.angelina.2004@gmail.com

Development of the online store of the production of FOP "Sinchuk P.P."

The created online store will simplify the sale of shoes, add new products, new categories, and manage orders. The online store makes it possible to effectively manage products, which in turn ensures a high level of productivity. The system provides for the separation of access between the administrative part and the user.

ФОП Синчук П. П. засноване у 2019 році, орієнтується на широке коло споживачів, та продає стильне та доступне взуття. В асортимент включено як і крафтове взуття, так і відомі бренди. Основна ідея компанії поєднати сучасний дизайн та зручність продукції.

За допомогою програмного засобу Bizagi Modeler було розроблено функціональну модель бізнес-процесів компанії, що дозволило проаналізувати та виявити інформаційні потоки, етапи виконання завдань і ролі учасників процесу. Цей інструмент надав можливість чітко описати та візуалізувати бізнес-процеси, що сприяло ефективному управлінню та оптимізації робочих потоків.

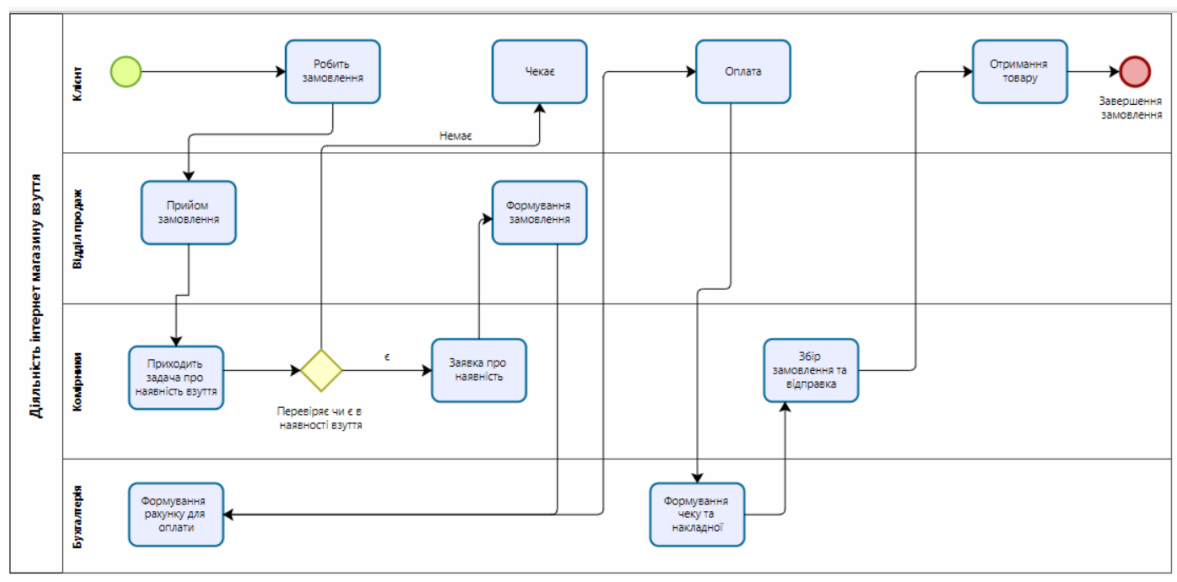


Рис. 1. Функціональна схема продажу взуття

Головна проблема пов'язана з ручною обробкою замовлень, та зберіганням інформації про товари, клієнтів та продажі, це впливає на загальну організацію бізнес-процесів:

- прийом замовлень обробляється через телефонні дзвінки або месенджери;
- відсутній особистий кабінет клієнта — не можна переглянути історію замовлень;
- складно масштабувати бізнес — ручна робота обмежує кількість оброблених замовлень.

База даних розроблялась за допомогою міграцій з використанням бібліотеки Microsoft.EntityFrameworkCore.Tools в Visual Studio, на Рисунку 2 показано модель бази даних в MS SQL Server [3–4; 6].

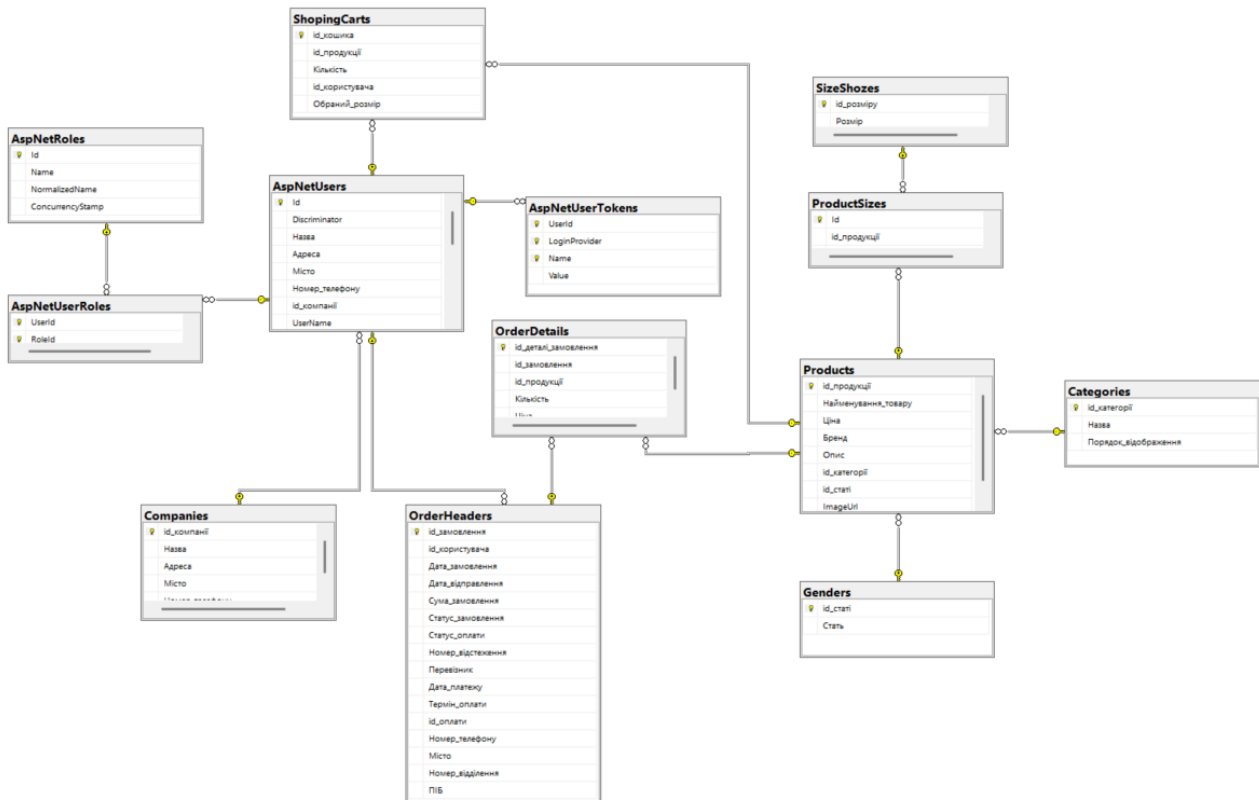


Рис. 2. Модель бази даних

На основі аналізу конструкторів, мов програмування та витрат було прийняте рішення, розробити інтернет-магазин взуття ФОП Синчук П.П. на C# ASP.NET Core MVC, який дозволить клієнтам переглядати каталог, оформлювати замовлення, а адміністраторам — керувати товарами та замовленнями [2, 5].

Основні функції повинні включати:

- Користувачі: реєстрація, авторизація, перегляд каталогу, кошик, оформлення замовлення.
- Адміністратори: управління товарами, замовленнями та категоріями.
- Безпека — вбудовані механізми захисту (аутентифікація, захист від атак).

- Економія у довгостроковій перспективі — відсутність щомісячних витрат на плагіни.

Переваги веб-магазину на основі C# ASP.NET Core з використанням патерну MVC:

- Відсутність платних плагінів — у системах WooCommerce, OpenCart доведеться купувати модулі (\$50–500).
- Гнучкість та масштабованість — можна додавати унікальні функції, інтегрувати CRM та API.
- Вища продуктивність — ASP.NET Core швидше обробляє запити, ніж PHP-основні CMS.
- Безпека — вбудовані механізми захисту (аутентифікація, захист від атак).
- Економія у довгостроковій перспективі — відсутність щомісячних витрат на плагіни.

У процесі розробки інтернет-магазину взуття для ФОП Синчук П.П. було реалізовано низку функціональних можливостей, що забезпечують ефективну роботу як для звичайних користувачів, так і для адміністратора системи.

Основна мета — спростити процес продажу взуття, автоматизувати обробку замовлень та забезпечити зручне керування товарним асортиментом. Нижче наведено основні функції, реалізовані в системі.

Основні функції системи:

- реєстрація, авторизація та управління особистим кабінетом;
- перегляд каталогу, пошук і фільтрація продукції;
- додавання, редагування, оформлення замовлення;
- перегляд історії та деталей замовлень користувача;
- адмін-панель для керування продукцією, категоріями та замовленнями;
- управління замовленнями клієнтів.

Література

1. Bizagi (2025) *Business Process Modeling. BPMN* [online] URL : <https://www.bizagi.com/en/business-process-modeling>.
2. Microsoft (2025) *Документація ASP.NET Core* [online]. URL : <https://learn.microsoft.com/aspnet/core>.
3. Microsoft (2025) *Документація Visual Studio* [online]. URL : <https://learn.microsoft.com/visualstudio>.
4. Microsoft (2025) *Документація SQL Server* [online]. URL : <https://learn.microsoft.com/sql>.
5. Microsoft (2025) *Microsoft Docs: C# Guide* [online] URL : <https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/csharp>.
6. Microsoft (2025) *Entity Framework Core* [online] URL : <https://docs.microsoft.com/en-us/ef/core>.

АНОНІМІЗАЦІЇ ДАНИХ

Гуро Д. А., Грибков С. В.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: kaliniaguro@gmail.com

Data Anonymization

The paper considers a technical approach to anonymizing GA4 data in BigQuery, which will eliminate direct and indirect markers that indicate the user (user_id, device_id, event_params, geo-data), preserve the ability to build machine learning models and recommendation algorithms by combining classical de-identification methods (hashing, k-anonymity, ℓ -diversity, t-closeness, differential privacy) within the GA4 data structure.

Система Google Analytics 4 (GA4) забезпечує експорт деталізованих журналів подій до BigQuery, включаючи такі ідентифікатори, як user_id, device_id, параметри подій, а також геолокаційні дані. Ця інформація відіграє ключову роль у проведенні поглибленого аналізу даних і розробці моделей машинного навчання, оскільки дозволяє створювати точні аналітичні моделі та прогнозувати поведінку користувачів. Водночас такі дані містять елементи, що потенційно можуть сприяти ідентифікації окремих осіб, створюючи виклики для забезпечення конфіденційності. Прикладом є випадок із конкурсом Netflix Prize, де знеособлені дані про рейтинги користувачів вдалося відновити шляхом зіставлення з іншими джерелами інформації [3]. Цей прецедент ілюструє, що застосування лише первинних методів хешування є недостатнім для гарантування анонімності без використання додаткових захисних механізмів, таких як диференційна приватність чи розширені методи знеособлення [1, 2]. У контексті обробки великих обсягів даних, що містять персональну інформацію, необхідність комплексного підходу до захисту даних стає особливо актуальною, враховуючи як технічні, так і етичні аспекти їх використання. Забезпечення балансу між аналітичною цінністю даних і захистом приватності користувачів вимагає впровадження багатопланових стратегій безпеки, які враховують сучасні стандарти кібербезпеки та законодавчі вимоги.

У науковій літературі описано різноманітні підходи до анонімізації даних: від простого хешування до складних статистичних моделей із гарантіями приватності [2, 8, 12]. У контексті GA4 потрібно поєднувати кілька рівнів де-ідентифікації, аби зберегти цінність даних для машинного навчання й уникнути ризику витоку чутливої інформації.

Розробити технічний підхід до анонімізації даних GA4 у BigQuery, що дозволить усунути прямі й опосередковані маркери, що вказують на користувача (user_id, device_id, event_params, гео-дані), зберегти можливість побудови моделей машинного навчання та рекомендаційних алгоритмів шляхом комбінації класичних методів де-ідентифікації (хешування, k-

анонімність, ℓ -різноманітність, t -близькість, диференційна приватність) у межах структури даних GA4.

Поля GA4, що несуть ризики ідентифікації, включають: `user_id` і `device_id` — прямі ідентифікатори користувачів/пристроїв; `event_params` — параметри подій, які можуть містити РІІ (наприклад, `email`, ідентифікатори транзакцій); гео-дані (місто, регіон, IP) — квазі-ідентифікатори за невеликої аудиторії [1; 15].

Найпопулярнішим методом анонімізації даних є хешування. Воно полягає у заміні чутливих даних, таких як ідентифікатори, на криптистійкі хеші (SHA-256 із сіллю) розірвала прямий зв'язок із особою, зберігши можливість об'єднувати події одного користувача [8; 15]. Однак псевдонімізація може бути вразливою до атак із попередньо обчисленими таблицями, якщо виявлено сіль [3]. Тому хешування поєднують із іншими техніками анонімізації.

Іншою базовою методикою є алгоритм k -анонімності. Ідея полягає в тому, що кожний запис «зливається» з щонайменше $k-1$ іншими за набором квазі-ідентифікаторів [5]. У випадку GA4 ними виступають узагальнені геодані (країна замість міста), категорії пристроїв (`desktop/mobile`) та часові інтервали (день замість секунд) [2; 5].

Хоча k -анонімність це цікава ідея, проте такий спосіб агрегації даних не гарантує повного захисту чутливих атрибутів, бо в групах може бути однорідне значення (наприклад, усі користувачі зробили ту саму дію). ℓ -різноманітність вимагає, щоб у кожній k -групі було щонайменше ℓ різних значень чутливого поля (наприклад, «наявність покупки») [6].

Іншим, більш суворим критерієм є t -близькість: розподіл чутливого атрибута у кожній групі має бути подібним до загального розподілу (відстань не більш ніж t) [7]. Хоч практично точне вимірювання t -близькості складне через велику розмірність GA4-даних, можна спробувати наближення: розділити дані так, щоб доля чутливих подій (наприклад, покупки) у кожній групі відхилялася від глобальної не більше ніж на 10%. Таким чином можна зменшити ризик витоку через відмінності розподілів.

Найбільш строгий сучасний підхід до анонімізації — це диференційна приватність (DP) [9]. Вона забезпечує математичну гарантію того, що результати аналізу даних практично не зміняться при додаванні або видаленні інформації про окрему особу [9]. Формально, механізм аналізу K є ϵ -диференційно приватним, якщо для будь-яких двох наборів даних, що відрізняються лише одним записом, ймовірності отримати будь-який результат S майже однакові (відрізняються не більше, ніж у e^ϵ разів) [9, 12]. Практично це досягається шляхом додавання керованого випадкового шуму до результатів запитів чи до самих даних [12, 13].

Хешування ідентифікаторів. Поля ідентифікаторів `user_id`, `user_pseudo_id` та `device_id` замінено псевдонімами (хешами), які неможливо перетворити назад у вихідні значення без знання секретної солі. Це унеможливорює пряму ідентифікацію користувача, водночас зберігаючи можливість об'єднувати події одного користувача для рекомендаційних алгоритмів.

Узагальнення та k -анонімність. Геодані користувачів узагальнено до рівня країни, часові мітки подій — до дня. Такий підхід забезпечив k -анонімність з $k=10$ для всіх комбінацій «країна + тип пристрою + день», бо кожна така група містила щонайменше 10 користувачів. Завдяки цьому унеможливлено виділення окремого запису на основі геолокації чи часової активності.

ℓ -різноманітність. У межах тих самих k -груп забезпечено, що мінімально $\ell=2$ значень чутливого атрибута (наприклад, «наявність покупки преміум-підписки») присутні одночасно. Це унеможливлює висновок про користувача на основі знання належності до групи.

t -близькість. Хоча явне вимірювання t -близькості через високу розмірність виявляється складним, проведено якісну перевірку: розподіли ключових параметрів подій (середня кількість переглядів, частка покупок) у кожній когорті суттєво не відрізняються від глобальних. Наприклад, якщо в середньому по вибірці 30% користувачів додають товари у кошик, то і в кожній k -групі цей коефіцієнт знаходився в межах 20–40%, що свідчить про близькість до загального розподілу.

Диференційна приватність. Для ключових агрегованих показників (кількість унікальних користувачів, середня тривалість сесії, сума транзакцій) застосовано DP з параметром $\epsilon=0.5$. Доданий шум гарантував, що при багаторазовому запиті результати не дозволяли відрізнити участь конкретного користувача, зберігаючи при цьому достатню точність для статистичного аналізу.

Хешування із SHA-256 + salt створює базову псевдонімізацію, але потребує доповнень іншими методами.

k -анонімність ($k = 10$) та ℓ -різноманітність ($\ell = 2$) узагальнюють квазі-ідентифікатори (країна, тип пристрою, день), запобігаючи унікальній ідентифікації.

t -близькість забезпечує, що розподіл чутливих атрибутів у групах подібний до глобальних, знижуючи ризик виведення через зовнішні знання.

Диференційна приватність ($\epsilon = 0.5$) додає остаточний рівень захисту до агрегатів, унеможливаючи учасницький ефект одного користувача.

Баланс між захистом і корисністю даних досягнуто завдяки комбінуванню методів: занадто «груба» анонімізація руйнує корисні патерни, а «слабка» лишає лазівки. Параметри (k , ℓ , t , ϵ) слід обирати з урахуванням розміру вибірки та допустимого рівня ризику.

Ефективність методики підтверджено мінімальною втратою якості моделі рекомендацій ($< 2\%$ точності) при значному зниженні ризику витоку РІІ.

Залежно від характеру даних, які необхідно передати, зокрема від рівня їхньої деталізації та специфіки використання, доцільно застосовувати різні методологічні підходи до їх обробки та захисту. У випадках, коли потрібен обмін неагрегованими даними, що стосуються індивідуальних користувачів, використання методів хешування є обов'язковим для забезпечення анонімності та захисту персональної інформації. Хешування дозволяє трансформувати ідентифікатори в унікальні коди, що ускладнює їхню ідентифікацію без

доступу до додаткових джерел, хоча потребує супроводу іншими механізмами безпеки. Натомість, якщо завдання передбачає передачу агрегованих даних, які відображають групові характеристики без прив'язки до окремих осіб, можуть бути використані альтернативні методи, описані в літературі, зокрема статистичне узагальнення, групування чи методи маскування даних. Такі підходи забезпечують достатній рівень конфіденційності при збереженні аналітичної цінності даних, дозволяючи адаптувати стратегію обробки до конкретних потреб і вимог щодо безпеки.

Література

1. Raj H. W., Balachandran S. (2020). A Survey of Data Anonymization Techniques for Privacy-Preserving Mining in Bigdata. *Journal of Computer Science*, 16(2), 194–201.
2. Fung B. C. M., Wang K., Chen R., Yu P. S. (2010) Privacy-Preserving Data Publishing: A Survey of Recent Developments. *ACM Computing Surveys*, 42(4), 1–53.
3. Narayanan A., Shmatikov V. (2008). Robust De-anonymization of Large Sparse Datasets. *Proc. IEEE S&P*, 111–125.
4. Niño de Rivera J. L., Valentim F., Carmo T. M., Filho C. G. (2021) Anonymization Effectiveness in Machine Learning Datasets: A Case Study. *Int. J. Data Science*, 5(1), 45–58.
5. Sweeney L. (2002). k-Anonymity: A Model for Protecting Privacy. *Int. J. Uncertainty, Fuzziness, and Knowledge-Based Systems*, 10(5), 557–570.
6. Machanavajjhala A., Kifer D., Gehrke J., Venkatasubramanian M. (2007) ℓ -Diversity: Privacy Beyond k-Anonymity. *ACM TKDD*, 1(1), 3:1–3:52.
7. Li N., Li T., Venkatasubramanian S. (2007) t-Closeness: Privacy Beyond k-Anonymity and ℓ -Diversity. *Proc. ICDE*, 106–115.
8. Agrawal R., Srikant R. (2000) Privacy-Preserving Data Mining. *Proc. SIGMOD*, 439–450.
9. Dwork C. (2006). Differential Privacy. *Proc. ICALP*, 1–12.
10. Andrés M. E., Bordenabe N. E., Chatzikokolakis K., Palamidessi C. (2013) Geo-Indistinguishability: Differential Privacy for Location-Based Systems. *Proc. CCS*, 901–914.
11. Aktay A., Bavadekar S., Cossoul G., et al. (2020). *Google COVID-19 Community Mobility Reports: Anonymization Process Description* (v1.1). arXiv:2004.04145.
12. Clifton C., Tassa T. (2013). On Syntactic Anonymity and Differential Privacy. *Trans. on Data Privacy*, 6(2), 161–183.
13. Abadi M., Chu A., Goodfellow I., et al. (2016). Deep Learning with Differential Privacy. *Proc. CCS*, 308–318.
14. Erlingsson Ú., Pihur V., Korolova A. (2014). RAPPOR: Randomized Aggregatable Privacy-Preserving Ordinal Response. *Proc. CCS*, 1054–1067.
15. Aggarwal C. C., Yu P. S. (Eds.) (2008). *Privacy-Preserving Data Mining: Models and Algorithms*. Springer.

ВЕБ ДОДАТОК ДЛЯ ОФОРМЛЕННЯ ЗАМОВЛЕНЬ У ЗАКЛАДІ ХАРЧУВАННЯ «PONCHYKBOY»

Зубенко М. І., Грама М. П.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: max.zubenko20@gmail.com

Web Application for Ordering in the «PonchykBoy» Café

Many small food service businesses suffer from inefficient order processing due to manual workflows and fragmented systems. Although some flexible solutions exist, they are rarely adopted by such enterprises due to cost, complexity, or lack of customization. This paper presents a custom web-based system tailored to small café operations, demonstrating how targeted digital tools can enhance efficiency and customer service quality.

У сучасних умовах цифровізація є важливою складовою для збереження конкурентоспроможності малого бізнесу. Це особливо стосується закладів громадського харчування, таких як кафе, пекарень та пончикних, де швидкість обслуговування, точність обробки замовлень та якість клієнтського сервісу мають велике значення. Невеликі підприємства часто стикаються з труднощами, пов'язаними з ручною обробкою інформації, відсутністю єдиної системи управління, низьким рівнем автоматизації процесів, а також проблемами із масштабуванням і аналізом ефективності.

Підприємство «PonchykBoy» — один із прикладів малого бізнесу, де з часом виникла потреба в поліпшенні процесів прийому та обробки замовлень. Зі зростанням кількості клієнтів стало очевидно, що для подальшого розвитку потрібно впровадити рішення, яке дозволить краще керувати щоденними операціями. Усе це сформувало передумови для пошуку більш сучасного й адаптивного підходу до організації роботи із замовленнями.

До початку розробки було проведено детальний аналіз внутрішніх процесів малого кафе «PonchykBoy», що стосуються прийому, обробки та виконання замовлень. На підприємстві використовувався комбінований підхід: частина замовлень приймалася безпосередньо в закладі, частина — через сторонній веб-сервіс, а деякі — взагалі у телефонному режимі. Всі замовлення оброблялись вручну, без використання єдиної цифрової системи. Це ускладнювало контроль, сповільнювало обробку інформації та створювало додаткове навантаження на персонал.

У процесі аналізу було виявлено низку характерних недоліків:

- значні витрати часу на ручне опрацювання замовлень;
- ймовірність помилок під час введення чи передачі даних;
- відсутність централізованого зберігання інформації;
- неможливість відстеження статусу замовлення в реальному часі;

Окрему увагу було приділено огляду наявних на ринку цифрових рішень для автоматизації процесів у сфері громадського харчування. Було встановлено, що більшість таких систем орієнтовані на середні та великі підприємства і передбачають значні фінансові витрати на впровадження та обслуговування. Крім того, переважна частина рішень не дозволяє гнучко адаптувати функціонал до специфіки конкретного бізнесу, що особливо критично для невеликих закладів із нестандартною організацією процесів.

Враховуючи зазначене, було зроблено висновок про доцільність розробки власного веб-додатку, який би повністю відповідав реальним потребам підприємства, забезпечував зручність користування, підтримував можливість масштабування, а також дозволяв централізовано керувати замовленнями та взаємодією з клієнтами.

У процесі розробки веб-додатку для обробки замовлень у кафе «PonchukBoу» було застосовано актуальні веб-технології, які забезпечують стабільність, масштабованість і гнучкість системи. Клієнтська частина реалізована з використанням React, що дало змогу створити інтерактивний інтерфейс із адаптивною версткою. Серверна частина побудована на фреймворку Django, який працює на мові програмування Python та забезпечує швидко реалізацію логіки додатку і взаємодію з базою даних [2, 4].

Для зберігання структурованої інформації було обрано реляційну базу даних PostgreSQL, яка гарантує надійність і високу продуктивність при роботі з великими обсягами даних. Всі основні компоненти системи були контейнеризовані за допомогою Docker, що спростило розгортання додатку, забезпечило ізоляцію середовищ і полегшило подальше супроводження [3].

Таке технічне рішення дало змогу створити зручний у користуванні веб-додаток, який легко підтримувати та розвивати в майбутньому.

Веб-додаток для кафе «PonchukBoу» реалізує базову та адміністративну функціональність, що охоплює всі етапи роботи із замовленнями. Основні можливості системи включають:

1. Оформлення та обробка замовлень — створення клієнтами замовлень через веб-інтерфейс із можливістю відстеження їх статусу та історії.
2. Користувацький кабінет — доступ до персональної інформації, попередніх замовлень та зворотного зв'язку.
3. Управління меню — адміністрування товарів, категорій, цін і описів продукції з боку персоналу.
4. Система ролей і доступу — розмежування прав між адміністраторами, працівниками та клієнтами для безпечної та керованої взаємодії.
5. Сповіщення про замовлення — інформування користувачів про статуси замовлень та зміни у їх обробці.

Реалізація зазначеного функціоналу дозволяє централізувати ключові бізнес-процеси, зменшити навантаження на персонал і покращити якість обслуговування клієнтів.

Однією з ключових переваг створеного веб-додатку є його здатність швидко адаптуватися до змін у роботі закладу. У разі розширення асортименту, змін у складі персоналу чи збільшення обсягів замовлень, система дозволяє

легко вносити корективи без необхідності її повної модернізації. Важливою особливістю є також можливість накопичення статистичних даних про замовлення й активність клієнтів, що відкриває перспективи для глибшого аналізу, персоналізації послуг і побудови ефективних маркетингових стратегій.

Після тестування додатку можна виділити, що його архітектура, функціональність і технічні характеристики демонструють високий потенціал для практичного застосування. Очікується, що після впровадження веб-додаток сприятиме зменшенню кількості помилок під час обробки замовлень, підвищенню оперативності персоналу та покращенню загального рівня обслуговування клієнтів. Подібне рішення цілком доцільно впроваджувати в малих і середніх закладах громадського харчування, які стикаються з аналогічними проблемами — ручною обробкою замовлень, нестачею єдиної системи обліку, труднощами з масштабуванням і контролем якості обслуговування. Система має всі передумови стати ефективним інструментом для цифрової трансформації такого бізнесу.

Попри позитивні технічні характеристики та функціональність, проєкт має певні недоліки, притаманні раннім версіям подібних систем. Зокрема, нинішня версія веб-додатку не передбачає інтеграції з платіжними системами або зовнішніми CRM-рішеннями, що може обмежити його застосування в більш масштабних або спеціалізованих бізнес-моделях. Крім того, відсутність нативного мобільного додатку може створити певні незручності для користувачів, які надають перевагу замовленням через смартфони.

Також, оскільки система ще не була протестована в реальних умовах експлуатації, можуть виникнути незначні технічні або UX-проблеми, які потребуватимуть доопрацювання після першого етапу впровадження.

Втім, усі зазначені недоліки не суттєві та не критичні для основних функцій продукту. У контексті малого бізнесу, де часто потрібні прості та адаптовані під потреби рішення, запропонований веб-додаток залишається кращим вибором серед типових альтернатив — завдяки доступності, гнучкості, простоті розгортання та орієнтації на реальні потреби користувача.

Розроблений веб-додаток є прикладом практичного рішення для покращення організації щоденних процесів у малому бізнесі. Проєкт показує, як навіть відносно простий інструмент може вплинути на зручність роботи персоналу та взаємодію з клієнтами.

Література

1. Deitel P., Deitel H. (2019) *Python for Programmers: with Big Data and Artificial Intelligence Case Studies*. London : Pearson Education, 640 p.
2. BrowserStack (2025) *Web Development in Python* [online]. URL : <https://www.browserstack.com/guide/web-development-in-python-guide>
3. Docker (2022) *How to “Dockerize” Your Python Applications* [online]. URL : <https://www.docker.com/blog/how-to-dockerize-your-python-applications>.
4. GeeksforGeeks (2024) *Python Web Development With Django* [online]. URL : <https://www.geeksforgeeks.org/python-web-development-django/>

АНАЛІЗ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ДАНИХ У POWER BI ПРИ ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦІВ ІЗ БІЗНЕС-АНАЛІТИКИ

Зубрецька Н. А., Філончук М. С.

Національний транспортний університет, Київ, Україна

E-mail: zubr2767@gmail.com

Data Analysis and Visualization in Power BI in the Training of Business Analytics Specialists

The paper explores the use of Power BI for developing key competencies in data analytics among IT students. It outlines the platform's capabilities for data modeling, visualization, and DAX-based calculations. A practical example using real-world datasets demonstrates the creation of interactive dashboards for business analysis. Power BI is shown to be an effective educational tool for building data-driven decision-making skills.

У сучасному цифровому суспільстві аналіз даних став основою ухвалення обґрунтованих рішень у бізнесі, науці, управлінні, логістиці, транспорті та інших сферах. Відповідно до цього, формування навичок роботи з даними та візуалізації є ключовим елементом підготовки фахівців у галузі інформаційних технологій [1–2].

Сучасні організації прагнуть отримувати точні, вчасні та візуально зрозумілі аналітичні висновки, що сприяє зростанню попиту на аналітичні професії. Попит на фахівців із навичками аналітики зростає як на світовому, так і на вітчизняному ринку праці — посади Data Analyst, BI Analyst, Business Analyst є одними із найзатребуваніших, що підтверджується динамікою вакансій на таких платформах, як DOU, Robota.ua, Work.ua та інших.

Аналітик у сфері даних — це не лише технічний спеціаліст, але й посередник між замовником і командою розробки, який розуміє потреби бізнесу, вміє інтерпретувати інформацію та формувати відповідні рекомендації. Для цього необхідно мати широкий спектр знань: від статистики, SQL, до навичок візуалізації даних [3–4].

Особливу роль відіграють вміння критично мислити, працювати з різними джерелами інформації та адаптувати аналітичні підходи до конкретних завдань, тобто у доступний спосіб представити складні залежності між змінними. Такі вміння є важливим елементом сучасної професійної підготовки, оскільки дають можливість ефективно доносити результати аналізу до зацікавлених сторін [5].

Одним із найбільш ефективних інструментів формування таких вмінь та практичних навичок є Microsoft Power BI — платформа бізнес-аналітики, яка дозволяє працювати з різними джерелами даних, виконувати трансформації, створювати розрахунки, будувати інтерактивні звіти та дашборди.

Power BI — це не тільки інструмент для бізнесу, а потужна навчальна платформа, яка дозволяє здобувачам вищої освіти засвоїти ключові аналітичні компетентності завдяки таким можливостям [6]:

- імпорт та інтеграція даних з підтримкою Excel, CSV, баз даних SQL, онлайн-сервісів, API, тощо — здобувачі навчаються працювати з великою кількістю структурованих джерел;
- моделювання даних — створення зв'язків між таблицями, нормалізація структури, формування логіки моделей;
- мова DAX (Data Analysis Expressions), що застосовується для обчислень, створення мір (measures), розрахункових колонок і дозволяє формувати аналітичне мислення з використанням таких метрик, як наприклад, обсяг продажів, кількість транзакцій, середній дохід, тощо;
- візуалізація даних із використанням широкого набору візуальних елементів (гістограм, секторних і деревоподібних діаграм, КРІ-індикаторів, різноманітних графіків і карт), кожен із яких налаштовується та взаємодіє з іншими на дашборді;
- фільтрація та взаємодія — здобувачі вчаться взаємодіяти з елементами дашборду (обирати категорії, фільтрувати значення змінних, змінювати вигляд представлення), що забезпечує формування навичок роботи зі сценаріями бізнес-аналітики у режимі реального часу.
- публікація та презентація — формування навичок збереження результатів аналітики, обміну ними через Power BI Service, публікації на веб-ресурсах, інтеграції та подання у презентації;

Таким чином, Power BI дає змогу створювати складні багатовимірні візуалізації з динамічною фільтрацією та міжвізуальними зв'язками, як показано на дашборді, де відображено ключові бізнес-показники, які оновлюються в реальному часі при взаємодії з користувачем (Рис. 1).

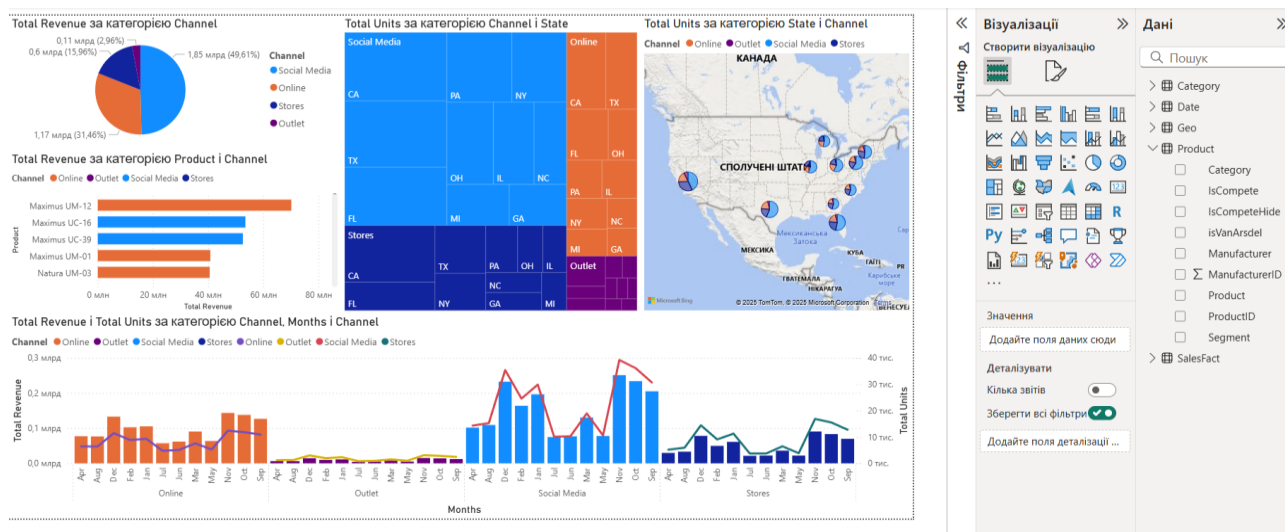


Рис. 1. Приклад аналітичного дашборду, створеного у Power BI

Дашборд (Рис. 1) створено у результаті виконання навчальних завдань на основі датасетів Category.xlsx, SalesFact.xlsx, Product.xlsx, Geo.xlsx, Date.xlsx за прикладом Competitive Marketing Analysis.pbix, який доступний на офіційному GitHub-репозиторії Microsoft. Дашборд включає такі взаємопов'язані елементи для швидкого аналізу сегментів ринку, каналів збуту чи часових періодів:

- секторну діаграму для розподілу доходу за каналами продажу;
- горизонтальну гістограму для топ-5 продуктів;
- деревоподібну діаграму кількості продажів за регіонами і каналами;
- мапу США з геоприв'язкою точок продажу;
- комбіновану гістограму та лінійний графік для щомісячного аналізу доходу і кількості проданих одиниць.

Побудова таких дашбордів дозволяє здобувачам не тільки опановувати функціонал платформи, а й формувати практичне розуміння логіки представлення інформації для прийняття рішень, закріплювати навички роботи з реальними комерційними даними, написання формул DAX, створення інтерактивних візуалізацій і використання фільтрації за складними аналітичними сценаріями.

Таким чином, використання Power BI в освітньому процесі забезпечує формування системного уявлення про основи бізнес-аналітики. Платформа є адаптивним навчальним середовищем, у якому здобувачі розвивають аналітичне мислення, вчать ухвалювати рішення на основі даних і формують практичні навички, затребувані на ринку праці.

Інтеграція Power BI у освітні програми є важливим елементом модернізації підготовки ІТ-фахівців, які здатні працювати в умовах цифрової трансформації.

Література

1. Samsul S. A. et al. (2023) *Education big data and learning analytics: a bibliometric analysis* [online], *Nature*. URL: <https://www.nature.com/articles/s41599-023-02176-x>.
2. Hurter B. (2024) *The Role of Data Analytics in Transforming Higher Education*, *Element451* [online]. URL: <https://element451.com/blog/data-analytics-in-higher-education>.
3. Повзик Р. (2022) *SQL, BI-системи, статистика: що потрібно знати для аналітика* [online], *DOU*. URL: <https://dou.ua/forums/topic/40265>.
4. US Bureau of Labor Statistics (2024) *Data Scientists: Occupational Outlook Handbook* [online]. URL : <https://www.bls.gov/ooh/math/data-scientists.htm>
5. Gavin M. (2019) *Business Analytics: What It Is & Why It's Important*, *Harvard Business School Online* [online]. URL : <https://online.hbs.edu/blog/post/importance-of-business-analytics>.
6. Microsoft (2025) *Офіційна документація Power BI* [online]. URL : <https://learn.microsoft.com/uk-ua/power-bi>.

АВТОМАТИЗОВАНА БІО-ТЕХНІЧНА СИСТЕМА МОНІТОРІНГУ ТА КЕРУВАННЯ ПАСІКОЮ

Іванишин В. В., Мошенський А. О.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: ut5uuv@gmail.com

An Automated Bio-Technical System for Monitoring and Controlling the Apiary: Lexical and Semantic Analysis of the Dissertation Research Topic

The effectiveness of the research and the success of the defense largely depend on the correct formulation of the dissertation topic. The correctness of the formulation is determined by the structural and semantic connection with the basic research problem and its relevance. It is also determined by the accuracy, specificity, and clarity of the wording itself (verbal construction).

Від правильності формулювання теми дослідження значною мірою залежить результативність дослідження та успішність захисту. Правильність формулювання визначається структурно-змістовим зв'язком з базовою проблемою дослідження та її актуальністю. А також з влучністю, конкретністю і зрозумілістю власне формулювання (вербальною конструкцією).

В умовах міждисциплінарного наукового середовища формулювання теми дослідження має базуватися на принципах структурної завершеності, термінологічної точності та відповідності науковій парадигмі галузі. З огляду на це, доцільним є проведення лексико-семантичного аналізу, який забезпечує цілісне розкриття змісту кожного елемента теми та виявляє взаємозв'язки між ключовими поняттями.

Тема дослідження — «Автоматизована біо-технічна система моніторингу і керування пасікою» — є складною, багаторівневою, побудованою за принципом логічної підпорядкованості. У цьому контексті лексико-семантичний аналіз реалізується шляхом побудови ієрархічної структури та подальшої семантичної інтерпретації кожного її елемента.

Мета (ідея) доповіді полягає у конкретизації тематичної спрямованості дослідження шляхом проведення лексико-семантичного аналізу теми дослідження аналогічно до структурно-функціонального аналізу теорії систем.

Для реалізації мети роботи скористаємося методикою публікації [1].

Правильне та точне формулювання теми будь-якого наукового дослідження є важливою умовою для успішності його виконання. Формулювання повинно відповідати як формальним, так і змістовним вимогам. Формальні вимоги включають правильне застосування орфографії та синтаксису. Щодо змістовних вимог, тема дослідження повинна чітко визначати його напрямок, описувати очікуваний результат, мету та методи дослідження, ключові поняття і терміни, які будуть використовуватися. Останні

становитимуть основу поняттєво-термінологічного апарату дослідження та визначатимуть його лексичні межі.

Під час аналізу теми дослідження слід враховувати використану лексику та мати чітку семантичну спрямованість. Тему можна розглядати як ієрархічну систему, розкриваючи компоненти та зв'язки між ними. Використання схематичних зображень спрощує розуміння ключових понять та вказує на послідовність їх використання для формулювання повноцінної теми дослідження.

Важливо враховувати, що структурування ієрархічної системи повинно бути зручним для розуміння дослідником та його аудиторією. Цей процес є суб'єктивним і принципово неформалізованим.

Існують два способи реалізації процесу аналізу та побудови ієрархічної деревоподібної схеми: індуктивний (знизу вгору) та дедуктивний (згори донизу). Перший варіант, який вважається більш ефективним та наочним, полягає в поступовому нарощуванні теми. Він відповідає процесу конструювання формулювання теми дослідження на основі ключових слів у межах визначеної проблеми. Але результуюча схема ієрархічного подання аналізу залишається однаковою для обох варіантів.

Згідно із сказаним нижній (у цьому випадку — третій) ієрархічний рівень схеми матиме такий вигляд: «автоматизована — система — біо-технічна — мікроконтролер — моніторинг — керування — біологічні об'єкти». Другий ієрархічний рівень матиме такий вигляд: «автоматизована система — біо-технічна система — моніторинг пасіки — керування пасікою». Перший ієрархічний рівень матиме такий вигляд: «автоматизована біо-технічна система — моніторинг і керування пасікою». На найвищому — нульовому — рівні розташовується повне формулювання теми дослідження: «Автоматизована біо-технічна система моніторингу і керування пасікою». Це складна багатокомпонентна вербальна конструкція, що інтегрує терміни з технічних, біологічних та управлінських наук. Вона передає цільову функцію (моніторинг і керування), об'єкт впливу (пасіка), засіб реалізації (автоматизована система) та домен функціонування (біо-технічний контекст).

Одержана у такий спосіб схема лексико-семантичного аналізу, де ієрархічність проявляється вертикально, знизу вгору, наведена на рис. 1. При цьому побудова структурного дерева формулювання теми дослідження реалізовано за правилами схематичного подання ієрархічних (багаторівневих) систем.

Слова та вирази, які виділені на схемі, становлять основу поняттєво-термінологічного апарату запропонованого дослідження. Оскільки у кожному дослідженні велика увага приділяється використанню термінології, науково обґрунтований поняттєво-термінологічний апарат важливо скласти, критично проаналізувавши дефініції термінів та визначення понять у різних джерелах, таких як державні стандарти, енциклопедії та наукові словники. Потрібно виділити найвідповідніші для дослідження, або ж сформулювати власні. Це надзвичайно важливо, оскільки в кожній науці, галузі знань або практичній сфері існує своя наукова мова.



Рис. 1. Схема лексико-семантичного аналізу теми дослідження

Часто використовувані терміни та поняття у повсякденному вжитку можуть не відповідати їх науковому визначенню. Аналіз теми дослідження допомагає підтвердити валідність спрямованості роботи та отриманих результатів, а також їх відповідність із загальною концепцією «тема → методика дослідження → отримані результати».

Базовими термінами розглядуваної теми дослідження є «автоматизована», «система», «біо-технічна», «моніторинг», «датчики», «алгоритми», «керування» та конкретне місце розробки і реалізації заходів — «пасіка». Наведемо результати семантичного аналізу цих слів, нагадавши, що завданням семантики є визначення значення (розуміння), сутнісної, змістової сторони певної мови (лексики), окремих слів і словосполучень.

Автоматизована (в інформаційних технологіях) — така, що реалізує інформаційну технологію виконання встановлених функцій за допомогою персоналу і комплексу засобів автоматизації, здійснює збирання інформації з об'єкта керування, передає, перетворює й обробляє її, формує керуючі команди та виконує їх на керованому об'єкті, тобто передбачає реалізацію цілісної інформаційної технології керування, що функціонує із залученням як технічних засобів (датчики, виконавчі пристрої, комп'ютерні платформи), так і людського персоналу, який виконує лише функції, не придатні до автоматизації або такі, що потребують інтелектуального втручання.

Система — комплексно організована і взаємодіюча група елементів або компонентів, які об'єднані спільною метою або функцією. Ці елементи взаємодіють між собою для досягнення певної мети або вирішення конкретної задачі.

Система може включати в себе об'єкти, процеси, інформацію, середовище та інші складові частини, які працюють спільно для досягнення певних цілей або вирішення конкретних проблем. Системи можуть бути фізичними, абстрактними або комбінацією обох видів.

Біо-технічна — пов'язана з використанням біологічних процесів для створення технічних рішень або систем. Може включати створення технічних засобів для вивчення або впливу на живі організми, а також застосування біологічних принципів та процесів в інженерії. В цьому дослідженні біологічна підсистема — бджоли, як об'єкт керування, технічна підсистема — електронні пристрої, які впливають на середовище. Вказує на необхідність міждисциплінарного підходу в інженерії біологічних систем: використання методів кібернетики, елементів біоміметики, адаптивного керування.

Моніторинг — безперервний або періодичний процес збору та аналізу параметрів об'єкта чи процесу для отримання інформації про його стан з метою прийняття відповідних рішень.

Датчики — це вимірювальні пристрої, що забезпечують отримання інформації про фізичні, хімічні або біологічні величини, які підлягають контролю або моніторингу. Вони складаються з одного або кількох вимірювальних перетворювачів, що реагують на зміну контрольованої величини і генерують вихідний сигнал, зручний для обробки.

Такий сигнал може бути аналоговим або цифровим і передаватися на обчислювальні пристрої, системи автоматичного керування або засоби візуалізації. Датчики широко застосовуються в різних галузях, включаючи промислову автоматизацію, енергетику, транспорт, медицину, побутову техніку та системи безпеки.

Ключовими характеристиками датчика є його чутливість, точність, діапазон вимірювання, стабільність, швидкодія та наявність нормованих метрологічних параметрів. Надійність та здатність працювати в екстремальних умовах також є важливими критеріями при виборі датчика для конкретної задачі.

Керування — у дослідженні розглядається не як проста механічна дія, а як складна адаптивна функція, яка динамічно змінює параметри роботи системи відповідно до результатів аналізу отриманих даних. Воно включає в себе процес прийняття рішень на основі поточної ситуації, прогнозування подальшого розвитку подій та автоматичну адаптацію системи для досягнення оптимального стану.

Таке керування може реалізовуватись як на локальному рівні — наприклад, автоматичне регулювання температури або вентиляції в окремому вулику, — так і на глобальному рівні, коли система приймає узгоджені рішення щодо цілої пасіки. Серед прикладів системних дій — надсилення аварійних сповіщень, централізоване оновлення параметрів роботи, визначення загальної стратегії підтримки життєдіяльності бджолосімей та ефективності їх функціонування.

Алгоритми — формалізований, впорядкований і скінченний набір правил або інструкцій, що визначають послідовність операцій для розв'язання певної задачі або досягнення визначеного результату. У контексті автоматизованих систем моніторингу і керування алгоритм є центральним елементом програмної логіки, що забезпечує функціонування системи відповідно до заданої мети. В цьому дослідженні спрямовані на інтерпретацію даних, виявлення

закономірностей та аномалій, прийняття керуючих рішень, оптимізацію ресурсів системи. У контексті роботи доцільно використовувати такі типи алгоритмів — детерміновані, адаптивні, евристичні та алгоритми машинного навчання.

Пасіка — комплекс біологічних та техногенних об'єктів, що організовано для цілеспрямованого утримання бджолосімей. Спеціально облаштоване місце, для виробництва меду, воску, пилку, інших продуктів бджільництва, для здійснення запилення рослин, або з метою реалізації дослідницьких задач. Пасіка може включати в себе вулики (дерев'яні або інші конструкції для утримання бджіл), апаратуру для збирання меду, пилку, та інші знаряддя і матеріали, які допомагають у догляді за бджолами і збиранні продукції бджільництва. Пасіки можуть бути розташовані як в сільських, так і в міських районах і відіграють важливу роль у сільському господарстві, екосистемі та продовольчій промисловості. В цій роботі виступає як кінцева підсистема, що реагує на змінні впливи (природні, технічні, управлінські), та інтерпретується як динамічне середовище функціонування системи, що включає в себе живі біооб'єкти, змінні кліматичні умови, технічну інфраструктуру. У цьому сенсі пасіка виступає не лише об'єктом спостереження, а й джерелом зворотного впливу на ефективність системи.

Наведена в тезах інформація служить вихідною точкою для написання дисертації на тему «Автоматизована біо-технічна система моніторингу і керування пасікою».

В результаті лексичного аналізу теми дослідження побудовано ієрархічно-супідрядну лексико-семантичну схему термінологічно-понятійного апарату дослідження. Ця схема унаочнює структурну зв'язаність ключових понять, які становлять основу дослідження. На попередньому пошуковому етапі дослідження з'ясовано сутність ключових понять, які будуть розкриті у доповіді. Здійснений аналіз дозволив не лише верифікувати його семантичну цілісність, а й конкретизувати концептуальні межі дослідницького поля. Проведене структурування ключових термінів та їх ієрархічна класифікація створюють методологічно обґрунтовану основу для формування єдиного поняттєво-термінологічного апарату, необхідного для реалізації наукового дослідження на міждисциплінарному перетині автоматизації, інформаційних технологій та біо-технічних систем.

Результати аналізу забезпечили семантичну декомпозицію дослідницької проблеми, дозволивши усунути термінологічну надлишковість, уникнути фокусного розпорошення, а також уточнити дослідницьку мету, завдання та об'єктно-предметну сферу дослідження.

Література

1. Альхаді Д. С. М., Дорошенко Ю. О. (2020) Шляхи реалізації сталого розвитку транспортної інфраструктури міста Зав'я (Лівія): Лексичний аналіз теми магістерського дослідження, *Архітектура та екологія: Матер. XI Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Київ, 16–18.11.2020)*, К. : НАУ, с. 131–136.

СТВОРЕННЯ ПРОГРАМНОГО ДОДАТКУ ДЛЯ СЕГМЕНТАЦІЇ БАГАТОВИМІРНИХ ДАНИХ НА ОСНОВІ КАРТ КОХОНЕНА

Іващенко О. В., Федін С. С.

Національний транспортний університет, Київ, Україна

E-mail: alexander.ivashchenkoo@gmail.com

Романюк О. О.

Відкритий міжнародний університет розвитку людини

«Україна», Київ, Україна

Development of a Software Application for Segmentation of Multidimensional Data Based on Kohonen Maps

Presents the results of applying self-organising maps (SOM) for customer segmentation based on real data of billing systems of telecommunication companies. Specialised software is developed to automate clustering, interactive visualisation of SOM maps and formation of statistical profiles of identified segments. Comparative analysis with the STATISTICA system shows that the proposed solution increases the informativeness and interpretability of cluster analysis results.

У сучасних умовах розвитку телекомунікаційного ринку однією з ключових задач для компаній-операторів є ефективне управління взаємодією з клієнтами. Висока конкуренція, велика кількість абонентів та зростаючі очікування споживачів вимагають впровадження аналітичних інструментів, що дозволяють не лише аналізувати наявні дані, але й формувати на їх основі персоналізовані пропозиції. У цьому контексті сегментація клієнтської бази стає стратегічним інструментом для покращення ефективності маркетингової діяльності, підвищення лояльності та оптимізації ресурсів телекомунікаційної компанії [1]. Зважаючи на великий обсяг клієнтських даних, доцільним є використання методів інтелектуального аналізу даних, зокрема алгоритмів кластеризації. Одним із таких інструментів є самоорганізаційні карти Кохонена (Self-Organizing Maps, SOM) [2], які зберігають топологічну структуру даних та дозволяють інтуїтивно зрозуміти їх групування завдяки наочним візуалізаціям.

Серед доступних програмних засобів, що реалізують алгоритм SOM, поширення набула система статистичного аналізу STATISTICA 12. Незважаючи на наявність широкого спектра функціональних можливостей, робота з результатами кластеризації у цій системі потребує виконання додаткових операцій, зокрема процедури розповсюдження кластеризації та окремого обчислення статистичних характеристик для кожного кластеру. Крім того, у системі відсутня можливість виділення вузлів безпосередньо на карті й миттєвого перегляду зведеної інформації по них. Це ускладнює роботу користувача та обмежує можливості швидкого прийняття рішень під час аналізу клієнтських даних.

З метою підвищення інформативності результатів сегментації на основі нейронних мереж Кохонена, створено спеціалізований програмний додаток із використанням мови програмування C# та платформи .NET Framework, що забезпечує автономність, гнучкість налаштувань і незалежність від сторонніх бібліотек. Програмний додаток реалізує повний цикл побудови й аналізу карти Кохонена: автоматичне створення двовимірної карти, візуалізацію результатів, інтерактивне виділення вузлів, обчислення середніх значень поведінкових показників та подання інформації в зручному форматі. Карта виводиться у вигляді кольорової сітки, де кожен вузол відображає окремий кластер клієнтів зі схожими характеристиками. Після навчання система автоматично формує зведену статистику для вибраних сегментів без необхідності здійснення процедури розповсюдження кластеризації.

Для перевірки роботи створеного спеціалізованого додатку використано вибірку реальних анонімізованих даних білінгової системи телекомунікаційної компанії. У структурі даних враховано середньомісячні витрати, кількість SMS, тривалість та частоту дзвінків у різні періоди доби тощо. На основі цих показників виконано кластеризацію у двох програмних середовищах: створеному додатку та системі STATISTICA 12. В обох випадках використано однакові параметри алгоритму: кількість циклів навчання та розмірність карти. У результаті кластеризації виявлено чотири типові сегменти: VIP-клієнти з високими витратами та тривалими дзвінками; активна молодь, що інтенсивно використовує SMS; користувачі середнього віку з помірною активністю; та абоненти старшого віку з мінімальним рівнем використання послуг. Середні значення поведінкових характеристик у межах кластерів, сформованих у двох програмних середовищах, виявилися близькими, хоча й не ідентичними. Відхилення за показниками витрат, кількості дзвінків і SMS не перевищували 15 % для відповідних сегментів. Такі розбіжності зумовлені технічними відмінностями в реалізації алгоритму SOM, зокрема ініціалізацією вагових коефіцієнтів, параметрами навчання та способом попередньої обробки даних. Незалежно від середовища, структура кластерів залишалася стабільною, що свідчить про узгодженість моделей та надійність отриманих результатів.

Порівняно з іншими системами, створений спеціалізований програмний додаток характеризується зручністю у використанні під час візуалізації результатів, а також наявністю всіх необхідних функцій в одному інтерфейсі для практичного застосування в задачах аналізу клієнтських даних. У перспективі створений програмний додаток можна доповнити підтримкою інших методів аналізу або інтегрувати з корпоративними інформаційними системами.

Література

1. Subex Ltd. (2024) *Customer Segmentation in the Telecom Industry* [online]. URL: <https://subex.com/glossary/customer-segmentation-in-the-telecom-industry>.
2. Kohonen T., Honkela T. (2007) *Kohonen Network* [online]. URL: http://www.scholarpedia.org/article/Self-organizing_feature_map.

ПРО ГІБРИДНИЙ ПІДХІД ДО АГЕНТНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ В СОЦМЕРЕЖАХ

Івохін Є. В., Афонін Д. І.

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна
E-mail: ivohin@univ.kiev.ua*

On a Hybrid Approach to Agent-Based Modeling of Information Dissemination Processes in Social Networks

One of the promising areas of research into the processes of information dissemination is the use of agent models based on the approaches of the mathematical theory of automata, and mixed-effect models based on automata approaches in combination with agent modeling. Such hybrid automata-agent models allow us to describe scenarios of information-psychological influence on society, where not only the structural topology of the network plays an important role, but also the logic of transitions between the behavioral states of agents.

Ефективне моделювання процесів поширення інформації в соціальних мережах вимагає врахування як індивідуальної поведінки користувачів, так і структурних особливостей мережевого середовища..

Перспективним напрямом досліджень процесів поширення інформації є використання агентних моделей, що базуються на підходах математичної теорії автоматів. У цьому контексті агентами вважають користувачів соцмереж, які активно поширюють інформацію. Для опису їхньої поведінки в межах функціональної структури соцмереж 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 бізнесі, політиці і соціальній активності.

Наразі особливу актуальність набувають моделі змішаного впливу, які базуються на автоматних підходах у поєднанні з агентним моделюванням. Як показано у роботі [1], автоматні структури, зокрема скінченні автомати, дозволяють формалізувати поведінкові стани агентів, що реагують на різні стимули інформаційного середовища. Водночас використання гібридизації з класичними агентними методами забезпечує масштабованість і адаптивність моделі до реальних умов соціальних платформ.

Такі гібридні автоматно-агентні моделі дозволяють описувати сценарії інформаційно-психологічного впливу на суспільство, де важливу роль відіграє не лише структурна топологія мережі, а й логіка переходів між поведінковими станами агентів. Врахування моделей змішаного впливу [2] сприяє більш глибокому аналізу інформаційної динаміки, а також підвищенню точності прогнозування і формуванню ефективних стратегій протидії дезінформації, маніпулятивним кампаніям та іншим формам цифрових загроз.

Визначаючи основні фактори впливу на процеси поширення і сприйняття інформації різними користувачами соцмереж, розглянуто способи формалізації процесів інформаційного розповсюдження інформації на основі імовірнісного автомату $M = \langle Q, V, \Phi \rangle$, функціонування якого розглядається на графі V , де:

- Q — множина станів;
- набір вузлів $v_i \in V$, $i \in 1, \dots, N$, що відповідає користувачам мережі;
- кожен вузол належить до певної групи $g(v_i) \in S_{group}$, де S_{group} — множина груп (кластерів), на які поділена соціальна мережа;
- Φ — матриця перехідних імовірностей.

Припустимо, що визначено можливі стани Q користувачів:

неінформований — користувач, який не має жодної інформації щодо теми; обізнаний — користувач ознайомлений з темою, але не поширює її; розповсюджувач — поширює інформацію.

Вважаємо, що кожен вузол графу може перебувати у трьох станах:

S_0 (неінформований) — інформація невідома; S_1 (інформований) — отримав інформацію; S_2 (розповсюджувач) — активний її розповсюджувач.

Таким чином, маємо множину станів $Q = \{S_0, S_1, S_2\}$, а кожен із вузлів $v_i \in V$ характеризується параметрами:

- k_0 — імовірність підтримки ідеї при 1 комунікаційному контакті;
- p — імовірність комунікації на тему;
- k_1 — імовірність підтримати ідею, що поширюється, $k_1 = k_0 * p$;
- r — імовірність забування інновації, закладеної у контент, протягом одиничного інтервалу часу;
- l — імовірність, що користувач почне поширювати інформацію самостійно серед свого оточення.

Отримано рівняння для моделі змішаного впливу. В цьому випадку процес зміни частки осіб $x(t)$, які прийняли ідею протягом одного інтервалу часу, описується різницеvim співвідношенням:

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

зі спеціально визначеними величинами параметрів A, B, C . Запропоновано спосіб формування елементів матриці перехідних імовірностей, проведено чисельне моделювання процесів розповсюдження. Наведено результати порівняння динаміки процесів поширення з використанням різних моделей.

Література

1. Afonin D. (2024) Modeling information diffusion processes in social networks with agents, *XI Міжнар. наук.-техн. конф. «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами»*, Київ, НУХТ, с. 42–43.
2. Артемов В., Хорошко В., Хохлячова Ю. (2022). Моделювання інформаційно-психологічного впливу на суспільство, *Захист інформації*, 24(4), с. 183–190.

РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ РУХУ ТОВАРІВ ТА УПРАВЛІННЯ ЗАКУПІВЕЛЬ ТОВ «ВІДУС»

Кальф В. О., Ліманська Н. В.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: vkalf2004@gmail.com

Development of an Information System for Controlling the Movement of Goods and Procurement Management at Vidus LLC

The development and implementation of an information system for Vidus LLC is a strategically important step to improve the company's performance. It will automate key business processes, reduce inventory management costs, and increase the accuracy and speed of data processing. The implementation of this system is cost-effective and will allow the company to significantly improve its market position.

Розроблення та впровадження інформаційної системи для ТОВ «ВІДУС» є стратегічно важливим кроком для покращення ефективності роботи компанії, що дозволить автоматизувати ключові бізнес-процеси, скоротити витрати на управління товарними запасами та підвищити точність і швидкість обробки даних. Впровадження цієї системи є економічно вигідним і дозволить компанії суттєво покращити свої позиції на ринку. Наявність ручних процесів обліку і продажу корейських товарів вимагає інтеграції автоматизованої інформаційної системи, яка дозволить покращити швидкість і точність виконуваних операцій.

Процес розроблення системи включає використання сучасних технологій, таких як Visual Studio C# WinForms для створення інтерфейсу користувача та Microsoft SQL Server для бази даних. Основною функцією цієї системи стане автоматичне оновлення товарних залишків після продажу, що дозволить забезпечити актуальність даних у реальному часі та мінімізувати помилки, пов'язані з ручним обліком. Інтеграція з базою даних дозволить оперативно відслідковувати залишки товарів, а також забезпечить зручний доступ до необхідних даних для різних відділів компанії, зокрема для логістичного, комерційного та адміністративного.

Розроблення системи також передбачає детальне проєктування її структури, створення зручного інтерфейсу для працівників і забезпечення багаторівневого доступу, що дозволить різним категоріям користувачів мати доступ лише до необхідної інформації. Крім того, система надаватиме можливість генерації звітів про рух товарів, що полегшить процес приймання та відвантаження продукції, а також покращить взаємодію між відділами.

На рис. 1 показано вікно «Управління даними», яке відображає інтерфейс для роботи з продуктами в інформаційній системі ТОВ «ВІДУС» та оптимізує процеси управління запасами, забезпечує точність і оперативність оновлень, що важливо для ефективної роботи компанії. У таблиці, окрім наведених даних про товари, реалізована можливість додавання, видалення та редагування

товарів, що дозволяє користувачам зручно та ефективно управляти інформацією в системі.

Управління даними

Продукти

	Код товару	Назва товару	Вага	Ціна	Кількість	Тип товару	Постачальник
1		Рамьон Ногу...	120	90	15	Локшина	Nongshim
2		Сирний рамь...	120	90	150	Локшина	Ottogi
3		Джин рамьон...	120	75	397	Локшина	Ottogi
4		Джин рамьон...	120	75	300	Локшина	Ottogi
5		Чапагетті	120	95	221	Локшина	Nongshim
6		Шин кімчі ра...	120	85	225	Локшина	Nongshim
7		Рамьон Ногу...	120	90	615	Локшина	Nongshim
8		Шин рамьон...	68	95	103	Локшина	Nongshim
9		Сеутан рамь...	68	95	523	Локшина	Nongshim
10		Удон рамьон ...	68	95	20	Локшина	Nongshim
11		Сун рамьон ...	120	85	241	Локшина	Nongshim
12		Йоль рамьон	120	75	495	Локшина	Nongshim
13		Шин блек	120	75	200	Локшина	Nongshim
14		Шин рамьон ...	120	95	100	Локшина	Nongshim
15		Чапагурі	120	125	425	Локшина	Nongshim
16		Чапагурі гост...	120	125	500	Локшина	Nongshim

Додати Видалити Редагувати

Рис. 1. Вікно «Управління даними» в інформаційній системі ТОВ «ВІДУС»

Наведені дані дозволяють ефективно відстежувати та обліковувати товари, що забезпечує зручний доступ до даних про асортимент і точний облік товарів та можливість швидко вносити зміни в базу даних, підтримуючи актуальність інформації. Вікно «Управління даними» оптимізує процеси управління запасами, забезпечує точність і оперативність оновлень, що важливо для ефективної роботи компанії.

З економічної точки зору впровадження інформаційної системи має значний потенціал для зниження витрат компанії. Очікується, що автоматизація процесів обліку та продажу товарів дозволить знизити операційні витрати на 15% та збільшити обсяги продажів на 30%, що забезпечить додаткові прибутки. Загальний економічний ефект від впровадження системи складе 606,100 грн. на рік, а термін окупності проєкту — близько 1,6 років. Це робить проєкт економічно вигідним для компанії, забезпечуючи не лише покращення ефективності роботи, а й значний фінансовий результат.

Отже, розробка та впровадження інформаційної системи контролю руху товарів та управління закупівлями для ТОВ «ВІДУС» є стратегічно важливим кроком для забезпечення стабільного росту та розвитку компанії. Автоматизація процесів дасть змогу значно підвищити ефективність обслуговування клієнтів, скоротити час на обробку заявок, а також забезпечити точність і швидкість в управлінні товарними запасами.

ВПРОВАДЖЕННЯ CRM-СИСТЕМ У МАЛИЙ ТА СЕРЕДНІЙ БІЗНЕС: ВИКЛИКИ ДЛЯ МЕНЕДЖЕРА

Камінська В. В., Мазуренко О. О.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: nikakaminskaja@gmail.com

Implementation of CRM Systems in Small and Medium Businesses: Challenges for the Manager

Customer Relationship Management (CRM) systems are crucial for digital transformation in SMEs, enabling client interaction automation, personalized marketing, and data-driven decisions. Successful CRM adoption goes beyond software deployment, requiring technical integration, data security, and strategic change management. This paper explores challenges in aligning CRM technology with business needs and addressing user resistance. It reviews CRM types (operational, analytical, collaborative), integration with ERP, email, and cloud systems, and cybersecurity risks. Emphasis is placed on stakeholder engagement, training, and ongoing support. Recommendations focus on reducing implementation failures and ensuring long-term usability and privacy compliance.

У цифрову епоху CRM-системи стали фундаментом ефективної роботи з клієнтами в малому та середньому бізнесі (МСБ). Їх основна функція полягає у централізації даних, автоматизації комунікацій і аналітиці поведінки клієнтів, що сприяє підвищенню лояльності та повторних продажів [1–2]. Проте в умовах обмежених ресурсів МСБ стикається з численними викликами при впровадженні CRM, які охоплюють технічну, організаційну та правову сфери.

Вибір типу CRM-системи має враховувати специфіку бізнесу. Так, операційні CRM-системи, такі як Bitrix24 або Zoho CRM, орієнтовані на автоматизацію щоденної взаємодії з клієнтами, тоді як аналітичні рішення (Salesforce, Microsoft Dynamics) зосереджуються на сегментації клієнтів, прогнозуванні і бізнес-аналітиці. Колаборативні системи, наприклад HubSpot, забезпечують інтеграцію між відділами маркетингу, продажів та підтримки, сприяючи синергії у роботі. Важливою складовою ефективності CRM є її інтеграція з іншими цифровими платформами, такими як ERP, CMS, e-mail-маркетинг і IP-телефонія. Однак проблеми часто виникають через несумісність API, складнощі з SDK, обмеження хмарних сервісів та складність міграції даних із попередніх систем [3–4].

Особливу увагу слід приділяти кібербезпеці та дотриманню правових норм, зокрема GDPR та українського законодавства. Компанії необхідно забезпечити збереження даних за допомогою шифрування та регулярних бекапів, контроль доступу через ролі та двофакторну автентифікацію, а також прозорість алгоритмів обробки персональної інформації. Ігнорування цих аспектів може призвести до серйозних штрафів та втрати довіри клієнтів [5].

Управлінські виклики реалізації CRM включають аудит готовності організації до цифрової трансформації, визначення ключових користувачів і проведення для них тренінгів, а також формалізацію KPI для оцінки ефективності системи, зокрема швидкості обробки лідів, конверсії та утримання клієнтів. Дослідження [6] показують, що до 60% CRM-проектів у МСБ стикаються з труднощами через відсутність чіткої внутрішньої стратегії, низький рівень цифрової грамотності співробітників і недостатній технічний супровід після впровадження.

Серед поширених помилок при виборі і запуску CRM-системи — орієнтація лише на ціну чи маркетингові обіцянки, ігнорування пілотного етапу і недооцінка важливості мобільної доступності та зручності користування. Ці фактори суттєво впливають на успішність впровадження і подальше використання системи.

Треба враховувати особливості бізнес-процесів і корпоративної культури організації, оскільки CRM-система має інтегруватися у наявні робочі процеси, а не нав'язувати чужі підходи. Лише за умови гнучкого підходу та активної взаємодії між усіма підрозділами можливо досягти гармонійної синергії між технологіями і персоналом, що є ключовим чинником довгострокового успіху.

Впровадження CRM-систем у малому і середньому бізнесі є багатогранним міждисциплінарним процесом, що включає технічні, організаційні та правові аспекти. Успіх залежить від комплексного підходу, який поєднує адаптацію системи до бізнес-процесів, забезпечення інформаційної безпеки та ефективне управління змінами. Врахування цифрових компетенцій персоналу та нормативних вимог сприяє підвищенню ефективності використання CRM і формуванню стійких конкурентних переваг. Такий системний підхід є ключовим фактором сталого розвитку МСБ у контексті цифрової трансформації.

Література

1. Дмитрик І. О., Загороднюк О. В. (2024) *Роль BPM, CRM та ERP систем у цифровій трансформації українського бізнесу*, Зб. наук. пр. Уманс. нац. ун-ту, вип. 104, ч. 2, с. 191–201.
2. Осадчук Ю. В., Єсіна О. Г. (2015) Проблеми впровадження інформаційних технологій у бізнесі, *Інформатика та інформаційні технології: матер. студ. наук. конф. 20 квіт. 2015, Одеса*. О. : ОНУ, с. 121–124.
3. Buttle F., Maklan S. (2019) *Customer Relationship Management: Concepts and Technologies* (4th ed.). Routledge.
4. Woodcock N., Green A., Starkey M. (2020) The Evolution of CRM Systems: Trends and Challenges. *J. Database Mark. Cust. Strateg. Manag.*, 9(3):267–275.
5. Верховна Рада України (2010) *Закон України «Про захист персональних даних» від 01.06.2010 № 2297-VI*. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2297-17>.
6. Salesforce (2023) *Small & Medium Business Trends Report, 6th Edition* [online]. URL : <https://www.salesforce.com/resources/research-reports/smb-trends>.

ВДОСКОНАЛЕННЯ ЛЕМАТИЗАЦІЇ ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО РЕФЕРУВАННЯ РІЗНОСТИЛЬОВИХ ТЕКСТІВ

Карпцова Ю. Ю.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

E-mail: karpцова2004@gmail.com

Improved Lemmatization Techniques for Summarization of Diverse Texts

In this study, we present an improved lemmatization system developed as part of a project focused on automatic summarization of stylistically different texts. The system can work with noisy and diverse data such as social media messages, chats, news articles, and academic texts. A set of enhancements was added to process slang, abbreviations, rare words, and fragmented tokens correctly, improving lemmatization accuracy in real-world summarization tasks.

Лематизація є одним із ключових етапів попередньої обробки тексту для автоматичного реферування. Саме леми, а не вихідні словоформи, використовуються як основа для обчислення важливості термінів, визначення ключових слів та створення короткого викладу змісту. Відтак точність лематизації безпосередньо впливає на якість та зрозумілість отриманих рефератів.

Однак при роботі з текстами різних стилів та жанрів — повідомленнями в чатах, новинними статтями, публіцистикою чи науковими роботами — виникають суттєві труднощі. У деяких типах даних, особливо в повідомленнях із соціальних мереж, до 10–12% лексики може становити сленг, просторіччя, обценізми, неологізми та скорочення. Крім того, зустрічаються пошкодження тексту, зокрема розриви слів через помилки зчитування або некоректне форматування. Традиційні інструменти лематизації часто не справляються з такими явищами, що призводить до зниження якості реферування. Тому постає потреба у вдосконаленні лематизації з урахуванням нетипової лексики, що характерна для реальних даних.

На першому етапі було реалізовано функцію для очищення тексту, яка видаляє зайві графічні символи, посилання, емоджі та інші знаки, що не несуть семантичної чи граматичної інформації. Така обробка є критично важливою при роботі з неформальними текстами, зокрема з чатами або повідомленнями із соціальних мереж. Додатково була створена функція для обробки перенесення слів при зчитуванні тексту з файлів формату .pdf, .docx, .doc, .odt, .rtf, .fb2, .epub, де можливе порушення цілісності словоформи. Це дозволило уникнути появи некоректних токенів і підвищити якість подальшої лематизації.

Особливу увагу було приділено обробці сленгу, просторіччя та обценної лексики. Для аналізу було відібрано датасети повідомлень із соцмереж, що за стилістикою і структурою наближені до реальних чатів і були створені для завдань sentiment-аналізу та визначення токсичності в україномовних текстах [1, с. 1; 2, с. 5]. Було виявлено, що стандартний лематизатор spaCy не лематизує

значну частину таких слів, а іноді не розпізнає їх як лексичні одиниці взагалі. Через це знижується точність та повнота лематизації, що, своєю чергою, впливає на якість реферування тексту.

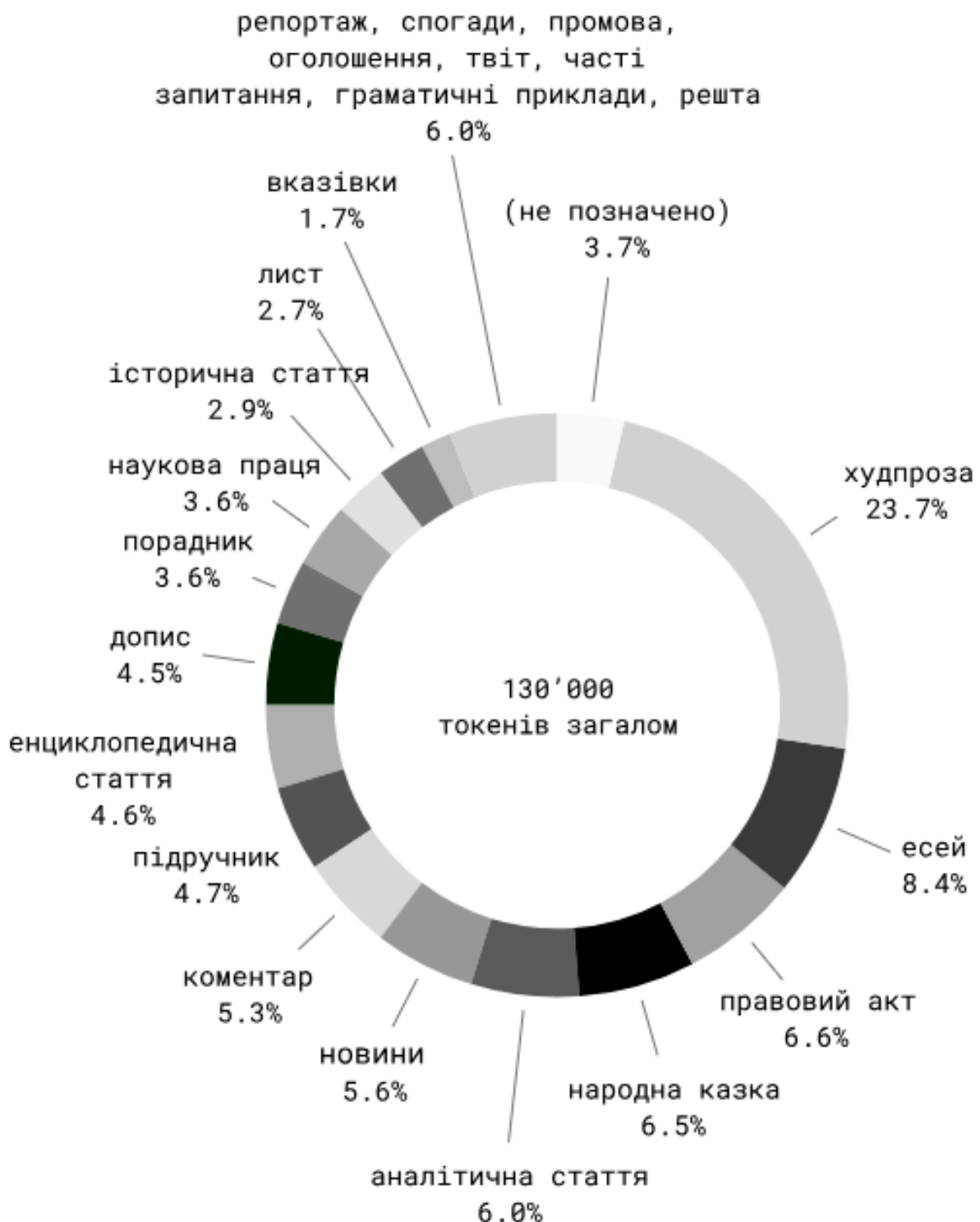


Рис. 1. Розподіл текстів за жанрами у наборі даних, використаному для тестування [4]

Для подолання цієї проблеми було створено алгоритм, який визначає нерозпізнані або неправильно лематизовані слова та додатково обробляє їх за

допомогою лематизатора **pymorphy3**. В основі цього рішення — статистичний аналіз помилок моделі [3, с. 4], а також визначення частин мови та форм, які є найбільш вразливими до хибної лематизації.

Окремий модуль було присвячено роботі зі скороченнями, які часто трапляються в неформальних, офіційних або наукових текстах. Оскільки для коректного реферування важливою є кількість вживань повних лексем, скорочення потрібно розпізнавати й розшифровувати. Розроблений алгоритм пошуку скорочень дозволяє виявляти їх навіть тоді, коли модель не позначила їх відповідною міткою «Abbr=Yes». Розшифрування здійснюється за допомогою спеціально сформованого словника загальноновживаних скорочень. Також враховується контекст, що дає змогу розв’язувати випадки омонімії — наприклад, визначити, чи «мб» у тексті означає «може бути» або «мегабайти».

Для оцінювання точності розробленої системи лематизації було використано відкритий корпус, розмічений вручну за стандартом Universal Dependencies, який містить понад 140 тисяч токенів [4]. Матеріал корпусу охоплює широкий спектр жанрів та стилів — від публіцистики до художньої літератури, зокрема листування, казки, наукові й навчальні тексти, як сучасні, так і класичні. Важливо зазначити, що під час створення системи ці дані не використовувалися — ні для формування правил, ні для аналізу помилок, тож результати тестування не є упередженими або підлаштованими під конкретний набір даних.

Тестування проводилося шляхом порівняння результатів лематизації, отриманих за допомогою базових моделей **spacy_core_news_md** і **spacy_core_news_lg**, і результатів удосконаленої системи, що включає обробку сленгу, скорочень і невідомих слів. Для повноти аналізу використовувалися всі три піднабори корпусу — train, dev та test. У всіх випадках наша система показала стабільно вищу точність лематизації.

Подальші етапи роботи передбачають розширення словників скорочень, а також використання методів машинного навчання — зокрема, донавчання моделей на тих типах текстів, де спостерігається найбільший відсоток помилок.

Література

1. Dementieva D., Khylenko V., Babakov N., Groh G. (2024) Toxicity Classification in Ukrainian, *Nations of the Americas Chapter of the Association for Computational Linguistics*, p. 1.
2. Dementieva D., Khylenko V., Groh G. (2024) Cross-lingual Text Classification Transfer: The Case of Ukrainian, *International Conference on Computational Linguistics*, p. 5.
3. Fedchuk R., Vysotska V. (2024) Current Trends in the Use of Machine Learning for Error Correction in Ukrainian Texts. *Qeios*, pp. 1–22.
4. Institute for Ukrainian, NGO (2022) *Gold standard Universal Dependencies corpus for Ukrainian, developed for UD* [online]. URL : <https://github.com/mova-institute/zoloto>.

РОЗРОБКА ВЕБ-САЙТУ ДЛЯ ПРОДАЖУ АВТОМОБІЛІВ КОМПАНІЇ «NISSAN»

Кенез Д. І., Харкянен О. В.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: eklockdima1606@gmail.com

DEVELOPMENT OF A WEBSITE FOR THE SALE OF NISSAN CARS

In the modern world of digital technologies, web representation is a key tool for automotive companies, as customers are increasingly starting the process of choosing a car online. The report examines the possibilities of developing a modern website for Nissan's car sales, taking into account the specifics of the automotive market and the needs of the target audience.

У сучасному світі цифрових технологій веб-представництво є ключовим інструментом для компаній автомобільної галузі, адже клієнти все частіше розпочинають процес вибору автомобіля онлайн. За даними аналітичної компанії McKinsey [1], понад 80% покупців автомобілів проводять більше частину вибору авто онлайн перед відвідуванням дилерського центру (Рис. 1).

Digital channels in the automotive-purchase experience are becoming more important.

Offline touch points still represent key parts of the car-buying journey

No. 1

Ranking of dealership visits
as a factor influencing
purchasing decisions

~70%

Car buyers who consider the
dealership a major touch point for
physically experiencing the car

2–3

Dealership visits per
customer prior to
purchase is still the norm

While online touch points are increasingly shaping customer decisions and experiences

>20%

Use of online sources compared
to offline sources during
purchase-consideration period

>80%

Respondents who use
online sources during the
purchase-consideration period

>60%

Buyers who perceive booking,
paying, and reviewing additional
services online as (very) appealing

Рис. 1. Результати дослідження від аналітичної компанії McKinsey

Цифрова трансформація споживчої поведінки призвела до кардинальних змін у процесі покупки: раніше клієнти відвідували 5–7 дилерських центрів, а тепер — до 2–3 (рис. 1). Покупці очікують отримати повну інформацію про авто, змогу порівняти моделі, розрахунок кредитування та навіть бронювання тест-драйву онлайн, перш ніж здійснити фізичний візит до салону. Це робить сайт не лише маркетинговим інструментом, а повноцінним каналом продажів.

Метою дослідження є створення функціонального веб-сайту, який би став «цифровим дилерським центром», забезпечуючи зручну взаємодію з клієнтами на всіх етапах — від ознайомлення з модельним рядом до оформлення замовлення. Для досягнення поставленої мети було визначено наступні завдання: аналіз потреб цільової аудиторії, проєктування архітектури сайту, створення адаптивного дизайну, розроблення системи каталогу з розширеними можливостями фільтрації та інтеграція з CRM-системами.

Основою технічної реалізації проєкту стало використання сучасних веб-технологій. Frontend частина розроблена з використанням JavaScript для забезпечення інтерактивності, HTML5, CSS3 для створення адаптивного дизайну. Backend на базі php. Для зберігання даних обрано MySQL, що забезпечує високу продуктивність та масштабованість системи [2].

Дизайн веб-сайту розроблено з дотриманням фірмового стилю Nissan та сучасних трендів веб-дизайну. Візуальна концепція базується на принципах мінімалізму з акцентом на якісних зображеннях та зручності сприйняття інформації. Колірна палітра відповідає бренд-буку компанії з використанням характерних відтінків сірого, чорного та фірмового червоного кольору Nissan.

Ключовими особливостями розробленого сайту є комплексний каталог автомобілів, реалізований у вигляді карток з можливостями перегляду декількох зображень та переглядом технічних характеристик автомобіля. Реалізовано розширені можливості фільтрації та сортування за різними параметрами: ціна, рік випуску, тип кузова тощо. Інтегровано карту з точним місцезорозташуванням дилерського центру та калькулятор кредитної програми, що дозволяє користувачам самостійно розрахувати умови фінансування.

Перспективи розвитку включають впровадження елементів штучного інтелекту для персоналізації контенту, розробку мобільного додатку, динамічне управління вибору комплектації автомобіля, зміна цін в залежності від вибору комплектації та наявності авто та інтеграцію з системами віртуальної реальності для створення імерсивного досвіду перегляду автомобілів.

Проведене дослідження та розрахований економічний ефект від впровадження вебсайту підтверджують ефективність комплексного підходу до розробки веб-сайту для автопродажів, що поєднує сучасні технології, розуміння потреб клієнтів, бізнес-процесів індустрії та важливість інвестицій у цифрові технології для підтримки конкурентоспроможності підприємства на ринку.

Література

1. McKinsey & Company (2020) *A future beyond brick and mortar: Disruption in automotive retail* [online]. URL : <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/a-future-beyond-brick-and-mortar-disruption-in-automotive-retail>.
2. IAMPM (2024) *Технології для розробки сайту: що це, які найпопулярніші та як вибрати* [online]. URL : <https://iampm.club/ua/blog/tehnologiyi-dlya-rozrobki-sajtu-shho-cze-yaki-najpopulyarnishi-ta-yak-vibrati>.

АНАЛІЗ НАПРЯМКІВ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ В ОБЛАСТІ СТЕКУ БЛОКЧЕЙН-ТЕХНОЛОГІЙ: МІЖДИСЦИПЛІНАРНИЙ ПІДХІД

Кобринець А. К., Гавриленко В. В., Шевченко С. В.
Національний транспортний університет, Київ, Україна
E-mail: info@kobrynets.com

Analysis of Research Directions in the Field of Blockchain Technologies: an Interdisciplinary Approach

The article reviews and systematizes the main scientific research areas in the field of blockchain technology. The interdisciplinary nature of this technology, which integrates achievements in the fields of computer science, cryptography, economics, law, and systems analysis, is considered. Key research topics are highlighted, including consensus mechanisms, scalability of distributed systems, security of smart contracts, formal verification, and cryptoeconomic models.

Блокчейн — це не лише технологія криптовалют, а й фундаментальна архітектура для децентралізованих систем з потенціалом трансформувати галузі фінансів, права, логістики, охорони здоров'я, освіти та державного управління. В останні роки спостерігається стрімке зростання академічного інтересу до блокчейну як об'єкта наукових досліджень.

Основними напрямками наукових досліджень є:

1. Консенсусні алгоритми та безпека.

Однією з центральних тем є вивчення механізмів досягнення консенсусу в розподілених системах. Найбільш досліджуваними є алгоритми:

- Proof of Work (PoW)
- Proof of Stake (PoS)
- Practical Byzantine Fault Tolerance (PBFT) та їх модифікації (DPoS, PoA, PoH тощо).

Наукові праці зосереджуються на аналізі стійкості до атак (51%, сибіл-атаки, цензура); ефективності обробки транзакцій (TPS, latency); моделюванні поведінки учасників мережі в умовах конфлікту інтересів.

2. Криптографічні протоколи та конфіденційність.

Розробка криптографічних примітивів є фундаментом блокчейн-систем. Вивчаються:

- Zero-Knowledge Proofs (ZKP) (наприклад, zk-SNARK, zk-STARK);
- гомоморфне шифрування;
- порогові цифрові підписи; мікси та шляхи для забезпечення анонімності (CoinJoin, Mumblewimble). Ці технології особливо важливі для захисту персональних даних у публічних реєстрах.

3. Смарт-контракти та формальна верифікація. Зростає інтерес до безпечного програмування смарт-контрактів:

- аналіз вразливостей (reentrancy, integer overflow);
- розробка формальних мов для верифікації (наприклад, Michelson, Scilla, Vyper); застосування методів формальної верифікації та доказів коректності.

Наукові роботи досліджують підходи до забезпечення детермінізму, недвозначності логіки та зниження газових витрат.

4. Токеноміка та моделювання поведінки.

Математичне моделювання токен-економік дозволяє передбачити:

- стимулюючу поведінку користувачів;
- ризики гіперінфляції або дефляції токена;
- ефекти мережевого зростання (network effects);
- динаміку утворення спільнот (DAO, DeFi).

Інструменти: теорія ігор, агентне моделювання, економетрика.

5. Застосування в різних галузях. Міждисциплінарні дослідження охоплюють:

- логістику: простежуваність поставок, захист від фальсифікації;
- охорону здоров'я: контроль за ланцюгом медичних записів;
- освіту: цифрова сертифікація (дипломи, бейджі);
- державне управління: електронне голосування, реєстри власності;
- енергетику: peer-to-peer енерготрейдинг, «зелені» сертифікати.

Виклики та відкриті питання:

- Масштабованість (зростання TPS без втрати децентралізації)
- Інтероперабельність (взаємодія між блокчейн-системами)
- Правовий статус та регуляція (правова природа смарт-контрактів)
- Сталий розвиток (екологічний слід блокчейнів, особливо з PoW)

Наукове вивчення блокчейну виходить далеко за межі технології криптовалют. Воно поєднує дисципліни інформатики, математики, криптографії, економіки, права, соціології та філософії. Успішна інтеграція теоретичних досліджень із прикладними розробками є запорукою еволюції безпечних, масштабованих і етичних децентралізованих систем.

Література

1. Nakamoto S. (2008) *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System* [online]. URL : <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>.
2. Zheng Z., Xie S., Dai H., Chen X., Wang H. (2017) An Overview of Blockchain Technology: Architecture, Consensus, and Future Trends, *Proc. 2017 IEEE International Congress on Big Data (BigData Congress)*, pp. 557–564.
3. Xu X., Weber I., Staples M. (2019) *Architecture for Blockchain Applications*. Springer, 307 p.
4. Mougayar W. (2016) *The Business Blockchain: Promise, Practice, and Application of the Next Internet Technology*. Wiley, 208 p.
5. Yermack D. (2017) Corporate Governance and Blockchains, *Review of Finance*, vol. 21(1), pp. 7–31. DOI: 10.1093/rof/rfw074.

РОЗРОБЛЕННЯ ВЕБ-ПОРТАЛУ АВАРІЙНОЇ СЛУЖБИ ЛІФТОВОЇ КОМПАНІЇ

Костіна А. В., Грама М. П., Сєдих О. Л.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: nastia78561@gmail.com

Development of an Emergency Service Web Portal for an Elevator Company

This project presents a web-based portal for elevator emergency services that enables users to report incidents online. The system reduces response time by directly notifying mechanics and bypassing traditional dispatcher delays.

В Україні експлуатується понад 98 тисяч ліфтів, із яких майже половина вже відпрацювала нормативний термін експлуатації. Через високу зношеність обладнання зростає кількість несправностей і аварійних зупинок. Під час аварійних відключень світла фіксується стрімке зростання викликів аварійних служб: у деяких містах їх кількість зросла в 5 разів. Це створює серйозне навантаження на диспетчерські служби, які працюють у режимі телефонного обслуговування.

Існуюча модель реагування залежить від людського фактору, потребує часу на фіксацію звернення та не завжди гарантує оперативне реагування в умовах надзвичайних ситуацій. Відомі випадки, коли через нестачу ресурсів допомога надходила із суттєвими затримками або взагалі не надавалась.

Світовий досвід доводить, що цифровізація аварійного обслуговування дозволяє суттєво підвищити ефективність. Впровадження веб-орієнтованих систем дозволяє автоматизувати прийом заявок, мінімізувати помилки та скоротити час реагування. Це робить розробку веб-порталу аварійної служби актуальним та необхідним кроком для підвищення якості обслуговування мешканців та оптимізації роботи технічного персоналу.

Метою дослідження є розроблення веб-порталу для подання й обробки аварійних заявок у ліфтовій службі без залучення диспетчера на етапі виклику. Система має забезпечити автоматизовану передачу інформації від клієнта до технічного персоналу в режимі онлайн, що дозволить скоротити час реагування та підвищити ефективність обслуговування ліфтового обладнання.

Для реалізації веб-порталу використано мову програмування PHP (серверна логіка), СУБД MySQL для зберігання даних, а також HTML, CSS і JavaScript для створення інтерактивного інтерфейсу користувача. Обрані технології забезпечують динамічність, зручність і масштабованість веб-застосунку.

Система підтримує чотири ролі користувачів:

- Клієнт — подає заявки про несправність ліфта;

- Диспетчер — контролює обробку заявок і координує роботу персоналу;
- Механік — виконує ремонтні роботи згідно із заявками;
- Адміністратор — управляє обліковими записами, довідниками й налаштуваннями системи.

Портал обробляє кілька типів звернень: аварійні (негайне реагування), технічні (стандартні несправності) та планові (обслуговування й огляди). Заявки мають відповідні пріоритети і маршрутизуються за рівнем критичності.

Розроблений веб-портал охоплює повний цикл обробки аварійних заявок у цифровому форматі. Клієнт самостійно подає заявку через веб-форму, де вказує адресу, ліфт та опис проблеми. Заявка автоматично зберігається в базі даних і стає доступною диспетчеру й механікам. Система надсилає сповіщення відповідальному механіку, який має доступ до заявки через свій кабінет. Статус заявки оновлюється в режимі реального часу.

У результаті впровадження планується значне скорочення часу реакції на аварії: 90% заявок надходять безпосередньо виконавцям, минаючи проміжний етап дзвінків. Усі заявки фіксуються в електронному журналі, що виключає їх втрату. Система формує звіти за різними параметрами, що дозволяє адміністраторам приймати обґрунтовані рішення.

Відзначено зменшення навантаження на диспетчерів: вони більше фокусуються на контролі та координації, а не на первинному прийомі інформації. Реалізація порталу планує забезпечити прозорість усіх етапів роботи й сприяти скороченню часу простою ліфтів.

Традиційні системи аварійних викликів мають низку обмежень, що знижують їх ефективність:

- Ручна обробка звернень. Телефонні виклики потребують участі диспетчера на кожному етапі. Це створює затримки, особливо під час пікових навантажень. Веб-портал дозволяє одночасно обробляти багато заявок без участі оператора.
- Відсутність централізованої бази. У телефонному режимі дані часто фіксуються локально або вручну. Запропонована система зберігає всі звернення в єдиній електронній базі, забезпечуючи надійність і доступність інформації.
- Обмежений зворотний зв'язок. Клієнт не має змоги дізнатися статус заявки без повторного дзвінка. Портал надає онлайн-моніторинг для користувачів у реальному часі.

Таким чином, перехід до цифрової моделі обслуговування дає змогу підвищити ефективність, прозорість і зручність взаємодії між клієнтом та аварійною службою.

У роботі презентовано веб-портал аварійної служби ліфтової компанії, призначений модернізувати процес прийому та опрацювання екстрених заявок. Розроблений портал актуальний із огляду на зростання кількості аварійних ситуацій і перевантаження традиційних диспетчерських служб. Система продемонструвала ефективність, забезпечивши пришвидшення реагування на

виклики, зниження навантаження на диспетчерів і підвищення зручності для користувачів. Її впровадження дозволяє підняти рівень сервісу ліфтової компанії, підвищити безпеку пасажирів і оптимізувати оперативну діяльність.

Перспективи розвитку проекту включають розширення функціоналу та інтеграцію з суміжними технологіями. Планується розробити мобільний додаток, що працюватиме в парі з веб-порталом, аби ще спростити подачу заявок з смартфона та надсилати push-сповіщення користувачам про статус заявки. Важливим напрямом є інтеграція з IoT-пристроями: оснащення ліфтів датчиками та модемами дозволить автоматично сигналізувати про зупинку чи несправність безпосередньо в систему, без участі людини. Це фактично реалізує концепцію предиктивного обслуговування — коли система завчасно інформує про можливу несправність на основі показників сенсорів, і сервісна бригада може провести профілактичні заходи. Ще одним перспективним кроком є впровадження елементів штучного інтелекту для оптимізації розподілу заявок і маршрутів виїзду бригад, що вже застосовується у провідних сервісних компаніях. Залучення таких інтелектуальних модулів дозволить автоматично призначати найближчого вільного механіка на виклик та прокласти оптимальний маршрут, скорочуючи час прибуття.

Отже, розроблений веб-портал не тільки вирішує нагальні проблеми аварійної служби ліфтової компанії, але й створює підґрунтя для подальшої цифрової трансформації. Запропоноване рішення має широкий потенціал застосування в інших містах і компаніях, що експлуатують ліфтове господарство, і може стати частиною інтелектуальної інфраструктури «розумного міста». Його впровадження сприятиме підвищенню безпеки та комфорту користувачів ліфтів, ефективності роботи технічних служб, а відтак — загальному покращенню якості міської інфраструктури.

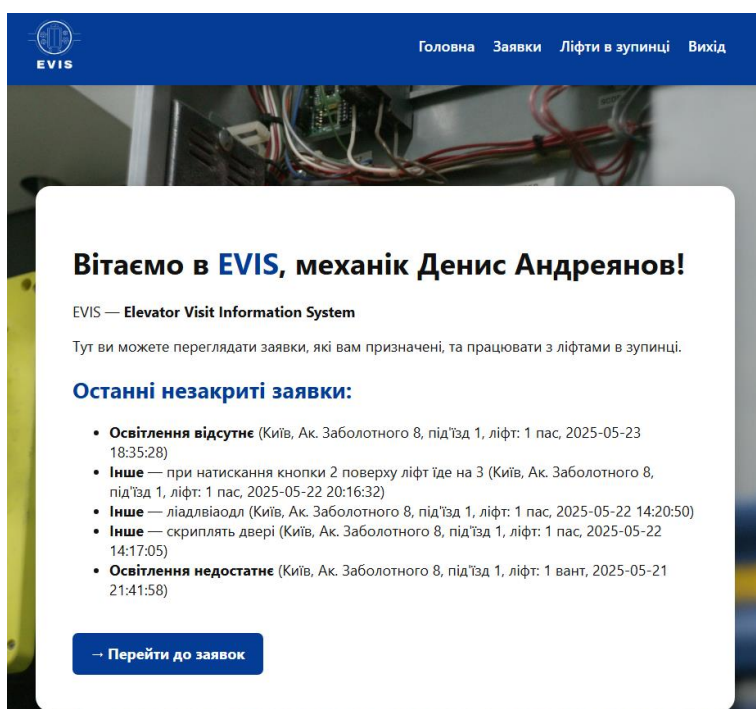


Рис. 1. Головна сторінка механіка

ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КАДРОВИХ ПРОЦЕСІВ

Лихошва М. Р., Грибков С. В.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: marialihoshva2004@gmail.com

Using intelligent systems to improve the efficiency of HR processes

Intelligent data management systems in HR automate daily tasks, improve decision-making, and ensure secure handling of confidential employee information. They help analyze trends, generate reports, and streamline personnel management processes efficiently.

У сучасному бізнес-середовищі інформаційні технології стали невід'ємною складовою більшості підприємств і організацій. Ці технології відіграють ключову роль у забезпеченні автоматизації різноманітних процесів, що сприяє зниженню робочого навантаження на персонал і підвищенню загальної ефективності діяльності. Особливо значущим їхній вплив є у сфері управління людськими ресурсами, де щоденно обробляється значний обсяг різнопланової інформації. До таких даних належать: особисті відомості працівників; кадрові документи; робочі графіки; звітність; дані про відпустки; відомості про зміни посадових обов'язків і рівня заробітної плати тощо.

Для оптимізації роботи з цими інформаційними потоками розробляються інтелектуальні системи управління і аналізу даних. Такі системи призначені для спрощення процесів обробки інформації шляхом: централізованого зберігання даних — усі відомості зберігаються в єдиній базі, що полегшує доступ до них; швидкого пошуку інформації — потрібні дані можна знайти за лічені секунди; формування звітів — системи автоматично формують аналітичні документи; аналізу змін — відстеження динаміки показників у реальному часі; виявлення закономірностей — ідентифікація трендів і кореляцій у масивах даних.

Такі інтелектуальні системи управління та аналізу даних дозволяють допомогти відстежити, скільки працівників звільнилося з певного підрозділу за останній рік, або хто найближчим часом має йти у відпустку. Окрім цього, інтелектуальні системи можуть автоматично сповіщати про важливі події чи дати — наприклад, закінчення контракту, день народження працівника, необхідність пройти медичний огляд або подати нову довідку. Це дозволяє уникнути затримок, непорозумінь і помилок, частих при рутинній праці.

Нині технології дозволяють значно спростити й удосконалити процеси управління персоналом завдяки інтелектуальним системам, які надають користувачам можливість самостійно визначати необхідні параметри для створення звітів. Такі звіти система автоматично формує у вигляді таблиць або графіків, що робить їх надзвичайно зручними для використання. Ця функція особливо корисна для керівників, які прагнуть отримати цілісне уявлення про

стан справ серед працівників, а також для кадрових підрозділів, яким необхідно регулярно надавати вичерпну звітність вищому керівництву. Завдяки цьому управлінці можуть оперативно ознайомлюватися з ключовими даними, що сприяє швидкому ухваленню рішень і підвищенню ефективності роботи.

Такі системи вирізняються наявністю аналітичних можливостей. Вони здатні виявляти важливі закономірності, наприклад, поступове збільшення кількості випадків тимчасової непрацездатності чи зростання рівня плинності кадрів. Ці дані стають основою для прийняття рішень, які ґрунтуються не лише на суб'єктивних відчуттях чи інтуїції, а на об'єктивних фактах. Такий підхід підвищує якість управління персоналом, дозволяючи уникати упередженості і робити процес прозорішим, раціональнішим і результативнішим. Аналітика допомагає не лише реагувати на поточні виклики, але й передбачати можливі проблеми, що є важливим для стратегічного планування.

Розроблення таких інтелектуальних систем зазвичай базується на сучасних інструментах програмування, серед яких мова Python. Її популярність пояснюється широким спектром бібліотек, які спрощують обробку великих обсягів даних, інтеграцію з базами даних, створення деталізованих звітів і візуалізацію інформації у вигляді графіків. Тому Python стає незамінним інструментом для побудови складних систем управління. Для забезпечення зручного доступу до системи через веб-браузер застосовуються веб-фреймворки, такі як Django або Flask. Вони дозволяють розробляти інтуїтивно зрозумілі інтерфейси, які не вимагають від користувачів спеціальних технічних навичок. Це робить систему доступною для широкого кола співробітників.

Забезпечення безпеки даних є одним із найважливіших аспектів функціонування сучасних систем управління персоналом, оскільки інформація, що стосується працівників, має конфіденційний характер і вимагає особливої уваги до її захисту. Конфіденційність даних про персонал не лише є етичним зобов'язанням організацій, але й регулюється низкою юридичних норм і стандартів, таких як Загальний регламент захисту даних (GDPR) у ЄС або інші національні законодавчі акти, що передбачають суворі санкції за порушення. У цьому контексті, будь-який витік даних або несанкціонований доступ до них може призвести до серйозних наслідків для компанії, включаючи значні репутаційні втрати, що впливають на довіру як працівників, так і клієнтів, а також на загальний імідж організації на ринку.

Крім того, такі інциденти можуть спричинити юридичні наслідки, такі як штрафи, судові позови або інші форми відповідальності, що безпосередньо впливають на фінансові показники компанії. Порушення прав працівників, пов'язані з неправомірним використанням їхніх особистих даних, також можуть призвести до втрати лояльності персоналу, що є критичним для стабільності та продуктивності організації.

Для запобігання подібним ситуаціям у системах управління персоналом впроваджується комплексний набір захисних механізмів, спрямованих на забезпечення цілісності, конфіденційності та доступності даних. Одним із ключових елементів цього комплексу є регулювання доступу до інформації на основі ролей користувачів. Це означає, що різні категорії співробітників

отримують різні рівні доступу до даних: наприклад, рядові працівники можуть лише переглядати певні дані, тоді як менеджери або адміністратори системи мають права на їх редагування, додавання або видалення. Такий підхід дозволяє мінімізувати ризик несанкціонованого доступу та забезпечити, щоб кожен користувач мав доступ лише до тієї інформації, яка необхідна для виконання його посадових обов'язків. Використання цих стратегій дозволяє оптимізувати процес резервного копіювання та забезпечити швидке відновлення даних. Крім того, для підвищення надійності резервні копії часто зберігаються у віддалених місцях, що захищає їх від фізичних пошкоджень або катастрофічних подій, які можуть вплинути на основну систему.

У сукупності, ці заходи створюють надійний захист даних і забезпечують стабільність роботи системи управління персоналом. Однак, для підтримки високого рівня безпеки, організації також повинні проводити регулярні аудити безпеки, які дозволяють виявляти потенційні вразливості та вчасно їх усувати. Крім того, навчання персоналу з питань кібербезпеки є невід'ємною частиною стратегії захисту, оскільки людський фактор часто є однією з основних причин інцидентів безпеки. Працівники повинні бути обізнані з основними принципами безпеки даних, вміти розпізнавати загрози, такі як фішингові атаки, та знати, як правильно реагувати на них.

У контексті постійно зростаючих кіберзагроз і розвитку технологій, забезпечення безпеки даних у системах управління персоналом вимагає постійного вдосконалення та адаптації захисних механізмів. Організації повинні бути готові до впровадження нових технологій, таких як блокчейн для забезпечення цілісності даних або штучний інтелект для виявлення аномалій у поведінці користувачів. Лише комплексний підхід, що поєднує технічні, організаційні та освітні заходи, може гарантувати надійний захист конфіденційної інформації про персонал і забезпечити стабільне функціонування системи в умовах сучасного цифрового середовища.

Загалом, інтелектуальні системи управління персоналом та аналізу даних представляють собою потужний інструмент, який значно полегшує повсякденну діяльність кадрових підрозділів і водночас сприяє підвищенню якості управлінських рішень. Автоматизація рутинних процесів, інтеграція аналітичних інструментів і продуманий інтерфейс дозволяють досягати високого рівня продуктивності, зменшувати ймовірність помилок і забезпечувати швидкий доступ до актуальних даних. Це має особливе значення для великих організацій, де управління персоналом охоплює сотні, а іноді й тисячі працівників, а внутрішні процеси перебувають у постійній динаміці. Такі системи не лише допомагають оперативно реагувати на поточні потреби, але й відкривають можливості для прогнозування майбутніх сценаріїв, планування кадрової політики, оптимального розподілу робочого навантаження та створення комфортного й продуктивного робочого середовища. У сучасних умовах швидкого розвитку бізнесу та високої конкуренції ці технології стають не просто допоміжним інструментом, а фундаментом для успішної роботи кадрових служб.

Розглядаючи ширший контекст, варто зазначити, що впровадження таких систем дозволяє організаціям адаптуватися до мінливих умов ринку праці. Вони допомагають не лише відстежувати поточні показники, але й моделювати майбутні тенденції, що є важливим для довгострокового планування. Аналізуючи дані про плинність кадрів, можна завчасно виявити проблемні зони в управлінні персоналом і розробити заходи для їх усунення. Також інформація про частоту лікарняних може свідчити про необхідність перегляду умов праці чи впровадження програм підтримки здоров'я. Усе це сприяє створенню більш збалансованого й ефективного робочого середовища, що позитивно позначається як на продуктивності компанії, так і на задоволенні працівників.

Технологічна основа таких систем постійно вдосконалюється, що дозволяє розширювати їхні можливості. Інтеграція з хмарними сервісами забезпечує доступ до даних із будь-якої точки світу, що особливо актуально для компаній із розподіленими командами. Python із бібліотеками для машинного навчання відкриває перспективи прогнозування складніших тенденцій, таких як ймовірність звільнення конкретного працівника чи оптимальний розподіл ресурсів у команді. Веб-фреймворки, своєю чергою, роблять ці технології доступними навіть для тих, хто не має глибоких знань у програмуванні, адже вся взаємодія з системою відбувається через зручний і зрозумілий інтерфейс.

З точки зору безпеки, сучасні системи йдуть іще далі, впроваджуючи шифрування даних, багатофакторну автентифікацію та автоматичні сповіщення про підозрілу активність. Це дозволяє не лише захистити інформацію, але й оперативно реагувати на потенційні загрози. Резервне копіювання, яке часто реалізується автоматично, забезпечує додатковий рівень надійності, адже навіть у разі серйозних технічних проблем дані може бути відновлено. Такі функції роблять системи не просто інструментом для роботи з інформацією, а комплексним рішенням для управління персоналом у всіх його аспектах.

Отже, інтелектуальні системи стають невід'ємною частиною сучасного управління персоналом, поєднуючи в собі зручність, безпеку й аналітичну глибину. Вони дозволяють організаціям не лише спрощувати рутинні завдання, але й виходити на новий рівень стратегічного планування, підвищуючи свою конкурентоспроможність. У світі, де інформація є одним із найцінніших ресурсів, такі технології забезпечують компаніям можливість ефективно її використовувати, створюючи міцну основу для стабільного розвитку.

Література

1. Guru (2025) *AI in HR: Revolutionizing Human Resources with Intelligent...* [online]. URL : <https://www.getguru.com/reference/ai-in-hr>
2. DRUID AI (2025) *HR Automation with AI: Drive Efficiency & Strategy* [online]. URL : <https://www.druidai.com/blog/hr-automation-with-ai-drive-efficiency-strategy>.
3. Moveworks (2025) *Using AI in HR: How Artificial Intelligence Has Significantly Improved...* [online]. URL : https://www.linkedin.com/posts/moveworksai_using-ai-in-hr-how-artificial-intelligence-activity-7321293840101830657-84Bm.

ОТРИМАННЯ ДАНИХ ЗА ДОПОМОГОЮ ПАРСИНГУ СТОРІНОК СОЦІАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ LINKEDIN, ВИКОРИСТОВУЮЧИ МОЖЛИВОСТІ БІБЛІОТЕК PYTHON

Літвін А. А, Сімонов Д. І.

Інститут кібернетики ім. В. М. Глушкова НАН України, Київ, Україна

E-mail: litvin_any@ukr.net

Obtaining Data by Parsing LinkedIn Social Network Pages Using Python Libraries

Formalized data becomes a source of information when it is given a certain meaning and interpretation. Web scraping is an important technique for automated data extraction from websites. The social network LinkedIn is a good source of information for analyzing social behavior in society. It well reveals a person's interests, preferences, and social activity, which allows analysts to get an idea of the general mood in society.

Формалізовані дані стають джерелом інформації, коли їм надається певне значення та інтерпретація. Отримані дані можуть бути використані для апробації певних алгоритмів машинного навчання, які можуть бути використані для отримання прибутків та вирішення проблем. Тож дані є цінним ресурсом для аналізу, моделювання, прогнозування та прийняття рішень.

Існує безліч способів отримання даних. Одним із найпопулярніших є спостереження. Вони можуть бути випадкові (блискавка під час грози, падіння яблука з дерева, спів пташки) чи спеціально організовані (перепис населення, опитування, анкетування).

Іншим способом отримання інформації є звітність. Наприклад, це записи в медичній картці, фінансові звіти підприємств чи установ.

Отримані дані можуть бути як достовірними, так і недостовірними або малодостовірними. Фейк — свідоме спотворення даних або некоректне їх тлумачення. Щоб уникнути шкоди від фейків, необхідно:

- для будь-яких даних варто шукати принаймні два альтернативні джерела їх надходження;
- звертати увагу на дату публікації та час;
- ознайомитися із попередніми публікаціями автора — його минуле допоможе зрозуміти, чи не писав він фейкових статей до цього;
- звертати увагу на сумнівні цитати та фотографії;
- не варто вважати публікації правдивими лише тому, що поділяєте точку зору автора або ж приймаєте одну зі сторін конфлікту [1].

У разі сумніву щодо правдивості даних чи правильності їх тлумачення, краще зовсім не брати їх до увагу під час прийняття будь-яких рішень. Вищенаведені рекомендації слід врахувати і під час аналізу даних, отриманих з мережі Інтернет та соціальних мереж.

Веб-скрейпінг є важливою технікою для автоматизованого отримання даних з веб-сайтів. Після чого проводиться аналіз цих даних для вилучення необхідної інформації. Тобто збір даних є першим кроком для аналізу даних. Далі постає питання як зберігати та обробляти отримані дані. Візуалізація даних є важливим кроком, що дає змогу легше інтерпретувати результати аналізу. Результати аналізу даних мають бути застосовані в бізнес-процесах [2].

Далі продемонструємо процес збору даних на прикладі соціальної мережі для пошуку роботи, LinkedIn.

LinkedIn — це найбільша у світі онлайн-мережа професійних контактів. Завдяки LinkedIn можна знайти роботу чи стажування, налагодити й зміцнити професійні зв'язки та здобути навички для кар'єрних успіхів. Тут зареєстровано вже понад 850 млн. користувачів, що представляють 150 галузей бізнесу з 200 країн [3].

Профіль користувача містить інформацію про імена, прізвища, фото, а також інформацію про досвід роботи, освіту, публікації, коментарі, реакції на певні пости чи взаємодії з публікаціями інших користувачів. Також профіль користувача допомагає створити особистий бренд, розширяти контакти та здійснювати пошук роботи за допомогою бази вакансій та зручної комунікації зі спеціалістами по підборі персоналу (рекрутерами або HR-менеджерами).

Для вилучення даних з соціальної мережі LinkedIn було розглянуто декілька API [4–5] та бібліотеку [6], але вони мають суттєві обмеження по об'єму інформації, яка нам необхідна або занадто дорогі. Тому було прийняте рішення розширити функціонал існуючої бібліотеки, яка отримує основну інформацію з профілю користувача: короткий опис досягнень, досвід, освіту, інтереси, місцезнаходження, контакти, назва компанії та посада.

Створений модуль дозволяє отримати всі пости користувача під час прокручування web-сторінки, яка містить пости. Для цього використовувались такі інструменти веб-скрейпінгу як Selenium WebDriver та BeautifulSoup для аналізу та вилучення даних із документів HTML.

Програмна бібліотека Selenium WebDriver допомагає модулю взаємодіяти з браузером, керуючи його поведінкою, отримувати від браузера дані та заставляти робити браузер необхідні команди.

Отримання постів користувача відбувається за допомогою сутності Posts. Ця сутність містить всі дані про кожну публікацію. А саме: медіаконтент, дата розміщення та реакції. За формою подання контент може бути: текст, зображення, документ (зазвичай pdf), відео, посилання на статтю, опитування, привітання, інформацію про певну подію, пошук експерта. Програма розпізнає тип медіаконтенту та парсить його згідно алгоритму.

Далі відбувається розрахунок дати розміщення посту та квантифікована інформація активності користувачів для певної публікації. Алгоритм отримання дати не зовсім звичайний та потребує опису. Відображення дати відбувається в текстовому форматі та описує, який час тому була зроблена публікація. Наприклад, два тижні чи дві години тому. Якщо хочемо представити в іншому форматі, треба, спираючись на текст, отриманий під час парсингу, розрахувати приблизну дату шляхом різниці між сьогоднішньої датою та датою, компоненти

якої були замінені на числовий показник певної компоненти дати. Числовий показник та назву компоненти дати отримаємо в результаті парсингу тексту.

Таким чином, результат роботи модуля для постів виглядає ось так: `Post(id='ember518', text='post text', media=('media url', 'Article'), date='2022-05-26', reactions=PostReaction(reaction=10, comment=25, repost=3))`.

Крім цього, за допомогою інструментів парсингу, під час прокручування web-сторінки, були отримані коментарі, які залишав користувач під публікаціями. Отримання коментарів відбувається за допомогою сутності `Comments`. Існує декілька типів коментарів: до статті `LinkedIn`, до посту, відповідь на коментар іншого користувача.

Результат роботи модуля для коментарів виглядає наступним чином:

- до посту: `Comment(text='comment text', post_urn = 'activity:726636889');`
- до статті `LinkedIn`: `Contribution(title='article title', article_link = 'https://', comment = 'comment text', post_urn = 'activity:72534316');`
- відповідь на коментар іншого користувача: `Reply (text = "reply text", comment = 'comment text', post_urn = 'activity:72534316')`.

Інтерфейс програми дає можливість опціонально обрати тип активності користувача. Це можуть бути пости або коментарі: `activity = {"posts": True, "comments": False}; Person(profile_url, driver=driver, **activity)`.

У майбутньому планується реалізувати парсинг реакцій.

Дані на сторінки потрапляють поступово, навіть якщо був здійснений перехід на наступну сторінку, тому виникає необхідність за допомогою невеликих кроків прокрутки, вилучати пости та коментарі.

Вищенаведений підхід є гнучким у порівнянні з використанням стороннього API, але водночас займає більше часу для отримання даних. Яким підходом користуватися, залежить від конкретної задачі. Навіть якщо API існує, обмеження обсягу та швидкості запитів, типи даних або формат даних, які він надає, можуть бути недостатніми для ваших цілей.

Література

1. CERT-UA (2019) Як розпізнати фейк? — правила The Huffington Post [online]. URL: <https://cert.gov.ua/recommendation/30>.
2. Seo-evolution (2024) Значення аналізу даних у сучасному бізнесі [online]. URL: <https://seo-evolution.com.ua/blog/poleznye-sovety/analiz-danih-dlya-biznesu>.
3. LinkedIn (2023) Про LinkedIn [online]. URL: <https://about.linkedin.com/uk-ua>.
4. Scrapin (2025) Browse our Data APIs [online]. URL: <https://www.scrapin.io/data>.
5. LinkedIn (2025) LinkedIn API Overview [online]. URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/linkedin>.
6. LinkedIn Scraper [online]. URL: https://github.com/joeyism/linkedin_scraper.

РОЗРОБЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ СКЛАДСЬКОГО ОБЛІКУ МЕРЕЖІ МАГАЗИНІВ «СМАК КОРЕЇ»

Мазаєва Ю. А., Харкянен О. В.

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна
etana012@gmail.com*

Development of an Information System for Warehouse Accounting of the «Smak Korei» Store Chain

The development and implementation of an information system for the warehouse department of the “Smak Korei” retail chain is a strategically important step to improve operational efficiency. The system will automate inventory tracking, streamline storage and distribution processes, and enhance the accuracy and speed of warehouse operations. Its implementation is cost-effective and will significantly contribute to the productivity and competitiveness of the company.

Зростання зацікавленості українських споживачів у продукції з Південної Кореї сприяло розвитку мережі магазинів «Смак Кореї». Метою діяльності мережі є отримання прибутку та забезпечення населення якісною продукцією перевірених брендів, сприяючи розширенню кругозору та обізнаності у сфері виробництва продуктів харчування різних країн.

Розробка та впровадження інформаційної системи (ІС) для мережі магазинів «Смак Кореї» є актуальним рішенням для оптимізації роботи складського відділу підприємства. Система дозволяє автоматизувати процеси надходження, зберігання та видачі товарів, контролює терміни придатності, що підвищує точність обліку й оперативність обслуговування. Практична цінність розробки полягає у скороченні часу на обробку заявок, зменшенні кількості помилок та покращенні взаємодії між відділами підприємства.

Розробку здійснено з використанням середовища Visual Studio та мови програмування C# з технологією Windows Forms. У якості СУБД використано Microsoft SQL Server. Інформаційна система передбачає багаторівневий доступ, зручний інтерфейс для користувачів та можливість фільтрації, редагування й пошуку даних про товари. Також реалізована функція формування звітів щодо обліку залишків та руху продукції.

На рис. 1 наведено приклад інтерфейсу користувача для роботи зі складською інформацією в ІС мережі магазинів «Смак Кореї». У вікні представлено перелік товарів із зазначенням їх характеристик, зліва розташовані фільтри для зручного пошуку — за категорією товару, виробником та типом складу.

Розроблена інформаційна система забезпечує можливість швидкої фільтрації та сортування продукції, що дозволяє користувачам легко знаходити потрібні позиції. Завдяки інтерактивному виведенню даних працівники можуть оперативно переглядати стан запасів, інформацію про асортимент продукції.

Всі продукти Залишки на складі Замовлення Замовлення постачальникам							
Назва:	ID	Назва товару	Опис	Категорія	Виробник	Макс. температура	
Категорії:	1	Samyang Hot Chicken R...	Гостра локшина швидкого пр...	Локшина	Samyang ...	25,00	
☐ Локшина ☐ Напої	2	Samyang Hot Chicken R...	Гостра локшина з сирним сма...	Локшина	Samyang ...	25,00	
☐ Снеки ☐ Соуси	3	Samyang Buldak 2x Spicy	Дуже гостра локшина швидко...	Локшина	Samyang ...	25,00	
Виробники:	4	Nongshim Shin Ramyun	Класична гостра локшина шв...	Локшина	Nongshim	25,00	
☐ Samyang Foods	5	Nongshim Neoguri Seafo...	Локшина зі смаком морепрод...	Локшина	Nongshim	25,00	
☐ Nongshim	6	Nongshim Chapaggetti	Локшина з соусом чорної сої	Локшина	Nongshim	25,00	
☐ Lotte Confectionery	7	Ottogi Jin Ramen Mild	Локшина з м'яким смаком	Локшина	Ottogi	25,00	
☐ Ottogi	8	Ottogi Cheese Ramen	Локшина з ніжним сирним соу...	Локшина	Ottogi	25,00	
Може зберігатися в секції:	9	Lotte Milkis Original	Газований молочний напій	Напої	Lotte Conf...	15,00	
☐ Сухий склад	10	Lotte Chilsung Cider	Газований напій зі смаком ли...	Напої	Lotte Conf...	15,00	
☐ Прохолодний склад	11	Lotte Sac Sac Grape	Напій зі смаком винограду	Напої	Lotte Conf...	15,00	
☐ Холодильник	12	Ottogi Bacchus Energy ...	Енергетичний напій	Напої	Ottogi	15,00	
	13	Lotte Pepero Original	Шоколадні палички з печивом	Снеки	Lotte Conf...	25,00	
	14	Lotte Pepero Almond	Палички з мигдалем і шокола...	Снеки	Lotte Conf...	25,00	
	15	Lotte Choco Pie	Шоколадне тістечко з зефіром	Снеки	Lotte Conf...	25,00	
	16	Nongshim Shrimp Crack...	Креветкові чіпси	Снеки	Nongshim	25,00	
	17	Nongshim Onion Rings	Цибулеві кільця	Снеки	Nongshim	25,00	
	18	Samyang Buldak Hot Sa...	Гострий соус для локшини	Соуси	Samyang ...	25,00	
	19	Samyang Carbonara Sa...	Соус зі смаком карбонара	Соуси	Samyang ...	25,00	
	20	Ottogi Gochujang Paste	Паста гострого перцю	Соуси	Ottogi	25,00	
	21	Ottogi Soy Sauce	Класичний соєвий соус	Соуси	Ottogi	25,00	

Рис. 1. Приклад інтерфейсу користувача ІС складського обліку товарів мережі магазинів «Смак Кореї»

Використання системи оптимізує роботу працівників складського відділу, оскільки дозволяє централізовано керувати інформацією про товари, знижуючи ризики помилок при ручному обліку. Завдяки автоматизації основних операцій значно скорочується час на опрацювання запитів магазинів та обробку даних, що сприяє підвищенню загальної ефективності логістичних і управлінських процесів у мережі магазинів «Смак Кореї».

Таким чином, розроблена інформаційна система сприятиме підвищенню ефективності бізнес-процесів у складському підрозділі мережі магазинів «Смак Кореї», що позитивно вплине на загальну продуктивність компанії.

Література

1. Верховна Рада України (1999) Про бухгалтерський облік та фінансову звітність в Україні : Закон України від 16.07.1999 № 996-XIV, *Відомості Верховної Ради України*, № 46–47, с. 391.
2. Guapi12138 (2020) *C# Warehouse Management System* [online]. URL : <https://github.com/Guapi12138/C-WMS>
3. Шараєвський А. (2023) *Warehouse Management System* [online]. URL : <https://github.com/ArtemSharaievskyi/Warehouse-Management-System>
4. Титченко М. В., Костіков М. П. (2020) Розроблення web-системи для контролю та синхронізації інформації про товари на складі, *Матер. VII Міжнар. наук.-техн. Internet-конф. «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами»*, К. : НУХТ, с. 288–289.

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ В ЕЛЕКТРОННОМУ ДОКУМЕНТООБІГУ

Москалюк Н. Р., Чаплінський Ю. П.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: nazar8082003@gmail.com

Intelligent Systems in Document Management

Intelligent management and data analysis systems utilize artificial intelligence and big data technologies to support decision-making and automate business processes. Modern Intelligent Document Processing platforms combine OCR, NLP and AI to automatically classify and extract data from invoices, forms and other documents. Adopting intelligent solutions can significantly improve efficiency in public administration and business.

В сучасних умовах розвитку інформаційних технологій зростає значення інтелектуальних систем управління, які використовують методи штучного інтелекту та аналізу даних для підтримки прийняття рішень та автоматизації бізнес-процесів. Системи підтримки прийняття рішень, що базуються на штучному інтелекті, здатні аналізувати великі масиви даних, виявляти закономірності та формувати рекомендації в режимі реального часу [1].

Електронний документообіг — це сфера, де автоматизація обробки текстів і даних грає ключову роль. Інтелектуальна обробка документів — це комплексний підхід, що поєднує декілька когнітивних технологій для автоматизованої роботи з документами. Зокрема, такі рішення використовують:

1. Оптичне розпізнавання символів — для зчитування тексту з сканованих чи цифрових зображень.
2. Комп'ютерний зір і обробку природньої мови — для розпізнавання та класифікації типу документа (рахунок, договір, акт тощо).
3. Машинне навчання і штучний інтелект — для навчання моделей розпізнавання за зразками та автоматичної верифікації даних.
4. Системи управління процесами — для побудови робочих процесів обробки документів і маршрутизації завдань.

Завдяки цим технологіям системи інтелектуальної обробки документів можуть зчитувати та структурувати дані з документів «на льоту», без потреби ручного налаштування шаблонів. Наприклад, хмарна платформа Google Document AI використовує штучний інтелект і обробку природньої мови для автоматизації зчитування інформації з рахунків-фактур, накладних, банківських виписок, квитанцій, форм тощо. Вона надає функції оптичного розпізнавання символів, вилучення об'єктів (імен, дат, адрес), обробки таблиць та класифікації документів на основі їхнього змісту.

Інтеграція таких сервісів у системи електронного документообігу дозволяє компаніям швидко створювати комплексні процеси обробки документів, мінімізувати ручну роботу та підвищувати точність даних [2].

Світові тенденції свідчать про зростання популярності систем інтелектуальної обробки документів. Ринок таких рішень активно зростає завдяки автоматизації бек-офісних процесів у фінансах, страхуванні, медицині, логістиці. Зокрема, важливість цифрових рішень зростає в умовах гібридної роботи та дистанційного доступу.

Однією з ключових тенденцій є інтеграція інтелектуальної обробки документів з роботизованою автоматизацією процесів. Це поєднання дозволяє автоматизувати весь життєвий цикл документа — від отримання та класифікації до обробки та архівування. Наприклад, фінансові установи використовують цю інтеграцію для автоматизації процесів обробки кредитних заявок, що призводить до значного скорочення часу обробки та зменшення кількості помилок [3].

Крім того, впровадження хмарних рішень у сфері інтелектуальної обробки документів забезпечує масштабованість, гнучкість та доступність. Такі рішення також сприяють зниженню витрат на інфраструктуру та забезпечують швидке впровадження нових функцій.

Не менш важливою тенденцією є використання штучного інтелекту для покращення пошуку та аналізу документів. Сучасні системи використовують семантичний пошук, який дозволяє знаходити документи на основі змісту, а не лише ключових слів. Це значно підвищує ефективність роботи з великими обсягами інформації та сприяє прийняттю обґрунтованих рішень.

Системи інтелектуальної обробки документів також демонструють значні переваги у сфері безпеки та відповідності нормативним вимогам. Вони забезпечують автоматичне виявлення та захист конфіденційної інформації, а також ведення журналів доступу та змін, що сприяє дотриманню стандартів, таких як GDPR та ISO 27001 [4].

Таким чином, сучасні тенденції в галузі інтелектуальної обробки документів свідчать про її ключову роль у цифровій трансформації бізнесу. Інтеграція з роботизацією, впровадження хмарних рішень, покращення пошуку та аналізу, а також забезпечення безпеки та відповідності — все це робить інтелектуальну обробку документів незамінним інструментом для підвищення ефективності та конкурентоспроможності організацій.

Література

1. Комар М. П. (2020) Інформаційна технологія інтелектуальної обробки та аналізу великих даних, *Вісник Хмельницького національного університету*, вип. 5. URL : <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2020-289-5-120-125>.
2. Google (2025) *Document AI*. URL : <https://cloud.google.com/document-ai>.
3. Medium (2024) *Intelligent Document Processing Trends & Innovation in 2024*. URL : <https://medium.com/%40klear-stack/intelligent-document-processing-trends-innovation-in-2024-995bfcbbef84>.
4. Nte.Ai (2025) *The Role of Artificial Intelligence in Document Management Systems*. URL : <https://nte.ai/Blog/latest-news/the-role-of-artificial-intelligence-in-document-management-systems>.

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ФОРМУВАННЯ КОНТРАКТІВ ДЛЯ ВСТУПНИКІВ ВНЗ

Паламар Р. В., Грибков С. В.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: veiaq.work@gmail.com

Information System for the Formation of Contracts for Incoming Students

The aim of the study is to develop a specialized information system designed to automate the process of generating contracts for applicants to the National University of Food Technologies (NUFT), thereby enhancing the efficiency of the admissions committee's operations, reducing the incidence of errors, and minimizing the time required for document processing.

Приймальна комісія університету є ключовим підрозділом, що відповідає за організацію вступної кампанії, прийом документів та оформлення контрактів для вступників. Від ефективності роботи приймальної комісії значною мірою залежить успішність вступної кампанії та формування контингенту студентів.

Аналіз наявного процесу формування контрактів для вступників НУХТ виявив низку суттєвих недоліків:

- значні витрати часу на ручне заповнення документів (15–20 хвилин на один контракт);
- висока ймовірність виникнення помилок при ручному введенні даних;
- відсутність централізованого зберігання інформації;
- складність пошуку та редагування сформованих документів;
- відсутність автоматизованої перевірки правильності заповнення полів.

Метою дослідження є розробка спеціалізованої інформаційної системи для автоматизації процесу формування контрактів вступників НУХТ, що дозволить підвищити ефективність роботи приймальної комісії, зменшити кількість помилок та скоротити час на оформлення документів.

Аналіз існуючих рішень показав, що жодна з представлених на ринку систем не відповідає повністю потребам приймальної комісії НУХТ. Основними недоліками існуючих рішень є висока вартість придбання та щорічної підтримки, складність налаштування під специфіку університету, відсутність веб-інтерфейсу та обмежені можливості модифікації шаблонів документів.

Враховуючи виявлені недоліки існуючих рішень та специфічні потреби НУХТ, було прийнято рішення про розробку власної інформаційної системи формування контрактів для вступників.

Розроблення інформаційної системи автоматизації процесів, пов'язаних із формуванням контрактів для вступників, вимагала ретельного вибору

технологічного стеку, який би забезпечував високу продуктивність, гнучкість і зручність у використанні. Після детального аналізу сучасних веб-технологій було прийнято рішення зупинитися на наборі інструментів, які відповідають найвищим стандартам розробки, забезпечуючи створення системи, що є одночасно швидкою, масштабованою та інтуїтивно зрозумілою для кінцевих користувачів.

Основним фреймворком для проєкту обрано Next.js, розроблений компанією Vercel, який базується на бібліотеці React і вирізняється своєю здатністю забезпечувати ефективний серверний і клієнтський рендеринг, спрощену маршрутизацію та потужні інструменти для створення API. Цей фреймворк дозволяє оптимізувати продуктивність веб-застосунків, забезпечуючи швидке завантаження сторінок і покращений користувацький досвід, що є критично важливим для адміністративних систем, де швидкість і надійність відіграють ключову роль. Завдяки своїм універсальним можливостям, Next.js забезпечує гнучкість у розробці, дозволяючи адаптувати систему до змін у вимогах без значних модифікацій архітектури.

Архітектурний підхід до створення інформаційної системи ґрунтується на принципах мікросервісної архітектури, яка передбачає розподіл функціональності на окремі модулі, що взаємодіють між собою через чітко визначені інтерфейси. Такий підхід сприяє підвищенню масштабованості, спрощенню підтримки та оновлення системи, а також забезпечує її стійкість до збоїв, оскільки відмова одного компонента не впливає на роботу інших.

Клієнтська частина системи, або фронтенд, була розроблена з використанням бібліотеки React у поєднанні з Next.js, що забезпечило створення динамічного та інтерактивного інтерфейсу. React, завдяки своїй компонентній архітектурі, дозволяє створювати модульні інтерфейси, які легко адаптувати та розширювати, що є особливо важливим для систем із великою кількістю користувачів із різними ролями, такими як абітурієнти, адміністратори чи члени приймальної комісії. Використання Next.js додатково посилило можливості фронтенду завдяки функціям статичної генерації сторінок і серверного рендерингу, що сприяють швидшому відображенню контенту та оптимізації для пошукових систем.

Серверна частина системи, була реалізована на основі Node.js із використанням API-маршрутів, які надає Next.js. Node.js забезпечує асинхронну обробку запитів, що дозволяє системі ефективно справлятися з великою кількістю одночасних звернень, що є типовим для систем, які використовуються під час вступної кампанії. API-маршрути Next.js спрощують створення серверних ендпоінтів, дозволяючи швидко обробляти запити від клієнтської частини та забезпечувати безпечну взаємодію з базою даних. Така інтеграція клієнтської та серверної частин у межах одного фреймворку зменшує складність розробки та сприяє створенню єдиної, злагодженої системи, що оптимізує як процеси розробки, так і подальшу підтримку.

Для зберігання даних було обрано реляційну базу даних MySQL, яка вирізняється високою надійністю, швидкістю обробки запитів і широкими можливостями для роботи зі структурованими даними. MySQL дозволяє

ефективно організувати зберігання інформації про абітурієнтів, контракти, статуси документів та інші пов'язані дані, забезпечуючи швидкий доступ і можливість виконання складних запитів для аналітики та звітності. Використання реляційної моделі даних сприяє підтримці цілісності інформації та спрощує виконання операцій, таких як пошук, оновлення чи видалення записів, що є важливим для автоматизації адміністративних процесів. Крім того, MySQL забезпечує підтримку транзакцій, що гарантує надійність операцій із даними навіть у разі збоїв, що є критично важливим для систем, які працюють із конфіденційною інформацією.

Для забезпечення простоти розгортання та масштабування системи було застосовано технологію контейнеризації на основі Docker. Контейнеризація дозволяє ізолювати різні компоненти системи, такі як фронтенд, бекенд і база даних, у незалежні контейнери, що спрощує їх розгортання на різних платформах і забезпечує однакову поведінку системи в різних середовищах, від локальних серверів розробки до хмарної інфраструктури. Використання Docker також сприяє автоматизації процесу розгортання, що зменшує ймовірність помилок, пов'язаних із конфігурацією серверів, і дозволяє швидко масштабувати систему в разі зростання навантаження, наприклад, під час пікових періодів вступної кампанії. Крім того, контейнеризація забезпечує гнучкість у виборі хостингових платформ, що дозволяє адаптувати систему до різних інфраструктурних вимог без значних зусиль.

Загалом, обраний технологічний стек і архітектурний підхід забезпечують створення інформаційної системи, яка не лише відповідає сучасним вимогам до продуктивності та безпеки, але й є гнучкою та зручною для користувачів. Використання Next.js, React, Node.js, MySQL і Docker дозволяє досягти високого рівня інтеграції між різними компонентами системи, забезпечуючи її стабільність і здатність до масштабування.

Ці технології також сприяють спрощенню процесів розробки та підтримки, що є особливо важливим для проєктів у сфері освіти, де ресурси та час часто обмежені. У майбутньому система може бути розширена шляхом інтеграції додаткових модулів, таких як аналітичні інструменти для обробки даних чи системи автоматичного сповіщення, що ще більше підвищить її ефективність і функціональність.

Розроблена система має наступні функціональні можливості:

1. Авторизація користувачів — забезпечує контрольований доступ до системи для членів приймальної комісії та адміністраторів, розмежування прав доступу залежно від ролі користувача.

2. Управління контрактами — дозволяє переглядати, фільтрувати, редагувати та видаляти збережені контракти, здійснювати пошук за різними параметрами.

3. Створення контрактів — надає зручну багатокрокову форму для введення даних вступника, вибору освітньої програми та типу фінансування.

4. Генерація документів — автоматично формує необхідні документи (договір про навчання, договір з фізичною або юридичною особою) у форматі DOCX на основі введених даних.

5. Адміністративна панель — дозволяє адміністратору додавати нових користувачів, редагувати довідкові дані, керувати шаблонами документів, виконувати ініціалізацію та очищення бази даних.

6. Імпорт/експорт даних — забезпечує можливість завантаження даних з Excel-файлів та експорту даних у Excel для зручного редагування.

7. Документація — містить детальний опис принципів роботи з системою для звичайних користувачів та адміністраторів.

Формування/редагування контракту, яка складається з наступних кроків: вибір навчального підрозділу та фінансування; введення даних юридичної особи (при виборі відповідного типу фінансування); введення загальних даних вступника; введення даних законного представника; вибір освітньої програми та збереження/завантаження документів.

Розроблена інформаційна система, призначена для автоматизації процесів формування контрактів для вступників, продемонструвала свою готовність до впровадження в реальне середовище Національного університету харчових технологій (НУХТ). Її архітектурна гнучкість і модульна структура дозволяють адаптувати систему до потреб інших навчальних закладів, які мають подібні адміністративні завдання, пов'язані з обробкою документів вступників. Завдяки ретельно продуманому дизайну та використанню сучасних технологій система забезпечує високу ефективність, надійність і зручність у використанні, що робить її універсальним рішенням для автоматизації адміністративних процесів у вищій освіті. Така адаптивність досягається завдяки модульному підходу до розробки, який дозволяє вносити зміни до функціоналу системи без необхідності масштабного перепроєктування, а також завдяки використанню стандартизованих технологій, що забезпечують сумісність із різними інфраструктурними середовищами. Це відкриває можливості для масштабування системи та її використання в інших вищих навчальних закладах, де є потреба в оптимізації процесів прийому студентів.

Впровадження інформаційної системи в реальне середовище НУХТ дозволило досягти значних покращень у функціонуванні приймальної комісії, забезпечивши суттєве підвищення ефективності адміністративних процесів. Одним із ключових результатів стало значне скорочення часу, необхідного для формування контрактів для вступників. Якщо раніше підготовка одного комплекту документів займала від п'ятнадцяти до двадцяти хвилин, то після впровадження системи цей час скоротився до п'яти-десяти хвилин. Це досягнення стало можливим завдяки автоматизації рутинних операцій, таких як заповнення шаблонів і перевірка введених даних, що знизило залежність від ручної обробки та зменшило ймовірність помилок, спричинених людським фактором. Таке прискорення не лише оптимізує роботу операторів, але й підвищує загальну пропускну здатність приймальної комісії, дозволяючи обробляти більшу кількість заявок у стислі терміни, що є особливо важливим у періоди пікового навантаження під час вступної кампанії.

Ще одним важливим результатом впровадження системи стало значне зниження кількості помилок у процесі оформлення документів. Автоматична валідація даних, інтегрована в систему, забезпечує перевірку введеної

інформації на відповідність установленим форматам і вимогам, що мінімізує ризик допущення помилок, таких як неправильне введення особистих даних чи невідповідність документів стандартам. Використання заздалегідь підготовлених шаблонів для контрактів додатково сприяє уніфікації документів, забезпечуючи їхню одноманітність і відповідність нормативним вимогам. Це не лише підвищує якість підготовлених документів, але й полегшує подальшу перевірку та обробку, що є важливим для забезпечення прозорості та відповідності процедур вступу.

Система також забезпечила централізоване зберігання всіх даних, пов'язаних із процесом вступу, у єдиній базі даних, що значно спрощує управління інформацією. Такий підхід дозволяє швидко знаходити потрібні документи за допомогою інтегрованих функцій пошуку та фільтрації, що економить час операторів і підвищує ефективність їхньої роботи. Централізована база даних забезпечує єдиний доступ до всіх записів, що виключає необхідність дублювання інформації чи використання розрізнених джерел, що раніше могло призводити до плутанини та втрати даних. Крім того, централізоване зберігання сприяє підвищенню безпеки даних, оскільки доступ до бази регулюється чіткими протоколами автентифікації та авторизації, що захищають інформацію від несанкціонованого доступу.

Підвищення загальної ефективності роботи приймальної комісії стало ще одним значним результатом впровадження системи. Завдяки автоматизації ключових процесів оператори отримали можливість обробляти більшу кількість заявок за той самий час, що раніше було ускладнено через ручну обробку документів. Це дозволило оптимізувати робочий процес, зменшивши навантаження на персонал і підвищивши якість обслуговування абітурієнтів. Скорочення часу на виконання рутинних завдань дало змогу працівникам зосередитися на більш складних аспектах роботи, таких як консультування вступників чи вирішення нестандартних ситуацій, що сприяє покращенню загального досвіду взаємодії з приймальною комісією. Крім того, підвищення продуктивності сприяє зниженню стресу для працівників, що є важливим фактором для підтримки їхньої професійної ефективності в умовах високого навантаження.

У перспективі система відкриває можливості для подальшого вдосконалення та розширення функціональності. Наприклад, інтеграція додаткових модулів, таких як аналітичні інструменти для оцінки ефективності вступної кампанії чи системи автоматичного сповіщення абітурієнтів про статус їхніх заявок, може ще більше підвищити зручність і продуктивність. Крім того, адаптація системи для використання в інших навчальних закладах може включати налаштування інтерфейсу та функціоналу відповідно до специфіки їхніх адміністративних процесів, що зробить її універсальним рішенням для сектору вищої освіти. Таким чином, розроблена інформаційна система не лише вирішує поточні завдання НУХТ, але й створює міцну основу для майбутньої оптимізації адміністративних процесів у вищій освіті.

RAISE SPECIFICATION LANGUAGE: РОЗРОБКА ЧЕРЕЗ ТЕСТУВАННЯ

Піскунов О. Г., Тупко Н. П.

Київський авіаційний інститут, м. Київ, Україна

E-mail: oleksii.piskunov@npp.kai.edu.ua

RAISE Specification Language: Test-Driven Development

The article explores an algebraic approach to software design and testing. The primary goal is to demonstrate the application of formal software design methods through the development and testing of functions for solving direct and inverse geodetic problems. The study employs the core principles of the RAISE (Rigorous Approach to Industrial Software Engineering) formal development method, which integrates formal logic and test-driven development (TDD).

У роботі розглядається використання мови формальних специфікацій RAISE (RAISE Specification Language, RSL [1]) під час формальної розробки «димових» тестів [2] для функцій, які вирішують основні геодезичні задачі. Приклад демонструє використання принципів алгебраїчного підходу до тестування функцій дійсного аргументу та принципів розробки через тестування. Проєкт є частиною більшого проєкту з тестування функцій обчислення площі багатокутника на еліпсоїді.

Для наближення специфікації програмного забезпечення (ПЗ) до робочого коду цього ж ПЗ приклад супроводжується розробкою відповідних функцій мовою C#, включаючи тестові методи. Представлені функції суттєво складніші, ніж функції обчислення довжини дуги меридіана, які розглядалися у звіті [2]. Відповідно у доповіді пропонується можливий порядок розробки, який поєднує принципи V-подібного підходу розробки (проєктування зверху-вниз та програмування знизу-вгору) та принципи розробки через тестування. У результаті буде отримано по дві функції для вирішення прямої та зворотної геодезичних задач. Одна пара функцій працює з радіанами. Друга пара функцій — з градусами, як з більш звичною одиницею виміру. Для тестування використовуються функції обчислення довжини дуги меридіана [2].

Розробка складається з:

- Схеми, яка містить деякі визначення математичних і геодезичних понять, а також їх реалізацію в базовому класі розробки.
- Специфікації програмного інтерфейсу: клас сигнатур функцій, що розробляються.
- Код функцій-заглушок замість основних функцій, які розміщені у класі, похідному від класу сигнатур.
- Схеми з умовами для алгебраїчного тестування функцій геодезичних задач (лістинг 1). Перша умова порівнює результати, які обчислюють функції для вирішення зворотної геодезичної задачі при зсуві вздовж напрямку на північ, з результатами функції для

обчислення положення на дузі меридіана. Інші умови показують, що попарне застосування функцій не повинно змінювати початкових даних.

- З наведених умов розроблено драйвери тестів (лістинг 2).
- Специфікації вирішення прямої геодезичної задачі.
- Специфікації вирішення зворотної геодезичної задачі.

Далі, наявність сигнатур необхідних функцій дає змогу одночасно:

- проектувати умови для тестування основних геодезичних задач (див. лістинг 1).
- писати специфікації для обчислення прямої та/або зворотної геодезичної задачі.
- писати специфікації для функцій, які працюють із градусами.

Алгебраїчні тести представляють собою попарне використання як раніше розроблених функцій [2], так і нових. Наприклад, перша умова для тестування функцій геодезичних задач (лістинг 1, мова RSL) має вигляд:

```
scheme test1 = extend geoA with class axiom
[ test1
  all B : Radian :-
    let (X, A1, A2) = invGeoT(0.0, 0.0, B, 0.0) in latitudeR(X)
  - B is 0.0 end,
end
```

Реалізація першої умови може мати наступний вид (лістинг 2, мова C#):

```
public partial class smoke {
  [Test] public void test1( ) {
    double B = 0.1; double X, A1, A2;
    p.invGeoTR(0.0, 0.0, B, 0.0, out X, out A1, out A2);
    Assert.That(p.latitude(X) - B, Is.Zero.Within(0.000001));
  }
}
```

Таким чином, виконання проекту показало, що мова формальних специфікацій RSL має зручні можливості для навчання студентів прикладної математики сучасним методам тестування програмного забезпечення.

Література

1. George C. (2002) *Introduction to RAISE* [online]. URL: http://www.sel.unsl.edu.ar/ApuntesMaes/Anteriores/RAISE/Apunte_ChrisGeorge/report249.pdf.
2. Піскунов О. Г., Тупко Н. П., Топіха Н. В. (2024) Формальний погляд на тестування функцій дійсного аргументу, *Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами: матер. XI Міжнар. Наук.-техн. internet-конф., м. Київ, 27 лист. 2024 р., с. 218–219.*

ЗАСТОСУВАННЯ PROGRESSIVE WEB APPLICATIONS (PWA) ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ З КЛІЄНТАМИ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ЗАМОВЛЕННЯ У ЗАКЛАДАХ ХАРЧУВАННЯ

Скригун В. О. , Грибков С. В.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: vlad1slavskrygun@gmail.com

Usage of Progressive Web Applications (PWA) for Improving Customer Interaction and Optimizing Ordering Processes in Food Service Establishments

This paper substantiates the imperative for developing advanced software systems aimed at streamlining supply chain management, inventory control, food preparation, customer service, and financial accounting within food service establishments. Such systems are crucial for boosting labor productivity, curbing operational costs, and elevating service quality. The analysis highlights the distinct advantages and disadvantages of leveraging Progressive Web Applications (PWA), which present novel opportunities for automating and refining the operational workflows of these establishments. Furthermore, the study explores the core capabilities of PWAs that enable significant improvements across all phases of customer engagement.

У сучасному світі заклади громадського харчування відіграють важливу роль, забезпечуючи населення якісною їжею та послугами. При високій конкуренції і зростаючих вимогах клієнтів ефективне управління закладами є ключовим фактором їхнього успішного функціонування. Традиційні підходи до управління часто недостатньо гнучкі та ефективні, що зумовлює необхідність сучасних методів на основі моделювання та автоматизації бізнес-процесів.

Розвиток ІТ дозволяє створювати програмні системи, які оптимізують процеси постачання, складування, приготування страв, обслуговування клієнтів і фінансового обліку, сприяючи підвищенню продуктивності праці, зменшенню витрат та покращенню якості обслуговування. Одним з перспективних напрямків є застосування Progressive Web Applications (PWA), які відкривають нові можливості для автоматизації та оптимізації роботи закладів харчування.

Progressive Web Applications (PWA) — це вебдодатки, які використовують сучасні вебтехнології для надання швидкого, надійного та привабливого користувацького досвіду, подібного до нативних мобільних додатків. Вони є перспективною інвестицією для різних галузей, пропонуючи переваги мобільних додатків та можливості вебсайтів [1]. Використання PWA в управлінні закладами харчування дозволяє досягти низки значних переваг:

- покращений користувацький досвід, адже PWAs забезпечують плавний, схожий на додаток інтерфейс без необхідності завантаження, що зменшує складнощі в процесі взаємодії та підвищує задоволеність клієнтів. PWAs використовують механізми кешування (caching) та службових працівників (service workers) для швидкого завантаження навіть у повільних мережах;

- offline-функціональність, тобто можливість працювати без підключення до Інтернету, дозволяючи користувачам переглядати меню та взаємодіяти з додатком навіть в автономному режимі;
- відсутність необхідності завантаження та встановлення, оскільки на відміну від нативних додатків PWA не потребують завантаження та встановлення з магазинів додатків, що економить час та місце на пристрої користувача [2];
- економія витрат на розробку, адже розробка єдиної кодової бази для PWA, що працює на всіх платформах (iOS, Android, десктоп), значно знижує витрати порівняно з розробкою окремих нативних додатків;
- SEO-переваги, тому що PWAs індексуються пошуковими системами, що призводить до збільшення органічного трафіку та покращення видимості закладу в інтернеті;
- можливість push-сповіщень. PWAs можуть надсилати push-сповіщення, як і нативні додатки, що допомагає закладам повторно залучати клієнтів за допомогою пропозицій, знижок та нагадувань про покинуті кошики.

Застосування PWA сприяє оптимізації процесів замовлення та взаємодії з клієнтами. PWA надають широкі можливості для покращення всіх етапів взаємодії з клієнтами, від першого контакту до оформлення замовлення та отримання відгуків завдяки такому:

1. Швидкий та зручний процес замовлення за рахунок:

- інтерактивних меню: PWA дозволяють створювати інтерактивні меню, де клієнти можуть легко переглядати страви, дізнаватися про інгредієнти, алергени та ціни. Електронні інтерактивні меню та системи замовлень можуть підвищити продажі ресторанів та забезпечити швидке, точне та виняткове обслуговування;
- автоматизації прийому замовлень. Клієнти можуть розміщувати замовлення безпосередньо через PWA, що зменшує потребу в людській взаємодії та мінімізує помилки. Пряме розміщення замовлення через електронний пристрій зменшує ймовірність людських помилок у передачі замовлення [3];
- оптимізації онлайн-доставки: PWAs можуть розширювати можливості онлайн-доставки, дозволяючи клієнтам відстежувати свої замовлення в режимі реального часу та отримувати сповіщення про статус доставки.

2. Покращена комунікація та лояльність клієнтів через використання:

- персоналізованих пропозицій (PWA можуть надсилати персоналізовані пропозиції та акції, що відповідають вподобанням клієнтів, на основі аналізу їхньої історії замовлень);
- програм лояльності (PWAs можуть інтегрувати програми лояльності, дозволяючи клієнтам легко накопичувати бали та отримувати знижки);

- систем відгуків (PWA можуть включати механізми для збору відгуків клієнтів про їжу та обслуговування, що дозволяє закладам швидко реагувати та покращувати якість послуг. PWAs забезпечують більш високий рівень залучення користувачів, що робить їх ідеальною платформою для купонів або акцій).

Ряд компаній у сфері громадського харчування та суміжних галузях вже успішно впровадили PWA, демонструючи значні переваги. До прикладу, деякі заклади харчування, розробляючи PWA для своєї системи замовлень, отримали досвід, подібний до нативних додатків, але з набагато меншим розміром файлу та збільшенням щоденних активних користувачів.

Зокрема Starbucks розробив PWA для своєї системи замовлень, яка надає досвід, подібний до їхнього нативного додатку. Ця PWA на 99,84% менша за їхній існуючий додаток для iOS, що робить її фаворитом серед користувачів. PWA дозволяє клієнтам переглядати меню, налаштовувати замовлення та додавати товари до кошика навіть без постійного доступу до інтернету. Starbucks також побачив дворазове збільшення щоденних активних користувачів на PWA порівняно з нативним додатком.

Успішні приклади PWA показують, як ці технології можуть покращити залученість користувачів, збільшити швидкість завантаження та покращити функціональність на різних пристроях. PWA використовуються і в роздрібній торгівлі продуктами для реалізації омніканальної стратегії, синхронізуючи взаємодію з клієнтами через мобільні, веб та фізичні магазини.

Впровадження Progressive Web Applications у закладах харчування є важливим кроком на шляху до цифрової трансформації та підвищення конкурентоспроможності. PWA дозволяють значно покращити взаємодію з клієнтами, забезпечуючи швидкий доступ до інформації, зручний процес замовлення та персоналізовані пропозиції. Крім того, вони оптимізують операційні процеси, зменшуючи витрати на розробку та обслуговування, та підвищують ефективність комунікації між клієнтами та персоналом.

Завдяки своїм перевагам, таким як робота в автономному режимі, push-сповіщення та покращена швидкість завантаження, PWA є ідеальним рішенням для сучасних закладів харчування, що прагнуть задовольнити зростаючі потреби клієнтів та забезпечити стійкість бізнесу.

Література

1. Gupta R., Sharma V. (2021) Food Ordering Web Application, *International Journal of Trend in Scientific Research and Development*, pp. 100–104.
2. Kumar P., Singh R. (2022) Progressive Web Apps: Optimizing Mobile User Experience, *International Journal of Research and Practical Review*, pp. 45–50.
3. Patel S., Shah A. (2018) La cuisine hub – The Food Ordering Progressive Web Application for Dining at Restaurants, *International Journal of Computer Applications*, pp. 1–5.

БАЛАНС МІЖ КРЕАТИВНІСТЮ ТА ЮЗАБІЛІТІ В UI/UX-ДИЗАЙНІ: МІЖ ВІЗУАЛЬНОЮ ІННОВАЦІЄЮ І ФУНКЦІОНАЛЬНОЮ ЯСНІСТЮ

Снігур А. Я., Мазуренко О. О.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: sniguralina771@gmail.com

Balance Between Creativity and Usability in UI/UX Design: Between Visual Innovation and Functional Clarity

In modern UI/UX design, balancing visual creativity and usability is essential. This paper explores how experimental design techniques—such as asymmetry, disrupted grids, and expressive typography—can enhance user engagement without increasing cognitive load. The study emphasizes aligning innovation with usability heuristics, accessibility standards, and user expectations. Drawing from behavioral psychology and usability research, it proposes a framework for data-informed creativity, demonstrating how intuitive interaction and aesthetic novelty can coexist to create impactful, inclusive digital experiences.

У сучасному цифровому середовищі дизайнерські рішення мають одночасно відповідати двом взаємопов'язаним, але часто конфліктним вимогам — бути креативними та зберігати високу зручність використання. Інтерфейс, що приваблює нестандартною формою, може виявитися неефективним, якщо порушує очікування користувача або створює когнітивні бар'єри [1]. Водночас надмірно стандартизовані рішення не викликають емоційного відгуку та не сприяють впізнаваності бренду.

Зручність використання визначає, наскільки ефективно, просто та приємно користувач досягає своїх цілей в інтерфейсі. Як зазначає Нільсен (1994), ключовими принципами є зрозумілість, ефективність, запам'ятовуваність, мінімізація помилок і задоволення від взаємодії. Дотримання цих принципів забезпечує інтерфейс, що не викликає фрустрації.

Креативність пов'язана з візуальними інноваціями — асиметрією, експериментальною типографікою та динамічним ритмом сіток, що посилюють емоційне сприйняття і формують унікальне візуальне середовище. Проте такі елементи доречні лише за умови збереження когнітивної ясності користувача [5]. Норман (2013) у концепції «емоційного дизайну» наголошує, що краса і функціональність повинні не суперечити, а взаємно підсилювати користувацький досвід. Застосування креативних рішень значною мірою залежить від типу інтерфейсу:

- У візуально орієнтованих продуктах (портфоліо, сайти фестивалів, мистецькі сервіси) нестандартні рішення, такі як асиметричні блоки та експериментальна типографіка, створюють унікальний візуальний ритм і підвищують впізнаваність бренду.
- У когнітивно навантажених системах (банкінг, урядові портали, дашборди) надмірна креативність може дезорієнтувати

користувача, тому тут критично важливо зберігати звичні патерни навігації [2].

Для досягнення балансу між креативністю та юзабіліті дизайнер має чітко визначати функціональне призначення кожного візуального елемента, оцінювати рівень когнітивного навантаження за допомогою юзабіліті-тестування, аналізувати поведінкові сценарії на основі даних користувацької аналітики, а також дотримуватись принципу KISS (Keep It Simple, Stupid), згідно з яким простота інтерфейсу слугує підвищенню його ефективності, а не є ознакою примітивності [6].

У проєкті мобільного застосунку для вивчення мов використовувалися яскраве колірне кодування розділів, асиметричні заголовки та анімовані підказки. Попереднє тестування показало, що користувачі з низьким рівнем цифрової грамотності відчували дезорієнтацію. Після спрощення композиції, відновлення ієрархії контенту та зменшення кількості анімацій, кількість помилок знизилася на 32%, а середній час виконання завдань — на 18%.

Естетичні аспекти інтерфейсу не повинні суперечити його функціональним характеристикам. Креативність у дизайні виступає інструментом підвищення якості користувацького досвіду, а не самоціллю. Вона має ґрунтуватися на контекстуальному аналізі та емпіричних даних, що забезпечує раціональне використання інноваційних візуальних рішень. Оптимальний досвід взаємодії формується на перетині інтуїтивності інтерфейсу та візуальної новизни, що разом сприяють більш ефективній, зрозумілій і приємній користувацькій взаємодії.

Контекст використання інтерфейсу значно впливає на баланс між креативністю та юзабіліті. Особливо в мобільних середовищах, де увага користувача обмежена, пріоритетною є чітка візуальна ієрархія, адаптивність і узгодженість елементів. Крім того, креативний дизайн повинен враховувати принципи інклюзивності та доступності, забезпечуючи комфортну взаємодію для користувачів з різними потребами. Таким чином, відповідальний підхід до інновацій гарантує не лише естетичну привабливість, а й соціальну ефективність дизайну.

Література

1. Norman D. A. (2013) *The Design of Everyday Things*. MIT Press.
2. Krug S. (2000) *Don't Make Me Think: A Common Sense Approach to Web Usability*. New Riders Publishing.
3. Nielsen J. (1994) *Usability Engineering*. Morgan Kaufmann.
4. Nielsen J. (2006) F-Shaped Pattern For Reading Web Content [online], *Nielsen Norman Group*. URL : <https://www.nngroup.com/articles/f-shaped-pattern-reading-web-content/>
5. Lidwell W., Holden K., Butler J. (2010) *Universal Principles of Design*. Rockport Publishers.
6. Nielsen Norman Group (2020) *The Definition of User Experience (UX)* [online]. URL : <https://www.nngroup.com/articles/definition-user-experience>.

СИСТЕМНА ОПТИМІЗАЦІЯ В ПРОБЛЕМНИХ СИТУАЦІЯХ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Субботіна О. В.

Інститут кібернетики ім. В. М. Глушкова НАН України, Київ, Україна

E-mail: subotina@nas.gov.ua

System Optimization in Problem Situations of Decision Making

Modern requirements for the decision-making require the development of decision-making support systems for the preparation and selection of solutions taking into account the solution of a particular problem and interaction with other problem complexes and the analysis of the consequences of the implementation of the decisions made. In the decision-making process, problem situations arise that arise in the event of a discrepancy between the requirements for the functioning of the management system and the existing capabilities of the system. The report considers possible cases of problem situations and possible approaches to their solution.

Сьогодні реалізація підтримки прийняття рішень базується на вимогах щодо безперервного аналізу ситуацій і планування, проведення корегувань процесу прийняття рішень без порушення технологічної цілісності і взаємопов'язаності, багатоваріантності варіантів рішень та можливість їх отримання за різними критеріями та моделями.

Такий розгляд процесу прийняття рішень дозволяє створити взаємозв'язану систему з підготовки та вибору рішень з врахуванням розв'язання певної проблеми та взаємодії з іншими комплексами проблем і аналізу наслідків реалізації рішень, що приймаються. Це визначає необхідність розгляду проблемних ситуацій, які в цілому характеризуються невизначеністю, а в деяких випадках і суперечливістю умов; недостатністю інформації про можливі способи їх вирішення та чітких алгоритмів вирішення; необхідністю вирішення в обмежений час. При цьому при реалізації прийняття рішень будемо розрізняти три стратегії прийняття рішень. Це — створення, інтеграція та адаптація [1].

Таким особливостям задач прийняття рішень задовольняє технологія системної оптимізації, яка була запропонована академіком В.М.Глушковым [2].

Згідно технології системної оптимізації [2], необхідність в розв'язанні задачі системної оптимізації виникає у разі неспільності вимог щодо функціонування відповідної системи управління (області директивних вимог) і існуючих можливостей системи (області припустимих рішень). У разі виникнення такої проблемної ситуації необхідно знайти відповідь на питання:

1. За умов визначеності проблемної ситуації: чи забезпечує функціонування системи управління в певний момент часу та за певних умов розв'язання досягнення бажаних цілей розв'язання задачі прийняття рішень;

2. За умов ризику (ймовірнісної визначеності): чи перейшли або можуть перейти значення ймовірності настання небажаних наслідків функціонування

або ймовірності відхилення від вибраної мети в область неприпустимого ризику;

3. За умов критичної ситуації: чи ситуація, що настигла вимагає негайного прийняття рішень та розгляду прецедентів попереднього вирішення подібних проблемних ситуацій або попередньої розробки заходів з вирішення подібних проблемних ситуацій.

В першому випадку необхідно знайти припустиме рішення проблемної ситуації, який задовольняє поставленим умовам — обмеженням задачі.

Якщо таке припустиме рішення існує, то згідно типовим процедурам системної оптимізації переходимо до пошуку розв'язання проблемної ситуації.

Якщо таке припустиме рішення не існує, то згідно типовим процедурам системної оптимізації переходимо до виконання наступної процедури системної оптимізації.

Це говорить, що існує необхідність в розв'язанні задачі системної оптимізації, яка визначається неспільності області директивних вимог щодо розв'язку задачі та області припустимих рішень задачі.

У другому випадку проблемної ситуації за умов ризику (ймовірнісної визначеності) необхідно провести оцінювання події ризику проблемної ситуації щодо величини ризику. При вимірювання ризику, що пов'язане з оцінюванням проблемної ситуації, визначаються значення наступних параметрів: ступеню ризику, міри ризику, ціни ризику.

Якщо ризик небезпечного фактору переходить до області неприпустимого ризику, то необхідно розв'язати задачу системної оптимізації, щодо вибору сценарію реагування на ризики, під яким розуміється послідовність чи комбінація можливих дій на основі певних методів, які будуть використані для зниження наслідків чи ймовірності ідентифікованих ризиків.

В третьому випадку проблемної ситуації розглядаються прецеденти, які реалізують стратегію прийняття рішень — адаптацію. Це базується на принципах повторюваності ситуацій та використання раніше прийнятих рішень у разі виникнення подібних проблемних ситуацій. При цьому прецедент описує результати роботи типових процедур системної оптимізації.

Представлений підхід до підтримки прийняття рішень розробляється в рамках науково-дослідної роботи «Розробити онтологокеровані методи підтримки створення та функціонування системи управління безпечністю продуктів харчування на основі процедур системної оптимізації».

Література

1. Chaplinsky Y. (2025) Decision-Making Strategies Based on System Optimization, *Digital Transformation and Intelligent Systems: Theory, Models, Practice*, pp. 10–56.
2. Чаплінський Ю. П. (2022) Контекстно-онтологічна системна оптимізація проблемно-орієнтованої підтримки прийняття рішень, *Нові інформаційні технології, моделювання та автоматизація*. Астропринт, с. 6–44.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СФЕРІ ПРОДАЖІВ ТАНЦЮВАЛЬНОГО ОДЯГУ

Трофімченко М. Г., Грама М. П.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: enigma2004marina@gmail.com

Prospects for the Use of Information Technologies in the Sale of Dancewear

Digital technologies are rapidly transforming the retail industry, including niche markets such as dancewear sales. The integration of modern IT solutions can streamline business processes, enhance customer service, and improve inventory management efficiency. This report explores the prospects of using information technologies in the dancewear sector and highlights the benefits and challenges of their implementation.

Сфера роздрібної торгівлі танцювальним одягом активно адаптується до викликів сучасного ринку, зокрема через впровадження інформаційних технологій [1].

ІТ-рішення дозволяють бізнесу не лише автоматизувати рутинні операції, а й підвищити якість обслуговування клієнтів, прискорити обробку замовлень та ефективно управляти запасами [2].

Серед ключових напрямів застосування ІТ у цій галузі можна виділити:

- Автоматизацію обліку товарів — програмні комплекси дозволяють контролювати залишки на складах, запобігати нестачам або надлишкам, а також своєчасно оновлювати асортимент [1].
- Розвиток онлайн-продажів — інтернет-магазини й мобільні додатки забезпечують зручний доступ до продукції, дозволяють клієнтам переглядати товари, залишати відгуки та оформляти замовлення дистанційно [3].
- CRM-системи — ефективне управління клієнтською базою, збереження історії покупок, персоналізація комунікації, запуск акцій та бонусних програм [5].
- Чат-боти та віртуальні консультанти — автоматизовані сервіси здатні швидко відповідати на запитання, допомагати з вибором розміру та супроводжувати клієнта до моменту покупки [4].
- Аналітика і прогнозування попиту — застосування алгоритмів машинного навчання дозволяє аналізувати продажі, визначати тренди, формувати ефективну стратегію закупівель [2].
- Інтеграція з соціальними мережами — просування продукції через Facebook, Instagram, TikTok сприяє розширенню аудиторії та збільшенню впізнаваності бренду [4].

Водночас, як і в інших сферах, впровадження ІТ супроводжується певними труднощами. Серед них — вартість розробки, необхідність навчання

персоналу, захист персональних даних та технічна підтримка [1]. Однак за умов правильного підходу та стратегії, використання ІТ здатне значно підвищити конкурентоспроможність бізнесу в сфері танцювального одягу.

Крім того, зростає інтерес до впровадження омніканальних стратегій, які дозволяють поєднувати онлайн- і офлайн-канали взаємодії з клієнтами. Наприклад, покупець може переглянути товар в інтернет-магазині, забронювати його, а потім приміряти у фізичному магазині [3]. Такий підхід сприяє формуванню зручного та цілісного клієнтського досвіду, що, у свою чергу, позитивно впливає на лояльність до бренду.

Ще одним перспективним напрямом є застосування сучасних цифрових технологій для покращення взаємодії з клієнтами. Завдяки мобільним додаткам користувачі можуть у реальному часі візуалізувати, як виріб виглядатиме на них. Це особливо актуально для клієнтів, які не мають змоги відвідати фізичний магазин, зокрема з інших міст або країн [4].

Крім того, варто зазначити важливість систем управління ланцюгами постачання (SCM), які забезпечують прозорість логістичних процесів, оптимізують строки постачання та сприяють зниженню витрат [2]. Інтеграція таких систем із платформами замовлень дає можливість оперативно реагувати на зміни попиту та краще координувати постачання.

У сукупності всі ці інформаційні рішення формують єдину цифрову екосистему сучасного магазину танцювального одягу, яка охоплює весь цикл — від надходження товару до післяпродажного обслуговування. З огляду на стрімкий розвиток цифрових технологій, компанії, які вчасно інвестують у трансформацію бізнес-процесів, отримують суттєву перевагу на ринку [4].

Таким чином, впровадження інформаційних технологій у сфері продажу танцювального одягу є не лише доцільним, а й необхідним для сталого розвитку підприємства та його успішної адаптації до змін у поведінці споживачів.

У перспективі очікується ще глибша інтеграція штучного інтелекту в процеси управління продажами, що дозволить персоналізувати взаємодію з кожним клієнтом на основі його уподобань та історії покупок.

Література

1. Туров В. В. (2021) *Інформаційні технології в торгівлі*. К. : Центр учбової літератури, 248 с.
2. Laudon K. C., Laudon J. P. (2020) *Management Information Systems: Managing the Digital Firm*, 16th ed. Pearson Education, 576 p.
3. Чумаченко І. І. (2020) *Електронна комерція*. Х. : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 302 с.
4. Kotler P., Kartajaya H., Setiawan I. (2021) *Marketing 5.0: Technology for Humanity*. Wiley, 256 p.
5. Бутенко Н. О., Глушак О. О. (2022) CRM-системи як інструмент автоматизації бізнес-процесів в електронній торгівлі, *Економіка і суспільство*, № 40, с. 103–108.

РОЗРОБЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ СКЛАДСЬКИМИ ЗАПАСАМИ

Трояновський О. О., Новак Д. С.

Київський національний університет технологій та дизайну, Київ, Україна

Email: novak.knutd@gmail.com

Development of the Warehouse Stock Management Information System

In today's environment of digital business transformation, effective warehouse management is crucial for retail, logistics, and manufacturing enterprises. An automated system helps avoid excessive stockpiling, replenish supplies promptly, generate decision-making reports, and ensure complete transparency of all warehouse operations.

У сучасних умовах цифрової трансформації бізнесу ефективне управління складськими запасами є критично важливим для функціонування торговельних, логістичних та виробничих підприємств. Наявність автоматизованої системи дозволяє уникати надлишкового зберігання товарів, своєчасно поповнювати запаси, формувати звіти для прийняття управлінських рішень, а також забезпечувати прозорість усіх складських операцій.

Інформаційні системи управління складськими запасами (ІСУСЗ) дозволяють автоматизувати ці процеси, зменшити вплив людського фактору, підвищити точність обліку та забезпечити прозорість операцій. Розроблення таких систем є актуальним завданням, особливо для підприємств легкої промисловості, торгівлі та виробництва.

Метою дослідження є розроблення інформаційної системи (ІС), яка забезпечить облік товарно-матеріальних цінностей, моніторинг кількості й руху запасів, формування історії дій та безпечний доступ користувачів до даних.

У проєкті реалізовано трирівневу архітектуру, структуровану відповідно до шаблону MVVM (Model-View-ViewModel) (рис. 1). Цей підхід забезпечує чітке розділення відповідальностей між рівнями подання, логіки та доступу до даних, що спрощує підтримку, тестування та розширення системи.

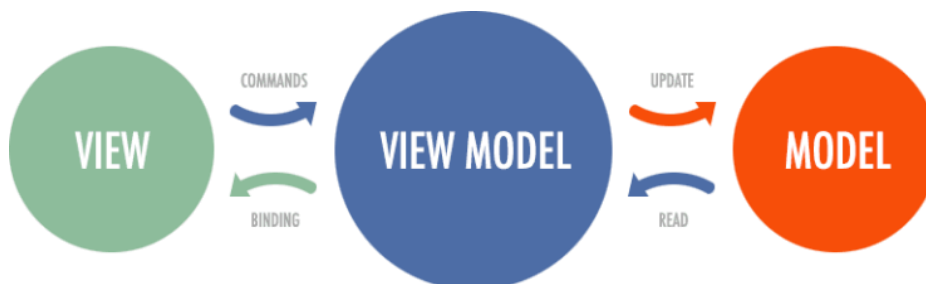


Рис. 1. Архітектура MVVM.

Для зберігання даних використано вбудовану реляційну базу даних SQLite. Всі компоненти застосунку: інтерфейс користувача, бізнес-логіка та

база даних функціонують у межах одного програмного середовища, що свідчить про локальний характер системи [1].

Як мову програмування було використано C#, яка має зручний синтаксис, підтримку об'єктно-орієнтованого програмування, багатий набір бібліотек, та глибоку інтеграцію з платформою .NET і Windows API [2]. Як фреймворк інтерфейсу взято WPF (Windows Presentation Foundation), що дозволяє будувати адаптивні й сучасні інтерфейси з використанням розмітки XAML (eXtensible Application Markup Language) і розділення логіки через шаблон MVVM [3].

Реалізовано нижченаведені алгоритми:

- авторизації користувача;
- додавання нових матеріалів;
- відправлення матеріалу;
- редагування наявних записів;
- видалення матеріалів;
- генерації статистики;
- автоматичного логування дій.

Створено повнофункціональну ІС, що дозволяє ефективно управляти складськими запасами на локальному рівні. Система може використовуватись на малих і середніх підприємствах без додаткових витрат на розгортання серверної інфраструктури.

У перспективі можливий перехід до класичної клієнт-серверної моделі з використанням API (Application Programming Interface) на Flask або ASP.NET Core і серверної СКБД PostgreSQL або MySQL, що дозволить забезпечити багатокористувацький доступ, віддалене адміністрування й інтеграцію з іншими ІС.

Розроблена ІС відповідає сучасним вимогам до програмних засобів у сфері управління запасами. Вона забезпечує високу продуктивність, надійність, безпеку даних та зручність у використанні. Шаблон MVVM у поєднанні з реляційною СКБД дозволяє реалізувати гнучке рішення, придатне для подальшого масштабування та адаптації під потреби конкретного підприємства.

Література

1. SQLite (2025) *Official SQLite Documentation* [online]. URL : <https://www.sqlite.org/docs.html>.
2. Microsoft (2025) *C# Documentation* [online]. URL : <https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/csharp>.
3. Microsoft (2025) *WPF Documentation* [online]. URL : <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/desktop/wpf>.
4. Титечко М. В., Костіков М. П. (2020) Розроблення web-системи для контролю та синхронізації інформації про товари на складі, *Матер. VII Міжнар. наук.-техн. Internet-конф. «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами»*, 26 листоп. 2020, с. 288–289.

РОЗРОБЛЕННЯ ВЕБ-ОРІЄНТОВАНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПІДТРИМКИ РОБОТИ ЗАКЛАДУ ГРОМАДСЬКОГО ХАРЧУВАННЯ

Тур А. В., Грама М. П.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: artem.tur324@gmail.com

Development of a Web-Based System to Support the Work of a Catering Establishment

A web-based system refers to software that operates via a web browser, enabling users to access it from any internet-connected device. This approach simplifies deployment and ensures broad accessibility. Such systems are commonly applied across diverse fields, including e-commerce and customer relationship management. They enhance both the efficiency and user-friendliness of interactions with digital information resources.

Веб-орієнтована система — це тип програмного забезпечення, яке функціонує через веб-браузер. Такий підхід дає змогу користувачам взаємодіяти з системою з будь-якого пристрою, що має доступ до Інтернету, спрощуючи процес впровадження та забезпечуючи широке охоплення. Такі системи активно застосовуються в багатьох галузях — від онлайн-торгівлі до систем управління клієнтськими відносинами. Веб-орієнтовані рішення підвищують зручність користування та ефективність доступу до інформаційних ресурсів.

Основною метою проєкту було створення альтернативної системи для мережі ресторанів «Пузата Хата». Завдання полягало в розробці інноваційного та зручного інструменту, що покращить взаємодію з клієнтами і підвищить рівень їхнього задоволення від відвідування закладів мережі. Запропонована система має не лише розширити функціональні можливості для користувачів, а й оптимізувати процес обслуговування, забезпечивши зручне оформлення замовлень.

Загальна мета розробки — створення ефективного і простого у використанні рішення, орієнтованого на повне задоволення потреб клієнтів «Пузатої Хати».

Правильний вибір інструментів і технологій для створення веб-орієнтованої системи має вирішальне значення для досягнення успіху проєкту. У цьому випадку було використано такі засоби:

HTML — основна мова розмітки, що визначає структуру та вміст вебсторінок. Вона дозволяє створювати гіпертекстові документи, пов'язані між собою за допомогою посилань.

SCSS (Sass) — препроцесор CSS, який надає додаткові можливості, такі як змінні, вкладеність, цикли та міксіни. Це значно спрощує й оптимізує написання стилів.

Tailwind CSS — утилітарний фреймворк для стилізації, який забезпечує гнучку систему класів. Він дозволяє швидко створювати адаптивний дизайн без потреби писати власний CSS.

JavaScript — високорівнева мова програмування, яка надає змогу реалізовувати динамічну поведінку елементів на сторінках. Підтримує різні стилі програмування, зокрема функціональний та подієво-орієнтований.

WordPress — потужна система керування контентом з відкритим кодом, що підтримує розширення за допомогою тем і плагінів. Підходить як для створення простих блогів, так і для складних вебресурсів.

Плагіни Carbon Fields — зручна бібліотека для додавання власних метаданих у WordPress. Дозволяє розробникам гнучко налаштовувати контент в адміністративній панелі.

Плагін Contact Form 7 — популярний засіб для створення форм зворотного зв'язку на сайтах WordPress. Забезпечує просту інтеграцію та налаштування форм у кілька кроків.

Figma — онлайн-платформа для створення дизайну інтерфейсів, прототипів і макетів. Завдяки підтримці спільної роботи в реальному часі, вона є незамінним інструментом для UI/UX-дизайнерів, smm-фахівців і продакт-менеджерів.

Gulp — автоматизатор завдань, що дозволяє виконувати типові дії (як-от мініфікація файлів, компіляція стилів чи об'єднання скриптів) автоматично. Це прискорює розробку та покращує продуктивність.

У результаті реалізації проєкту була створена вдосконалена веб-орієнтована система для мережі ресторанів «Пузата хата», яка містить низку нових функціональних можливостей.

Серед основних оновлень:

- можливість залишати відгуки про відвідані заклади;
- інтерактивна мапа ресторанів із відображенням годин роботи та додатковою інформацією;
- побудова маршруту до обраного ресторану;
- функція онлайн-бронювання столиків;
- опція доставки страв кур'єром;
- розділ для охочих приєднатися до команди з формою для подання резюме.

Ці нововведення надали бізнесу значні переваги. Зокрема, система відгуків допомагає клієнтам ділитися своїми враженнями, що позитивно впливає на якість сервісу та формування довіри до бренду. Покращена мапа з деталями роботи закладів спрощує пошук ресторанів і планування візитів. Онлайн-бронювання підвищує комфорт клієнтів та дозволяє закладам ефективніше управляти завантаженістю. Доставка розширює цільову аудиторію, охоплюючи тих, хто обирає зручність дому. А можливість подати заявку на роботу сприяє залученню нових кадрів і розвитку команди.

Загалом, впровадження цієї альтернативної системи стало важливим етапом у вдосконаленні взаємодії з клієнтами та оптимізації внутрішніх

процесів. Вона відображає готовність компанії адаптуватися до цифрових змін і відповідати сучасним очікуванням споживачів.

Реалізовані функції не лише поліпшують користувацький досвід, а й створюють нові можливості для зростання бізнесу: сприяють зміцненню репутації, залученню та утриманню клієнтів, підвищенню рівня задоволеності та лояльності. Крім того, подібні цифрові рішення підтримують конкурентоздатність підприємства, забезпечуючи його сталий розвиток у динамічному середовищі ринку.

У підсумку, подібні сучасні веб-орієнтовані системи виступають потужними інструментами цифрової трансформації, що сприяють підвищенню прибутковості, ефективності управління та довготривалій стабільності бізнесу.

Література

1. HostIQ (2025) *Що таке Wordpress: та як ним користуватися* [online]. URL : <https://hostiq.ua/wiki/ukr/wordpress-review/>
2. Carbon Fields (2025) *Documentation* [online]. URL: <https://carbonfields.net/docs/carbon-fields-overview-5>.
3. GoDaddy (2025) *Налаштування Contact Form 7 у WordPress*. [online]. URL : <https://ua.godaddy.com/help/nalashtuvannya-contact-form-7-u-wordpress-27024>.
4. HyperSkillUA українською (2025) *Введення в HTML. Основи*. [online]. URL : <https://w3schoolsua.github.io/hyperskillua/34/index.html#gsc.tab=0>
5. By Shep (2023) *Що таке SASS та чим відрізняється від CSS?* [online]. URL : <https://byshep.com/statti/shho-take-sass-ta-chim-vidriznyayetsya-vid-css>.
6. Megasite (2025) *Використання Tailwind CSS для швидкого розробки стилізованого дизайну* [online]. URL : <https://it-rating.ua/vikoristannya-tailwind-css-dlya-shvidkogo-rozrobki-stilovogo-dizaynu>.
7. QualityAssuranceGroup (2025) *Чому варто вивчати JavaScript?* [online]. URL : <https://qagroup.com.ua/publications/why-learn-javascript>.
8. Амескан К. (2023) *Рай для дизайнера, або що таке Figma* [online]. URL : <https://kukurudza.com/blog/shho-take-figma>.
9. Figma (2025) *What is Figma?* [online]. URL : <https://help.figma.com/hc/en-us/articles/14563969806359-What-is-Figma>
10. Шкляр А. В., Костіков М. П. (2020) Створення системи автоматизації процесу замовлень у шкільній їдальні, *Матер. VII Міжнар. наук.-техн. Internet-конф. «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами»*, 26 листопада 2020 р., К. : НУХТ, 2020, с. 303.
11. Фендюр Р. А., Костіков М. П. (2021) JavaScript-фреймворк Svelte, *Матер. VIII Міжнар. наук.-техн. Internet-конф. «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами»*, 26 листоп. 2021, К. : НУХТ, с. 283–284.

ОНТОЛОГІЧНЕ КОЛО ЖИТТЯ

Фесенко М. Б.

E-mail: clnt_49@ukr.net

Інститут кібернетики ім. В. М. Глушкова НАН України, Київ, Україна

The Ontology Circle of Life

The fortunate choices of circle in geometry form motion word-formation are grounded. The ontology circle for thought and language are using. The ontology model for idea life of man is applying. The model all ontology specter life of man are reflected. The circle model of life is taking into account age stage life of man.

Біблійна мудрість стверджує нам, що «усе повертається на кола свої». Чому саме так, чому саме коло, а не щось інше? Якщо поглянути на небо, то можливо побачити сонячне коло. Що насамперед зберігає наша пам'ять та як воно відбувається? Взагалі це головні події у нашому житті та час або вік, коли це відбулося. Це основне, що найдовше пам'ятає людина. Далі розташовуються здобуті на протязі життя знання. Деякі сучасні онтології настільки громіздкі, що потрібний концепт у них відшукати також важко, як «голку у стозі сіна». Тому це під силу тільки комп'ютерним програмам.

Початково у історичному аспекті усна мова формувалася ще до появи писемності. Не було ніякої записі не тільки у строку, як й зображень диз'юнктивного дерева таксономії, але й взагалі нічого крім наскальних малюнків. Мовлення формувалося у розумі. Промовляння були вкрай стисли з одного, двох або трьох слів. Слів було взагалі небагато. У кожного з нас є коло друзів, коло знайомих, коло інтересів, коло проблем, коло обов'язків, коло хвороб, коло обмежень. Так прийнято говорити, й це усім зрозуміло. Коло, як і колесо, відомі з незапам'ятних часів. Чому б не припустити, що у своєї мові людина використовує саме коло, а не тільки строки, стовбці, таблиці, дерева, зростаючи пірамідальні мережі, нейронні мережі, стеки, прямі та зворотні, та таке інше. Розташовувати інформацію у колі значно зручніше для запам'ятання та пошуку. У кожної людини існує визначений кругозір, велике та мале кола кровообігу. Для оцінки меткості та купчастості стрільби при тренуванні використовується мішень у формі кола. Для колового обзору використовуються біноклі та інші пристрої з коловим принципом фіксування зорової інформації. По такому ж принципу побудовані радіолокаційні екрани. Математичною основою перелічуваних підходів є полярна система координат.

Метою цієї роботи є обґрунтування обрання кола у якості геометричної форми руху словоформ, що використовується щодо мислення та мовлення.

Первісно взагалі не було ніякого упорядкування та правил мовлення людини. Ніхто й поняття не мав ні о підметах, ні о присудках. Людина могла звернутися зі промовою тільки до того, кого вона бачила або чуяла. Те вона й

запам'ятала. Так формувалося коло звертання, тобто тих, до кого спрямоване її мовлення. Спочатку це були клички (прізвисько), що з часом перетворилися у ім'я. Виникло коло спілкування. Коло дій також було не велике, оскільки займалися тільки прожитком, охотою та рибальством. При такому способі життя ніяких питань майже не виникало.

Поступово у пам'яті людини стали відображатися онтологічні образи та частини мовлення, оскільки вона стала більш розуміти та сприймати. Росли потреби, з'явилася цікавість, виник інтерес. Сформувалися коло інтересів, коло питань. Почався пошук відповідей на них. Мова почала розвиватися, ускладнюватися. Запам'ятати промовлене та передавати почуте іншим становилося усе трудніше. Винахід знакових та символічних систем зробив можливим появу письмовості, де основою залишалися ті ж кола. Звукові хвилі розповсюдження мовних речень проникали усередину кори головного мозку, стимулюючи їх сприйняття та вироблення реакції відповіді на цю інформацію.

З появою правил людина була змушена не просто промовляти усе підряд, що збрело у її голову, а потурбуватися про те, щоб її розуміли інші. Далеко не у кожного, та й то не одразу, це стало виходить. Стали цінувати грамотність людей. Багатьом це було не по плечу. Знадобилися знання. Виникла необхідність у навчанні. Звернемо увагу, що коло буває замкнутим і розімкнутим. Коли людина над чимось довго міркує та спробує зрозуміти, як раптом знаходить рішення, то іноді говорять, що «замкнуло». Зі збільшенням словникового запасу та ускладненням вибору виникла можливість оформлення однієї мислі з використанням різного набору слів.

З розвитком культури мовлення виникло красномовлення. Онтологічне коло, то замикаючись, то відкриваючись, стало збільшуватися у розмірі. Приблизно так, як розповсюджуються кола у воді від кинутого каменя з коливаннями та хвилями. Людина постійно мислить. Також, як б'ється її серце, відбуваються процеси коливання мислення на свідомому та підсвідомому рівнях. Процеси мислення знаходяться у постійному руханні. Поява кожної нової задачі поступово формує своє нове коло зосередження уваги на пошук її рішення. Розумкові процеси починають обертатися навколо цього кола, як навколо стержня, зосереджувати у ньому інформацію щодо пошуку рішення. Цей цикл продовжується поки не буде знайдено рішення, або людина за тою чи іншою причинами сама припинить пошуки рішення. Адже іноді говорять, що людина «ходить навколо» або «зациклилася» та необхідно чогось змінити.

Людині властиво помилятися. Частіше помилки чиняться за неухважністю. Оскільки помилкове рішення є альтернативою вірному рішення, то, цілком можливо, що обидва ці рішення, вірне та невірне, вишукуються у протилежних фазах як два протилежних кола.

Спробуємо уявити і промодельовати онтологічну картину не світу взагалі, а світу людини, що проживає своє життя, не чуже, не завжди вірне, зі помилками та втратами. Для геометричної інтерпретації використаємо аналогію між мапою півкулі земного еліпсоїду Красовського та півкулею кори головного мозку. Знизу розташуємо полюс початку життя. Зверху розташуємо полюс завершення земного життя.

Паралелі, вони ж широти — це етапи життя з його широтою. Широта немовля, широта дитинства, широта юнацтва, широта молодості, широта початку дорослого життя, екватор середини життя (зазначимо, що в кожного свій), широта досягнення зрілості та широти похилого віку: широта старости, широта досягнення похилого віку, широта глибокої старости, широта старезності. Це все суто індивідуальні часові періоди, що у сумі відображають судьбу людини.

Окрім виконання такого «широтного» напрямку етапів життя, з урахуванням можливостей та досягнень штучного інтелекту, цілком реалістичною стає задача моделювання «меридіанних» аспектів, що відображають усі боки життя людини, від праці до її особистого життя, та їх тривалості. Довга тривалість часового періоду — це його довгота, що інакше іменуємо меридіаном. Меридіани як раз й зв'язують ці етапи життя у одне ціле, у долю людини.

Перелічімо стисло деякі з них, оскільки нарощувати такі зв'язки треба з урахуванням індивідуальних особливостей життя кожної окремої людини. Тут без залишкової конкретики надамо тільки своєрідний шаблон, що пропонується, з використанням якого онтологію може добудувати кожен, як через трафарет. Це є: меридіан здоров'я, меридіан часу та віку, меридіан відчуттів; меридіан простору, меридіан інтересів, меридіан навчання, меридіан очікувань та надій, меридіан любові, меридіан дружби, меридіан бажань, меридіан можливостей, меридіан потреб, меридіан переміщень, меридіан молитви та віри, меридіан пам'яті та спогадів, меридіан роботи, меридіан сім'ї, меридіан хвороб та таке інше.

На перший погляд здається, що усе так просто, коли усе розташовано за полицями. На географічному прототипі, що опирається на геометрію Римана, паралелі, як відомо, не пересичуються. Там обійшлося без геометрії Лобачевського. У життєвої онтології геометрія смислова, тому семантично вона куди складніше. Помилки молодості, або, куди жахливіше, більш зрілого віку, заганяють людину у такий глухий кут, інакше званий тупиком, що їх іноді приходится розплутувати усе життя, що ще залишилося.

Нерідко зустрічається й така от свого роду семантична геометрія долі з не досконалою, а вкрай заплутаною онтологією. Це і є набір семантичних мереж із хитромудрими багаторазовими пересіченнями меридіанів, зі зміщенням та змішуванням довготи, адже далеко не завжди можливо їх чітко розмежувати.

Часом несподівані зворотні зв'язки, що перетворюють рівномірну ортогональну координатну сітку прототипу у своєрідний заплутаний клубок життя, який розплутати далеко не завжди та не кожному вдається. Людина ніби залишається такою самою, але, крім явних змін зовні, більш помітних, відбуваються й зовні зовсім непомітні, але гаразд більш значні зміни усередині людини, у її голові. Саме тому в суспільстві виділяють наведені вище етапи життя людини. Розкладання набору представлень людини як про своє життя, так й об оточуючим світі на взаємопов'язані онтологічні концепти, якщо воно вдало проведено, уповні можливо, за аналогією, умовно назвати розкладанням у онтологічний спектр життя людини.

ПЕРЕХІД ВІД УНІВЕРСАЛЬНИХ ОНТОЛОГІЙ ДО ПЕРСОНАЛЬНИХ

Фесенко М. Б.

E-mail: clnt_49@ukr.net

Інститут кібернетики ім. В. М. Глушкова НАН України, Київ, Україна

The Crossing from Universal Ontology to Personal

The some question of the ontological engineering are discussed. The necessity of crossing from universal ontology to personal ontology is grounded. The eight principles of design of personal ontology are offered. The personal ontology is dynamic and instability. The personal ontology is changing in time and development. The characteristic feature of universal ontology has inherent objective. The personal ontology has more subjective character.

Вже багато років успішно розвивається онтологічний інжиніринг. Розроблені принципи побудови універсальних онтологій, зокрема: ієрархічності, наслідування, багаторівневості, розширення, систематизації, несуперечності та інші. Але деякі положення онтологічного інжинірингу потребують обміркування та вдосконалення. Людина на протязі життя багато разів змінює набір понять своєї онтології. Вона навчається, придбає нові знання, забуває старі. Змінюються також й предметні області, де суб'єкт задіє свої знання. Виходить, що у різні моменти життя використовуються різні онтології, а також різні онтологічні набори. Двобічно спрямована динаміка процесу формування бази знань очевидна, але не завжди присутня у відомих онтологічних схемах. Повсюдна уніфікація та універсалізація вилучила з онтологічних схем індивідуальність та персоналізацію баз знань, що формуються на базі онтологій. При цьому упущена з виду спеціалізація онтології під конкретного індивіда, його запити, здібності та потреби, зокрема медичні. А саме на це повсюдно зростає попит користувачів мобільного зв'язку та інтернету.

Метою цієї роботи є розробка принципів побудови персональної онтології. Необхідно придати онтології індивідуальну часову динаміку, змінні та функції, чого звичайно недостатньо у роботах по онтологіям. Тому пропонуємо перший принцип умовно сікучої площини. При інтерпретації слід ввести умовні сікучі площини, що поділяють часові періоди, або етапи, між собою. У дитини поступово відбувається збільшення онтології, що пов'язане з її зростанням. Казка, віра у дитячу казку є позитивна динаміка. Відповідно, у онтологічних наборах мають бути як постійні, вдало сформульовані та стійкі частини, так й змінні частини.

Другий принцип — зовнішньої функціональності, що може бути не тільки усередині онтологічного денотата, онтологічного набору, але й між ними. Одні денотати задіються частіше, другі набагато ріже. Онтологія поновлюється у листової частині (екземпляри, атрибути), як листя на деревах навесні. А взимку листя, як усе застаріле, що виконало своє функціональне призначення,

опадають. Часові онтологічні денотати також після виконання своєї функції будуть успішно забути. Пам'ять не має бути переповненою, тому захисна функція забування організмом відпрацьована набагато краще інших.

Третім принципом, що пропонується, є принцип згортання та розгортання. Почасті онтологія — це компактно згорнута таксономія, що доповнена зворотними зв'язками та інтерпретацією. Ця процедура відповідає мисленому обміркуванню того, що слід промовити або здійснити. Потрібна й зворотна процедура: розгортка онтології у таксономію зі геометричною інтерпретацією та зворотними зв'язками. Ця процедура відповідає нашому мовленню.

Мовлення також ітеративне. Тому одразу два речення неможливо ні промовити одночасно, ні зрозуміти. У деяких хворих, як раз, бувають моменти такого накладення одразу декількох речень, особисто коли вони поспішають висловитися. Почав промовляти одне речення, та не завершив, хворий раптом продовжує зовсім друге, а завершити може третім реченням. При цьому сам хворий мислено недомовлене промовляє, або забуває, що недомовив, тому непорозуміння слухачами того, що він промовив, призведе його у нерозуміння. Аналогічно іноді говорять уповні здорові, але випивши лишене, перескакують з одного недомовленого речення у друге, явно з наміром щось уточнити, але збиваються. При цьому той, хто промовляє, уповні можливо, не чує самого себе по той, або іншій причині. Можливо припустити, що накладки відбуваються у режимі пошуку найбільш підходящого денотата, але той, хто висловлює, вже не у змозі їх ні обрати, ні відокремити один від другого. Вочевидь, що тут перш за все присутня не одна громіздка онтологія світу або чого завгодно, а невеличкі онтологічні набори, щоб легше було порозуміти та узгодити семантику та лексику, обирати найбільш підхожі варіанти. Тут деяка подоба денотата, тільки не лексичного, а онтологічного. Кожен набір — це не лексичний, а онтологічний денотат, або лексико — онтологічний. Спробуємо знову міркувати за аналогією. Якщо онтології — коренева система, то лексичні тексти — над коренева частина дерева. Стовбур — набір усіх правил. Крупні гілки — смислові стержні. На них зростають гілочки меншого розміру, тобто відбувається від гілкування. Смысл має кожне речення. Листя — слова. А крупні гілки збирають їх за темами. Тому четвертим є принцип онтологічних наборів денотатів.

У дорослої людини дитяча віра у казку змінюється на віру в Бога. Або, що набагато частіше, на невіру. У старого важко хворого дитяча коляска замінюється на інвалідну. Суб'єкт перевезення (транспортування) крупніше, але такий же безпорадний. Також як дитину, престарілу людину ведуть, але не за руку, а під руки, якщо ноги взагалі ще рухаються. Додається спочатку палиця, потім милиці, що з часом змінюються на ходунки. Дитяче ліжечко замінюється на лікарняне ліжко. Якщо описати цей процес більш стисло у порівнянні, то помітимо, що майже кожна деталь чітко замінюється той же самою, що було у дитинстві, тільки потім зросло, тобто збільшилося у розмірі. При цьому збереглося лише функціональне призначення. У життєво важливих фізіологічних процесах також майже усе теж саме, але тільки з протилежним

знаком, тобто точнісінько навпаки. Так, налагоджування у дитини праці шлунково-кишкового тракту замінюється у старій людини на розладжування, балансування життєвих систем організму замінюється, відповідно, на розбалансування, та таке інше. Тому п'ятий принцип подібної заміни полягає у заміні екземплярів класів попередньої онтології на подібні функціональні екземпляри класів послідувочої онтології.

У важко хворого відбувається поступове втрачання цілих фрагментів онтології, щільно до повної втрати зв'язків з суцим. Це негативна динаміка. Згасання функцій організму відбувається на фоні порушення управління усіма життєво важливими системами. Можливі й психічні порушення, коли хворий починає сприймати те, що відбувається, зовсім не так, як усі здорові. Тут можливо провести технічну аналогію з загрузкою у нього нової недоробленої та неналагодженої операційної системи, що то дає збій, то зависає. У цьому випадку ще складніше пристосуватися до поведінки хворого, тим паче управляти їм, передавати йому потрібну інформацію. Тому шостий принцип часового характеру існування цілісності онтології відповідає тому, що відбувається поруч з важко хворим.

Сьомим є принцип існування зворотних зв'язків між послідовністю онтологічних понять. Цей принцип відображає те, що усі поняття онтології відображають різні відтінки одного цілого та належать йому.

Онтологія — це рухома конструкція. Кожен концепт має свій термін існування. Одні концепти довготривалі та не змінюються на протязі існування онтології. Інші концепти короткочасні та замінюються через деякий час іншими у процесі побудови онтології та її існування. Тому восьмим буде принцип змінності онтології та її складових частин у часі. Змінюється людина, змінюється й його персональна онтологія, що відображає ці зміни.

Як відомо, не існує єдиного алгоритму побудови онтології та онтологічного моделювання предметної області. Кожна модель — це структурована форма представлення та підміни будь якої частини або цілого реального об'єкту досліджень, що відображає його можливості, властивості, характеристики, параметри та обмеження замість його самого. У нашому випадку, при персоналізації онтології можливо буде обійтись онтологічною моделлю, що не буде ускладнена дуже громіздким тезаурусом. Якщо при побудові універсальних онтологій більш підходять поняття, що здатні поширювати предметну область, то при побудові персональних онтологій на більшу увагу заслуговують поняття, що, навпаки, звужують предметну область. Якщо універсальним онтологіям властивий більш об'єктивний характер їх побудови, то персональні онтології менш стійкі у часі та більш суб'єктивні. Запропоновані принципи дизайну персональних онтологій не виключають використання принципів побудови універсальних онтологій, а лиш доповнюють їх, тому що корисно використовувати перевірені практикою фундаментальні положення для будь якої розробки. Тож використання поряд із відомими принципами запропонованих дозволяє максимально звужити предметну область і обрати з неї лише найважливіші, на наш погляд, базові поняття та спростити відношення між ними.

ВИКОРИСТАННЯ БЛОКЧЕЙНУ В ЛОГІСТИЦІ

Чорнобай К. Ю., Грибков С. В.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: chornobaiku@nuft.edu.ua

Use of Blockchain in Logistics

The paper is devoted to the study of the implementation of Blockchain technology to improve logistics processes for food industry enterprises.

Логістична галузь відіграє визначальну роль у забезпеченні ефективного переміщення товарів, послуг та інформації в глобальному економічному просторі. Вона є основою функціонування сучасних ланцюгів постачання, сприяючи інтеграції ринків і оптимізації торговельних процесів.

Проте традиційні системи управління ланцюгами постачання стикаються з низкою викликів, зокрема щодо забезпечення прозорості, ефективного моніторингу та підвищення загальної продуктивності. Такі проблеми можуть призводити до зростання експлуатаційних витрат, затримок у постачанні, зниження якості обслуговування, а також до втрати довіри між учасниками ланцюга постачання, включаючи постачальників, перевізників, дистриб'юторів і кінцевих споживачів.

Зі стрімким розвитком інноваційних технологій, таких як блокчейн і штучний інтелект (ШІ), відкриваються нові перспективи для подолання зазначених обмежень і трансформації логістичних процесів. Технологія блокчейн, що базується на децентралізованій і незмінній системі обліку даних, забезпечує високий рівень прозорості, безпеки та достовірності транзакцій. Завдяки своїй архітектурі, блокчейн дозволяє створювати незмінні записи всіх етапів ланцюга постачання, що сприяє підвищенню довіри між сторонами, усуває потребу в посередниках і знижує ризики шахрайства. Крім того, використання смарт-контрактів у блокчейн-системах автоматизує виконання угод, забезпечуючи швидкість і точність операцій.

Технології штучного інтелекту, своєю чергою, надають можливості для інтелектуального аналізу великих обсягів даних, прогнозування попиту, оптимізації маршрутів транспортування та управління складськими запасами. ШІ може ефективно обробляти інформацію в реальному часі, що дозволяє оперативно реагувати на зміни в логістичних процесах, зменшувати витрати та підвищувати якість обслуговування клієнтів. Інтеграція ШІ з блокчейн-технологіями створює синергетичний ефект, забезпечуючи комплексний підхід до управління ланцюгами постачання, де прозорість і безпека блокчейн поєднуються з аналітичними можливостями ШІ [1].

Технологія блокчейн є інноваційним протоколом обміну інформацією, зокрема цифровими активами, через мережу Інтернет без залучення

посередників. Вона забезпечує збереження даних про всі транзакції учасників системи у вигляді послідовно пов'язаного «ланцюжка блоків», де кожен блок містить унікальний набір інформації. Особливістю блокчейн є незмінність даних: після їх запису в блок неможливо внести зміни чи видалити інформацію без порушення цілісності всієї структури. Доступ до розподіленого реєстру мають усі учасники мережі, які спільно виконують функцію колективного нотаріуса, забезпечуючи верифікацію та підтвердження достовірності даних у базі [2].

Дані в блокчейні організовано у вигляді фіксованих структур, відомих як «блоки», кожен з яких складається з двох ключових компонентів [2]:

1. Заголовок блоку: містить метадані, необхідні для забезпечення цілісності та послідовності ланцюга. До них належать контрольна сума (хеш) блоку, що унікально ідентифікує його вміст, час створення блоку, а також посилання на хеш попереднього блоку, що забезпечує зв'язок між блоками та незмінність ланцюга.

2. Вміст блоку: включає перелік цифрових активів, команд транзакцій, їхніх обсягів, а також адреси учасників угод. Ця інформація фіксує деталі операцій, такі як перекази активів, їх кількість і сторони, що беруть участь у транзакціях.

Завдяки своїй децентралізованій природі та криптографічному захисту, блокчейн забезпечує високий рівень безпеки, стійкість до зовнішніх втручань і довіру між учасниками мережі. Технологія дозволяє автоматизувати процеси за допомогою смарт-контрактів — програмованих алгоритмів, які автоматично виконують умови угод за заданими параметрами, що знижує операційні витрати та підвищує ефективність. Крім того, блокчейн відкриває можливості для створення нових моделей управління даними, що сприяють розвитку інноваційних рішень у різних галузях, від фінансів і логістики до державного управління та охорони здоров'я. Таким чином, блокчейн є не лише технологічною основою для цифрових валют, але й універсальним інструментом для трансформації сучасних інформаційних і економічних систем.

Використання блокчейн у логістиці: відстеження товару в реальному часі (tracking & tracing); смарт-контракти для автоматизації угод; підвищення прозорості в постачаннях; забезпечення автентичності продукції (боротьба з підробками).

Підвищення стійкості ланцюга постачання включає ефективні процеси управління поверненням, зворотною логістикою, переробкою відходів, енергозбереженням та впровадженням «зеленої» логістики. Ці ініціативи не тільки зменшують вплив на навколишнє середовище та накопичення відходів, а й призводять до значного зниження витрат. Ефективно розроблена стійка мережева структура, підкріплена плануванням та оптимізацією, дозволяє фахівцям із планування визначати ресурсоефективні та екологічні структури ланцюга постачання. Цифрова трансформація в ланцюгах постачання спрямована на надання точної інформації про найважливіші бізнес-процеси в режимі реального часу, виявлення аномалій, областей, схильних до ризику, та

оптимізацію параметрів для досягнення соціально-економічних цілей. Компанії, оснащені передовими цифровими ланцюгами постачання, можуть розумно розподіляти ресурси, активи, персонал та товарно-матеріальні запаси, оперативно реагуючи на транспортні та виробничі потреби, зрештою скорочуючи витрати і підвищуючи оперативну гнучкість [1].

Використання технології блокчейн у логістичних і бізнес-процесах забезпечує низку значних переваг, які сприяють підвищенню ефективності, безпеки та прозорості операцій.

По-перше, блокчейн гарантує прозорість і відповідність у межах чітко визначеної мережі учасників, де доступ до інформації та права членства суворо регламентуються. Такий підхід унеможливорює несанкціонований доступ до конфіденційних даних сторонніми особами та знижує ризики шахрайських дій, забезпечуючи високий рівень безпеки в обраній бізнес-мережі.

По-друге, технологія забезпечує конфіденційність транзакцій. Завдяки застосуванню криптографічних ключів шифрування, транзакції залишаються видимими лише для їхніх учасників, що надає компаніям гнучкість і безпеку під час здійснення операцій. Такий підхід дозволяє захистити комерційні дані та підтримувати довіру між сторонами.

По-третє, блокчейн забезпечує швидкий і зручний доступ до інформації. Усі дані синхронізуються між учасниками мережі в реальному часі, що дозволяє миттєво отримувати доступ до цифрового реєстру. Таким чином значно скорочує час, необхідний для взаємодії між учасниками, зменшує затримки в операціях і сприяє оперативному ухваленню рішень.

Ще однією важливою перевагою є підвищення довіри клієнтів. блокчейн-технологія дозволяє компаніям надавати достовірну та перевірену інформацію про продукт на всіх етапах його життєвого циклу, включаючи походження, транспортування та пакування. Клієнти, зі свого боку, можуть легко отримати доступ до цих даних, що сприяє прозорості та зміцненню довіри. Крім того, можливість отримувати відгуки від споживачів у реальному часі дозволяє учасникам ланцюга постачання оперативно аналізувати свою діяльність, виявляти недоліки та вдосконалювати процеси.

Використання блокчейн також сприяє цифровізації логістичних процесів, що є значною перевагою порівняно з традиційними методами, які часто базуються на паперових носіях. У блокчейн-системі вся інформація про процеси доставки зберігається в цифровому форматі, що забезпечує її доступність у будь-який момент і зменшує залежність від фізичних документів. блокчейн відкриває широкі можливості для програмування та автоматизації.

З одного боку, технологія зменшує потребу в численних програмних засобах, оптимізуючи їх використання. З іншого боку, смарт-контракти дозволяють автоматизувати бізнес-процеси в межах обраної мережі, забезпечуючи виконання угод за заздалегідь визначеними умовами без участі посередників.

Таким чином, впровадження блокчейн-технологій у логістичну сферу забезпечує комплексний підхід до вирішення проблем прозорості, безпеки та

ефективності, створюючи передумови для сталого розвитку та конкурентоспроможності сучасних ланцюгів постачання.

Сучасні виклики у сфері управління ланцюгами постачання харчових продуктів вимагають принципово нових підходів до організації систем відстеження і контролю якості. Як показують останні дослідження, впровадження інноваційних інформаційних технологій, зокрема розподілених реєстрів (блокчейн), становить перспективний напрям розвитку харчової промисловості. Аналіз нещодавніх наукових публікацій свідчить про значний потенціал застосування блокчейн-технологій для підвищення ефективності управління логістичними процесами в агропродовольчому секторі.

Основна цінність блокчейн-рішень у їхній здатності забезпечувати незмінність, прозорість та достовірність інформації про весь життєвий цикл харчового продукту — від виробництва сировини до реалізації кінцевому споживачу. Технологія розподілених реєстрів дозволяє створювати децентралізовані системи обліку, захищені від несанкціонованих модифікацій, що критично важливо для забезпечення харчової безпеки та виконання вимог регуляторних органів.

Особливу увагу в контексті харчових ланцюгів постачання заслуговують смарт-контракти — програмні алгоритми, що автоматизують виконання угодних зобов'язань при настанні певних умов. Впровадження таких інноваційних механізмів дозволяє суттєво скоротити транзакційні витрати, мінімізувати ризики контрагентів та оптимізувати бізнес-процеси.

Управління ланцюгами постачання харчових продуктів на основі їх відстеження потребує впровадження сучасних інформаційних технологій, зокрема технології блокчейн. Як свідчить дедалі більша кількість наукових досліджень, потенціал використання блокчейн в харчовій промисловості є надзвичайно значним і ефективним.

Застосування блокчейну сприяє підвищенню достовірності, ефективності та безпеки процесів, забезпечуючи можливість миттєвого відстеження походження харчових продуктів і всіх етапів їхнього руху до кінцевого споживача. Блокчейн створює захищену від несанкціонованих змін і прозору систему, яка підтримує розробку інноваційних бізнес-рішень, зокрема через використання смарт-контрактів. Ключовою перевагою є здатність слугувати перспективним інструментом для модернізації логістичних процесів, що сприяє оптимізації управління ланцюгами постачання та підвищенню довіри до якості харчової продукції.

Література

1. Мельник Р. В., Цимбал С. В. (2025) Інноваційні технології: blockchain та штучний інтелект у логістиці та автомобільних перевезеннях, *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*, № 1(24), с. 284–290.
2. Мокляк М. В., Хаустова Е. О. (2018) Технологія blockchain в логістичній системі підприємства, *Приазовський економічний вісник*, № 1(06), с. 66–70. URL : <http://rev.kpu.zp.ua/vypusk-6>.

ГЕТЕРОГЕННІ БАЗИ ЗНАНЬ ТА МЕТОДИ ОБРОБКИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ДАНИХ З ВИКОРИСТАННЯМ МОВИ CLOJURE

Шевченко Р. В.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

Email: darthhalk@gmail.com

Heterogeneous Knowledge Bases and Methods of Processing Technological Data Using the Clojure Programming Language

Building knowledge bases for digital twins in Industry 4.0 involves addressing challenges related to integrating data from heterogeneous sources like laboratory systems, SCADA, and documentation. The use of the Clojure programming language enables flexible data modeling and semantic structuring by leveraging its functional features and JVM integration. The Logseq environment facilitates dynamic management of linked data and real-time integration with external knowledge sources. Combined, these tools support the creation of scalable and adaptive knowledge systems that evolve alongside technological and informational developments.

Концепції Індустрії 4.0 та 5.0 відкривають нові можливості оптимізації технологічних процесів, зокрема через використання штучного інтелекту, машинного навчання, нейронних мереж та систем підтримки прийняття рішень. Це потребує якісної підготовки даних і структурного моделювання систем технологічного контролю, що охоплюють як змінні з лабораторій (LIMS) та SCADA-систем, так і документацію, звіти, експлуатаційні матеріали. На етапі підготовки даних виникають труднощі з аналізом впливу різноманітних факторів на технологічні процеси через гетерогенність джерел інформації та відсутність єдиної схеми даних, неможливості строгої типізації, що ускладнює побудову єдиного інформаційного простору, строгої типізації та стратегії обробки даних [1].

На початковому етапі формування бази знань для моделей цифрових двійників ключовим є проведення концептуального моделювання. Цей процес включає попередній аналіз предметної області, розробку онтології, побудову семантичних моделей взаємозв'язків, а також створення структурованої схеми даних і зон впливу між різними підсистемами. Уніфікація знань у межах цієї моделі забезпечує цілісність і узгодженість інформації, однак водночас призводить до зростання витрат у міру інтеграції нових джерел даних та зміни зон впливів між процесами, окрім того, будь-які зміни в джерелах знань та зв'язках безповоротно несуть за собою додаткові витрати на модернізацію усієї бази знань. Для вирішення зазначеної проблематики раніше пропонувалися підходи, що передбачають модифікацію структури баз знань, зокрема шляхом інтеграції онтологій із системами адміністрування об'єктів та їхніх взаємозв'язків [2]. Проте такі рішення вимагали значних ресурсів на початковому етапі впровадження, оскільки передбачали наявність повністю сформованої концептуальної моделі. У результаті, будь-які зміни на ранніх

стадіях життєвого циклу автоматизованих або лабораторних систем спричиняли суттєві затримки та додаткові витрати, що знижувало ефективність впровадження подібних підходів у динамічних середовищах.

Clojure — це сучасна функціональна мова програмування, що базується на ідеях LISP і працює на платформі Java Virtual Machine (JVM). Вона поєднує гомоіконичність (єдність структури коду та даних), систему макросів і мінімалістичний синтаксис із потужністю Java-екосистеми [4]. Завдяки принципу «дані як код» Clojure забезпечує високий рівень абстракції, підтримує багатопоточність і є ефективним інструментом для побудови онтологічних моделей у системах автоматизації.

Окрім можливостей побудови систем із підтримкою онтологічних методів, мова Clojure, завдяки інтеграції з JVM, забезпечує ефективну взаємодію з реляційними базами даних. Це дозволяє реалізовувати запити до структурованих джерел даних безпосередньо в межах функціонального середовища, як показано на рис. 2.

Рис. 1. Приклад побудови онтологічного зв'язку з наслідуванням

Рис. 2. Приклад зв'язку з базою даних Sqlite мовою Clojure

Серед сучасних середовищ для побудови баз знань з використанням Clojure варто виділити Logseq. Вона забезпечує динамічну обробку даних через посилення, автоматично генеруючи об'єкти та зв'язки на основі контексту. Вхідні дані обробляються через Node.js API, що дає гнучкість у взаємодії із зовнішніми джерелами. Такий підхід дозволяє змінювати структуру моделі в реальному часі, інтегрувати зовнішні бази знань і встановлювати між ними зв'язки. Logseq також забезпечує швидкий доступ до динамічних навчальних і дослідницьких матеріалів для оперативного оновлення знань.

Крім зазначених можливостей, середовище Logseq надає відкритий API, що дозволяє розробникам створювати власні алгоритми обробки даних, а також будувати семантичні моделі знань відповідно до специфіки предметної області. Завдяки вбудованому браузеру, платформа підтримує підключення до зовнішніх баз знань із використанням сучасних веб-технологій, що відкриває нові можливості для розподіленого зберігання знань, інтеграції з іншими вузлами та доступу до віддалених сховищ документів. Такий підхід сприяє підвищенню гнучкості та масштабованості систем управління знаннями, забезпечуючи їхню адаптивність до змін у зовнішньому інформаційному середовищі.

Розроблення ефективних баз знань для цифрових двійників потребує поєднання концептуального моделювання, онтологічного підходу та сучасних інструментів обробки даних.

Хоч традиційні рішення є складними та дорогими, нові підходи — зокрема використання мов програмування, як Clojure, фреймворків на кшталт Docs2KG і середовищ типу Logseq — відкривають можливості для динамічного управління знаннями. Вони забезпечують гнучкість, масштабованість і адаптивність, що важливо в умовах постійних змін і зростання обсягів інформації.

Література

1. Gao T., Chai Y., Liu Y. (2018) A review of knowledge management about theoretical conception and designing approaches [online], *International Journal of Crowd Science*, vol. 2, no. 1, pp. 42–51. URL : <https://doi.org/10.1108/ijcs-08-2017-0023>.
2. Rongen S., Nikolova N. (2023) Mark Modelling with AAS and RDF in Industry 4.0 [online], *Computers in Industry*, vol. 148, p. 103910. URL : <https://doi.org/10.1016/j.compind.2023.103910>.
3. Sun Q., Luo Y., Zhang W., Li S., Li J., Niu K., Kong X., Liu W. (2024) *Docs2KG: Unified Knowledge Graph Construction from Heterogeneous Documents Assisted by Large Language Models* [online]. URL : <https://arxiv.org/abs/2406.02962>
4. Clojure (2020) *The Clojure Programming Language* [online]. URL : <https://clojure.org>.

ЗМІСТ

1 СЕКЦІЯ: ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ДАНИХ.....	6
2 СЕКЦІЯ: ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТА ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ.....	109
3 СЕКЦІЯ: МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ.....	168
4 СЕКЦІЯ: КІБЕРБЕЗПЕКА ТА ЗАХИСТ ДАНИХ.....	183
5 СЕКЦІЯ: ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ.....	237

Наукове видання

**Друга міжнародна
науково-практична конференція**

***Штучний інтелект
та інформаційні технології***

наукові праці

3–4 червня 2025 р.

Відповідальний за випуск — С. В. Грибков

**НУХТ 01601 Київ-33, вул. Володимирська, 68
Свідоцтво про реєстрацію: серія ДК №1786 від 18.05.2004 р.**