

Інститут систем управління
МНО Азербайджанської республіки
Національний технічний університет
"Харківський політехнічний інститут"
Харківський національний
університет радіоелектроніки
Національний аерокосмічний університет
імені М. Є. Жуковського
"Харківський авіаційний інститут"
Університет технології і гуманітарних наук
(м. Бельсько-Бяла, Польща)

ПРОБЛЕМИ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ

Тези доповідей тринадцятої міжнародної
науково-технічної конференції

27 – 28 листопада 2025 року

Том 3: СЕКЦІЯ 4

Баку – Харків – Бельсько-Бяла –2025

У збірнику подано тези доповідей тринадцятої міжнародної науково-технічної конференції “Проблеми інформатизації”. Розглянуті питання за такими напрямками: інформатизація навчального процесу; застосування, експлуатація та безпека функціонування телекомунікаційних систем та мереж; комп’ютерні методи і засоби інформаційних технологій та управління; методи швидкої та достовірної обробки даних в комп’ютерних системах та мережах; цивільна безпека та захист критичної інфраструктури (інформаційна підтримка); сучасні інформаційно-вимірвальні системи.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

Співголови оргкомітету:

ГАШИМОВ Ельшан Гіяс огли (д.н.б. & в.н., проф., ІСУ АР, Баку, Азербайджан);
КАРПІНСЬКІ Миколай (д.н., проф., Університет Бельсько-Бяла, Польща);
КОВАЛЕНКО Андрій Анатолійович (д.т.н., проф., ХНУРЕ, Харків, Україна);
КУЧУК Георгій Анатолійович (д.т.н., проф., НТУ «ХПІ», Харків, Україна);
ФЕДОРОВИЧ Олег Євгенович (д.т.н., проф., НАУ «ХАІ», Харків, Україна).

Члени оргкомітету:

ГЛАВЧЕВ Максим Ігорович (к.е.н., доц., НТУ «ХПІ», Харків, Україна);
ГЛИВА Валентин Анатолійович (д.т.н., проф., КНУБА, Київ, Україна);
ДОРОНІН Євген Володимирович (к.т.н., доц., ДУ «КАІ», Київ, Україна);
ЗАЙЦЕВА Єлена (к.т.н., проф., Університет міста Жиліна, Жиліна, Словаччина);
ЗАПОЛОВСЬКИЙ Микола Йосипович (к.т.н., проф., НТУ «ХПІ», Харків, Україна);
КАЛІНІН Євгеній Іванович (д.т.н., проф., НУ БрПкУ, Київ, Україна);
КОЛОМІЙЦЕВ Олексій Володимирович (д.т.н., проф., НТУ «ХПІ», Харків, Україна);
КОСЕНКО Віктор Васильович (д.т.н., проф., НУ ПП, Полтава, Україна);
ЛЕВАШЕНКО Віталій (к.т.н., проф., Університет міста Жиліна, Жиліна, Словаччина);
ЛЕВЧЕНКО Лариса Олексіївна (д.т.н., доц., НТУУ «КПІ», Київ, Україна);
ЛЕЩЕНКО Олександр Борисович (к.т.н., проф., НАУ «ХАІ», Харків, Україна);
МОЖАСВ Олександр Олександрович (д.т.н., проф., ХНУ ВС, Харків, Україна);
ПОДРОЖНЯК Андрій Олексійович (к.т.н., доц., НТУ «ХПІ», Харків, Україна);
РОМАНЕНКОВ Юрій Олександрович (д.т.н., проф., ХНУРЕ, Харків, Україна);
РУБАН Ігор Вікторович (д.т.н., проф., ХНУРЕ, Харків, Україна);
РУДНИЦЬКИЙ Володимир Миколайович (д.т.н., проф., ДНДІ ОБТ, Черкаси, Україна);
СЄВЕРІНОВ Олександр Васильович (к.т.н., доц., ХНУРЕ, Харків, Україна);
СЕМЕНОВ Сергій Геннадійович (д.т.н., проф., ПУ, Краків, Польща);
СМІРНОВ Олександр Анатолійович (д.т.н., проф., ЦНТУ, Кропивницький, Україна);
ТРЕТЬЯКОВ Олег Вальтерович (д.т.н., проф., ДУ «КАІ», Київ, Україна);
ШЕФЕР Олександр Віталійович (д.т.н., проф., ПНТУ, Полтава, Україна).

Секретаріат оргкомітету:

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

Institute of Control Systems
of the Ministry of Science and Education
of the Republic of Azerbaijan

National Technical University
Kharkiv Polytechnic Institute

Kharkiv National University
of Radio Electronics

National Aerospace University
Kharkiv Aviation Institute

University of Bielsko-Biala

PROBLEMS OF INFORMATIZATION

Proceedings of 13-th International
Scientific and Technical Conference

November 27 – 28, 2025

VOLUME 3: SECTION 4

Baku – Kharkiv – Bielsko-Biala –2025

The collection presents abstracts of reports of the Thirteenth International Scientific and Technical Conference “Problems of Informatization”. Issues in the following areas are considered: informatization of the educational process; application, operation and safety of telecommunication systems and networks; computer methods and means of information technology and management; methods of fast and reliable data processing in computer systems and networks; civil security (information support); modern information and measurement systems.

ORGANIZING COMMITTEE

Co-chairs of the organizing committee:

Elshan Giyas oglu HASHIMOV (Dr. Sc. (Nat. Security and Mil. Sc.), Baku, Azerbaijan);
Mikolay KARPINSKI (Dr. Sc. (Tech.), Prof., Bielsko-Biala, Poland);
Andriy KOVALENKO (Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kharkiv, Ukraine);
Heorhii KUCHUK (Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kharkiv, Ukraine);
Oleg FEDOROVICH (Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kharkiv, Ukraine).

Members of the organizing committee:

Maksym HLAVCHEV (PhD (Econ.), Ass. Prof., Kharkiv, Ukraine);
Valentyn GLYVA (Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kyiv, Ukraine);
Yevhen DORONIN (PhD (Tech.), Ass. Prof., Kyiv, Ukraine);
Elena ZAITSEVA (Dr. (Comp. Eng.), Prof., Zilina, Slovakia);
Nikolai ZAPOLOVSKY (PhD (Tech.), Prof., Kharkiv, Ukraine);
Yevhen KALININ (Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kyiv, Ukraine);
Oleksii KOLOMITSEV (Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kharkiv, Ukraine);
Viktor KOSENKO (Dr. Sc. (Tech.), Prof., Poltava, Ukraine);
Vitaly LEVASHENKO (Dr. (Comp. Eng.), Prof., Zilina, Slovakia);
Larysa LEVCHENKO (Dr. Sc. (Tech.), Ass. Prof., Kyiv, Ukraine);
Oleksandr LESHCHENKO (PhD (Tech.), Prof., Kharkiv, Ukraine);
Oleksandr MOZHAIEV (Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kharkiv, Ukraine);
Andrii PODOROZHNIAK (PhD (Tech.), Ass. Prof., Kharkiv, Ukraine);
Yuri ROMANENKOV (Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kharkiv, Ukraine);
Igor RUBAN (Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kharkiv, Ukraine);
Volodymyr RUDNYTSKYI (Dr. Sc. (Tech.), Prof., Cherkasy, Ukraine);
Oleksandr SIEVIERINOV (PhD (Tech.), Ass. Prof., Kharkiv, Ukraine);
Serhii SEMENOV (Dr. Sc. (Tech.), Prof., Krakow, Poland);
Oleksii SMIRNOV (Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kropyvnytskyi, Ukraine);
Oleg TRETYAKOV (Dr. Sc. (Tech.), Prof., Kyiv, Ukraine);
Oleksandr SHEFER (Dr. Sc. (Tech.), Prof., Poltava, Ukraine).

Secretariat of the organizing committee:

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

Тринадцята міжнародна науково-технічна конференція “Проблеми інформатизації” проводиться 27 та 28 листопада 2025 року в режимі ONLINE.
Тези доповідей доступні в INTERNET.

ТОМ 1

СЕКЦІЯ 1. Інформатизація навчального процесу.

Керівниця секції: д.т.н. проф. Н. Г. Кучук, НТУ «ХПІ», Харків.

Секретарка секції: к.т.н. доц. О. М. Бельорін-Еррера, НТУ «ХПІ», Харків.

**СЕКЦІЯ 2. Застосування та експлуатація
телекомунікаційних систем та мереж.**

Керівник секції: д.т.н. проф. Г. А. Кучук, НТУ «ХПІ», Харків.

Секретар секції: к.т.н. доц. С. С. Бульба, НТУ «ХПІ», Харків.

ТОМ 2

**СЕКЦІЯ 3. Безпека функціонування телекомунікаційних систем
та мереж.**

Керівник секції: д.т.н. проф. О. О. Можаяєв, ХНУВС, Харків.

Секретар секції: к.т.н. доц. О. В. Северінов, ХНУРЕ, Харків.

СЕКЦІЯ 7. Сучасні інформаційно-вимірювальні системи.

Керівник секції: д.т.н. проф. О. В. Коломійцев, НТУ «ХПІ», Харків.

Секретар секції: к.т.н. доц. А. О. Подорожняк, НТУ «ХПІ», Харків.

ТОМ 3

**СЕКЦІЯ 4. Комп'ютерні методи і засоби інформаційних технологій
та управління.**

Керівники секції: д.т.н. проф. І. В. Рубан, ХНУРЕ, Харків.

д.т.н. проф. А. А. Коваленко, ХНУРЕ, Харків.

Секретар секції: к.т.н. доц. О. С. Ляшенко, ХНУРЕ, Харків.

ТОМ 4

**СЕКЦІЯ 5. Методи швидкої та достовірної обробки даних
в комп'ютерних системах та мережах.**

Керівник секції: д.т.н. проф. В. В. Косенко, НУ ПП, Полтава.

Секретар секції: к.т.н. доц. Д. О. Лисиця, НТУ «ХПІ», Харків.

СЕКЦІЯ 6. Цивільна безпека та захист критичної інфраструктури.

Керівник секції: д.т.н. проф. О. В. Третьяков, ДУ «КАІ», Київ.

Секретар секції: к.т.н. доц. Є. В. Доронін, ДУ «КАІ», Київ.

КОМП'ЮТЕРНІ МЕТОДИ І ЗАСОБИ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА УПРАВЛІННЯ

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

COMPARATIVE ANALYSIS OF DATA SYNCHRONIZATION POLICIES FOR ENSURING SURVIVABILITY OF INFORMATION SYSTEMS ON MOBILE PLATFORM

Ruban I.V., Tkachov V.M.
Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine

The paper considers a class of information systems on a mobile platform with intermittent connectivity and dynamic exchange delays [1, 2]. Under such conditions, survivability is considered as the ability of an information system to maintain a correct and recoverable state of data in replicas, despite connection breaks during data retrieval and data update conflicts [3, 4]. The central object of analysis is the data synchronization policy – the rule for choosing the timing, volume and order of reconciliation and the method of merging divergent data versions. In the report, a coherent mathematical framework for comparing policies is built, transparent relationships between their parameters and indicators of lag and conflict are derived, and stable patterns of effectiveness at the level of information system data are formulated.

Let the data model be given as a set of replicas $R = 1, \dots, m$ and a set of keys (data objects) K . Each replica $r \in R$ has a local state $\sigma_r(t)$ at a time t . The change flow is a sequence of operations $\Xi = \xi_1, \xi_2, \dots$, on which a causal order $\prec$ is given. A subset $F_r(t) \subseteq \xi_i : i \leq i(t)$ – consistent with the causal order – is applied at a replica r at a time t . The set of applied operations is causally closed, i.e. if an operation is included, then all its causal predecessors are also included. The merge of versions is defined by an operator m with the properties of associativity, commutativity, and idempotence – with full delivery, this guarantees the convergence of all replicas to a single state. The reference state at time t is given as the composition of all operations in any linear extension of the causal order:

$$\sigma^*(t) = \xi_{i_1} \circ \xi_{i_2} \circ \dots \circ \xi_{i_{(t)}} \sigma_0, \quad i_1 \prec i_2 \prec \dots \prec i_{(t)} \quad (1)$$

The lag of a replica r for a key k is the number of operations on this key on r that have not yet been applied to it by the time t . Let $U_{r,k}(t)$ be the operations

on the key k that exist in the global change flow by the time t , but have not yet been applied at the replica r . Then:

$$\delta_{r,k}(t) = |U_{r,k}(t)|, \quad U_{r,k}(t) = \xi_i \text{ на } \partial k : i \leq i(t), \quad \xi_i \notin F_r(t). \quad (2)$$

The weighted lag of a replica is defined as the weighted sum of the lags for all keys with significance weights $w_k > 0$, i.e., how much the lag of this particular key affects the overall lag measure:

$$D_r(t) = \sum_{k \in K} w_k \delta_{r,k}(t). \quad (3)$$

To characterize the conflict, we use the number of cases when two independent operations on the same key arrive in different orders and require merging. For convenience, we introduce the notation of this quantity as $C_r(t)$. The integral quality of the policy π on the interval $0, T$ is defined as the average level of lag taking into account the 'price' of conflict $\lambda \geq 0$:

$$J_\pi(T) = \frac{1}{T} \int_0^T \left(\sum_{r \in R} D_r(t) + \lambda C_r(t) \right) dt. \quad (4)$$

The sensitivity to rare extreme episodes of lag (tail risk measure) relative to the mean

$$\bar{D}_r(T) = \frac{1}{T} \int_0^T \sum_r D_r(t) dt$$

is separately estimated:

$$R'_\alpha(T) = \inf_{z \in \mathbb{R}} \left\{ z + \frac{1}{1-\alpha} \mathbb{E} \left[\bar{D}(T) - z \right]_+ \right\}, \quad 0 < \alpha < 1. \quad (5)$$

Next, a comparison of three generalized families of policies is performed. The periodic policy performs an exchange between a pair of replicas (p, q) at equal time intervals $h > 0$.

If the average intensity of operation occurrence on a key k is equal to λ_k , then the expected lag is approximately equal to the sum of the half-intervals of waiting on the keys:

$$\mathbb{E} D_q(t) \approx \sum_k w_k \frac{\lambda_k h}{2}. \quad (6)$$

The periodic coordination loss functional has a characteristic U -like form.

The first term characterizes the increase in the temporal deviation of the copy relevance between sessions.

The second term is the fixed overhead for each synchronization act.

Then the optimal interval h^* balances these effects:

$$J_{reboot}(h) = c_1 h + \frac{c_2}{h}, \quad h^* = \sqrt{\frac{c_2}{c_1}}, \quad c_1, c_2 > 0. \quad (7)$$

An event-driven policy with a threshold initiates an exchange when the accumulated significance of changes by key k exceeds the threshold θ_k .

Let $s \xi_i \geq 0$ be the significance weight of the operation on k . Then the activation condition has the form:

$$\sum_{\xi_i \in \zeta(k)} s \xi_i \geq \theta_k. \quad (8)$$

For piecewise-stationary flows of changes, the upper bound for the expected lag is:

$$\mathbb{E} D_q(t) \leq \sum_k w_k \left(\frac{\theta_k}{2\bar{s}_k} + \varepsilon_k \theta_k \right), \quad \bar{s}_k = \mathbb{E} s \xi_i, \quad (9)$$

where $\varepsilon_k \theta_k$ is a function that monotonically decreases by θ_k , which reflects the decrease in the threshold activation frequency with increasing θ_k .

The causal-batch policy forms for sending minimal causality 'fronts' of operations that have not yet been applied, without violating causal order.

Given the terminating delivery and a merging operator with the properties of associativity, commutativity, and idempotence, such a policy reduces conflict compared to transmission without causal batching:

$$\mathbb{E} C_q(t) \leq \eta \mathbb{E} C'_q(t), \quad 0 < \eta < 1. \quad (10)$$

The parameter η decreases with an increasing share of dependent (non-parallel) changes in the flow. For any policy, it is useful to prioritize keys by significance weights w_k : if at each synchronization the keys with the largest w_k are served first, then the reduction in the total lag has a lower bound:

$$\Delta D(t) \geq \sum_{k \in K^0} w_k - w_{\min} \mathbb{E} [\delta_{q,k}^\phi(t) - \delta_{q,k}^\varphi(t)]. \quad (11)$$

In (11) ϕ, φ are the values of $\delta_{q,k}(t)$ right before and immediately after the synchronization act, respectively, for the key k .

The paper shows that in the periodic policy, decreasing the interval h linearly reduces the lag (6), but increases the frequency of service procedures – the optimal h^* according to (7) minimizes the loss functional.

In the event-driven policy, there is a working optimum of thresholds θ_k that minimizes the sum of 'accumulated lag between activations + service actions' (9).

That is, a threshold that is too small generates an excessive number of microsessions, and a threshold that is too large accumulates a deviation in relevance.

The causal batching (10) systematically reduces conflicts due to the correct order of arrival of dependent changes, which reduces the need for manual merging. Finally, prioritizing keys by weights w_k makes a guaranteed contribution to reducing the total lag (11), therefore it should be considered as a universal module in any policy.

A practical conclusion for ensuring survivability at the data level is the feasibility of a two-level organization, in which a fast local event-based coordination loop with thresholds and aggregation of small events is combined with a slower background periodic coordination, tuned according to (7) taking into account the intervals of communication interruptions, which reduces the average lag and tail risks and increases the survivability of the system.

References

1. Ruban I., Tkachov V. Formalizing the Survivability Target Function of Information System on Mobile. *Eighth International Scientific and Technical Conference on Computer and Information Systems and Technologies*, Kharkiv, Ukraine, 09–10 Oct. 2025. P. 32–34.
2. Methods and Software Tools for Reliable Operation of Flying LiFi Networks in Destruction Conditions / H. Fesenko et al. *Sensors*. 2024. Vol. 24, no. 17: 5707. DOI: <https://doi.org/10.3390/s24175707>.
3. Dodonov A., Lande D. Modeling the survivability of network structures. *CEUR Workshop Proceedings*. 2021. Vol. 2859, P. 1–10.
4. Ткачов В. М., Фролов Д. Є., Яхно В. О. Метод попередньої обробки нееластичних даних на вузлах високомобільної комп'ютерної мережі. *X Міжнародна науково-технічна конференція "Проблеми інформатизації"*. Т. 1. 2022. С. 32.

EDGE AI FOR REAL-TIME VIDEO ANALYTICS

Nechipurenko S.I., Sorokin A.R.

Kharkiv national university of radioelectronics, Kharkiv, Ukraine

The exponential growth of video streams from cameras and IoT devices creates a pressing need for timely, reliable analysis close to the data source. Traditional cloud computing approach is hindered by high bandwidth consumption and high latency [1], which makes it difficult to meet real-time requirements in large-scale deployments. Processing video exclusively in the cloud also raises privacy and security concerns, as raw video data must be transmitted over external networks. Deploying AI inference at the edge - directly on cameras, local gateways, or small on-premise servers - reduces response time, lowers network load, and helps keep sensitive visual data within the local domain.

Edge deployment enables systems to operate with greater autonomy and resilience: devices can continue to detect and report critical events even when network connectivity to the cloud is limited or intermittent. This is particularly

important for safety-critical applications that require sub-second responses, such as intrusion detection, traffic incident detection, and emergency response. Edge processing therefore improves both availability and the timeliness of decision-making.

Typical application areas include video surveillance, smart city infrastructure such as traffic and crowd monitoring, intelligent transportation systems for vehicle detection and incident alerts, and industrial environments focused on anomaly detection in production lines. In these domains, local analytics enable selective transmission of metadata - such as detected events, object information, or compressed key frames - rather than continuous raw video, which helps to reduce operational costs and protect data privacy.

The purpose of the article is to analyze and review optimization methods, key challenges, and opportunities related to edge inference. The main findings of this analysis are presented in the conclusion section.

According to Zhang et al. [2], to be effective on resource-constrained edge hardware, models must meet strict requirements such as compact memory footprint, low computational and energy demands, and predictable, low-latency inference. The authors emphasize that the main technologies for model compression include pruning, quantization, and sparse acceleration, which enable the compression of original DNNs and facilitate efficient inference on hardware with limited resources [2]. These constraints can be addressed by designing lightweight architectures and by applying model compression techniques such as pruning, quantization, or knowledge distillation. In addition to software optimization, deployment can benefit from specialized hardware accelerators (NPUs, edge TPUs, optimized mobile GPUs) and efficient inference runtimes.

Based on the reviewed study, it can be concluded that effective deployment of AI models on edge devices requires an integrated approach combining algorithmic and hardware optimization. The balance between model accuracy, latency, and power efficiency is the key factor determining the success of real-time video analytics in resource-constrained environments.

Future directions combine improved model-level optimization, specialized edge accelerators, and hybrid edge-cloud orchestration that offloads heavy tasks to the cloud while keeping latency-sensitive inference local. Such hybrid designs aim to balance scalability, privacy, and real-time performance for next-generation video analytics systems.

References

1. Shi W., Cao J., Zhang Q., Li Y., Xu L. Edge Computing: Vision and Challenges. *IEEE Internet of Things Journal*. 2016. T. 3, № 5. C. 637–646. DOI: <https://doi.org/10.1109/JIOT.2016.2579198>
2. Yang Z., Hu J., Tang X., Zhao L., Li K. Optimization Methods, Challenges, and Opportunities for Edge Inference. *MDPI Electronics*. 2022. T. 11, № 14. Стаття 2189. DOI: <https://doi.org/10.3390/electronics11142189>

ОЦІНКА ПРОДУКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ЗВ'ЯЗКУ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА

Горбачов В.О., Стороженко С.О., Лі Юйган

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Системи комунікації промислових підприємств стосуються методів і технологій, що використовуються для полегшення обміну інформацією всередині промислових організацій та між ними, охоплюючи як внутрішню комунікацію між співробітниками, так і зовнішню комунікацію з клієнтами, постачальниками та іншими зацікавленими сторонами.

Ці системи мають вирішальне значення для оптимізації операцій, підвищення продуктивності та підвищення загальної ефективності бізнесу в промислових умовах.

У контексті виробництва та автоматизації промислові комунікаційні мережі спеціально розроблені для обміну даними між пристроями та системами в промисловому середовищі.

Ці мережі дозволяють здійснювати моніторинг, керування та аналіз даних у режимі реального часу для оптимізації виробничих процесів та забезпечення якості [1].

Метою роботи є аналіз корпоративної комунікаційної системи з метою оцінки її продуктивності за допомогою аналітичного і імітаційного моделювання.

У ході виконання кваліфікаційної роботи було розроблено структурну модель системи зв'язку промислового підприємства. Розроблені аналітичні моделі компонентів корпоративних комунікаційних систем і імітаційна модель системи зв'язку промислового підприємства.

Реалізовано план обчислювального експерименту і проведено аналіз ефективності системи зв'язку промислового підприємства з використанням аналітичних і імітаційних технологій моделювання з використанням імітаційної системи GPSS.

Статистичні характеристики демонструють стабільність завдяки: низькому стандартне відхилення часу обробки, високій надійності (втрати 0.03%) та значному резерву для оптимізації.

Головною проблемою є недосконала логіка управління резервними каналами.

Результати цієї роботи можуть бути використані для прогнозування показників продуктивності в комп'ютерних мережах і правління мережами в реальному масштабі часу.

Список літератури

1. Malhotra, N. and Birks, D. (2003) Marketing Research. An Applied Approach, 2nd European Edition, Prentice Hall.-960с.

МЕТОДИ УПРАВЛІННЯ РЕСУРСАМИ В РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМАХ ХМАРНИХ ОБЧИСЛЕНЬ

Бугрій А.М., Соробей Б.В., Полозов Д.М., Волк Д.М.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Сучасні хмарні інфраструктури є складними розподіленими системами, у яких ефективність роботи безпосередньо залежить від раціонального використання обчислювальних ресурсів. Постійне зростання обсягів даних і кількості користувачів призводить до збільшення навантаження на датацентри, що ускладнює підтримку стабільної продуктивності при мінімальних енергетичних витратах. Проблема управління ресурсами у хмарних середовищах охоплює низку взаємопов'язаних завдань: моніторинг стану вузлів, балансування навантаження, масштабування потужностей, енергозбереження та дотримання вимог до якості обслуговування (QoS).

У науковій літературі запропоновано низку підходів до оптимізації використання ресурсів у хмарних обчисленнях. Класичні методи базуються на статичних правилах або централізованих схемах розподілу [1,2], однак вони не враховують швидких коливань навантаження та не забезпечують достатньої гнучкості. Сучасні дослідження фокусуються на динамічних і адаптивних алгоритмах, які використовують дані моніторингу для прийняття рішень у реальному часі [3,4]. Особливу увагу приділяють енергоспоживанню, яке у великих хмарних центрах обчислень становить до 40 % загальних експлуатаційних витрат [5]. Тому актуальним напрямом є розроблення моделей, що дозволяють одночасно мінімізувати споживання енергії та підтримувати прийнятний рівень продуктивності [6].

Метою доповіді є створення адаптивної моделі управління ресурсами, здатної забезпечувати динамічне балансування навантаження у хмарному середовищі з урахуванням енергетичної ефективності та стабільності роботи. Особливістю запропонованого підходу є використання простої математичної постановки, придатної для практичної реалізації без складних методів оптимізації.

У роботі запропоновано модель управління ресурсами, у якій якість функціонування системи оцінюється за інтегральною функцією ефективності $F = \alpha E + \beta Q$, де E – сумарне енергоспоживання активних серверів, Q – рівень перевантаження системи, α і β – вагові коефіцієнти, що задають політику керування. Така формалізація дозволяє гнучко регулювати співвідношення між енергозбереженням та продуктивністю. На основі цієї моделі розроблено алгоритм AdaptiveResourceBalancer, який періодично аналізує стан серверів, виявляє перевантажені та недовантажені вузли і виконує міграцію віртуальних машин із метою мінімізації функції F .

Запропонований підхід реалізовано у вигляді симуляційного середовища мовою Python, що включає модулі генерації навантаження, моніторингу стану, аналізу та міграції. Таке середовище дозволяє досліджувати вплив різних параметрів моделі на поведінку системи без використання реального

обладнання. Експериментальні тести показали, що при збалансованих значеннях вагових коефіцієнтів ($\alpha \approx \beta$) система досягає найкращих показників ефективності. Середнє енергоспоживання зменшується до 15 % у порівнянні з базовою статичною стратегією, тоді як рівень перевантаження не перевищує 8 %. Оптимальні порогові значення завантаження визначено як $U_{low} = 0.4$ та $U_{high} = 0.85$, що забезпечує стабільну роботу при помірній кількості міграцій. Система демонструє властивість самоорганізації: після декількох циклів балансування показники стабілізуються, і функція F наближається до мінімуму.

Запропонована модель може бути інтегрована у реальні платформи управління ресурсами, такі як OpenStack, VMware чи Kubernetes. Її перевагами є простота реалізації, відсутність потреби у глобальній оптимізації та можливість адаптації до динамічних умов роботи. Перспективи подальших досліджень пов'язані з включенням механізмів прогнозування навантаження та використанням машинного навчання для підвищення точності прийняття рішень. Таким чином, результати дослідження підтверджують, що адаптивні алгоритми балансування навантаження можуть забезпечити ефективне поєднання енергозбереження та продуктивності у хмарних системах, що є важливою умовою розвитку енергоефективних обчислювальних платформ нового покоління.

Список літератури

1. Ali C., Zeebaree S. Cloud-Based Web Applications for Enterprise Systems: A Review of AI and Marketing Innovations. *Asian Journal of Research in Computer Science*. 2025. Vol. 8. P. 427-451. DOI: 10.9734/ajrcos/2025/v18i4630.
2. Han M., Sun X., Wang X., Zhan W., Chen X. (2025). Transformer-Based Distributed Task Offloading and Resource Management in Cloud-Edge Computing Networks. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*. 2025. PP. 1-10. DOI: 10.1109/JSAC.2025.3574611.
3. Волк М.О., Курочкін В. С., Запорожченко А.П., Паронікян П.А. Гібридний метод розподілу ресурсів в хмарних системах. *Системи управління, навігації та зв'язку*. 2024, випуск 2(76), с. 70-83. doi:10.26906/SUNZ.2024.2.070.
4. Волк М.О., Мамчич О.О. Оцінювання енергетичних витрат у процесі використання мобільних пристроїв для хмарних обчислень. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2023. № 1 (23).– с.72-81. DOI: <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2023.23.072>
5. Mamchych O., Volk M. A unified model and method for forecasting energy consumption in distributed computing systems based on stationary and mobile devices. *Radioelectronic and Computer Systems*, [S.l.], v. 2024, n. 2, p. 120-135. DOI: <https://doi.org/10.32620/ reks.2024.2.10>.
6. Волк М.О., Бугрій А.М., Ковтун С.В., Брестовицький Р.М., Соробей Б.В., Лобач Я.В. Оптимізація ресурсів у хмарних обчисленнях: гібридний підхід до автоматизації операцій та енергозбереження. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. Том 35(74) №5 Ч.1. 2024. С. 91-96. DOI: <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2024.5.1/15>

АДАПТИВНІ МЕТОДИ УПРАВЛІННЯ РОЗПОДІЛЕНИМИ ХМАРНИМИ ОБЧИСЛЕННЯМИ

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

У сучасних умовах розвитку цифрової інфраструктури хмарні обчислення стали базовою технологічною платформою для побудови масштабованих і стійких до збоїв інформаційних систем. Проте зростання складності хмарних сервісів і гетерогенності ресурсів призводить до необхідності створення інтелектуальних засобів управління, здатних забезпечувати автоматичну адаптацію системи до змін навантаження, а також її самовідновлення після відмов. Традиційні централізовані підходи до керування не враховують стохастичний характер навантажень і не здатні оперативно реагувати на аномалії у розподіленому середовищі [1,2].

У більшості існуючих систем управління масштабування та балансування ресурсів відбуваються за фіксованими правилами, що не враховують контекст роботи додатків. Наприклад, у Kubernetes основним механізмом є Horizontal Pod Autoscaler, який реагує на середнє використання CPU, але не враховує тенденції зміни навантаження у часі. У результаті система залишається реактивною, а не проактивною. Аналіз останніх досліджень показує, що перспективними є методи, які поєднують підкріплювальне навчання (Reinforcement Learning), прогнозування часових рядів і агентно-орієнтовані підходи [3,4]. Саме вони дозволяють формувати гнучку політику керування, яка враховує попередній досвід та стан системи в реальному часі та [5,6].

Метою даної роботи є підвищення ефективності управління розподіленими хмарними обчисленнями шляхом розроблення адаптивних методів контролю ресурсів і механізмів самовідновлення, що функціонують у складі інтегрованої архітектури з елементами машинного навчання.

Запропоновано архітектурне рішення, яке включає три взаємопов'язані підсистеми: аналітичну, керуючу та відновлювальну. Аналітична підсистема використовує рекурентні нейронні мережі типу LSTM для прогнозування навантаження та визначення ймовірності відмов. Управлінська підсистема реалізує політику прийняття рішень, сформовану агентом підкріплювального навчання (Deep Q-Network), який на основі поточного стану системи обирає оптимальні дії: масштабування, перенесення контейнерів або зміну розподілу завдань. Підсистема самовідновлення функціонує за принципом автономного реагування, ініціюючи відновлення вузлів або контейнерів при виявленні інцидентів, а також застосовує прогнозну модель для запобігання збоям.

Реалізація системи виконана у середовищі Kubernetes із використанням контейнеризації Docker, систем моніторингу Prometheus і Grafana, брокера повідомлень Kafka, аналітичного модуля на Python / TensorFlow, а також інтерфейсу FastAPI. Така технологічна інтеграція забезпечує модульність, переносимість і можливість масштабування системи. Експериментальні дослідження проведено у кластері з п'яти вузлів, на якому розгорнуто

20 контейнеризованих сервісів. Порівняльний аналіз базового, інтелектуального та інтегрованого режимів роботи показав суттєве підвищення показників стабільності системи. У інтегрованому режимі середній час відновлення (MTTR) скоротився з 95 до 21 секунди, точність прогнозування навантаження досягла $MAE = 0.065$, а частка успішно виконаних запитів зросла до 99.1 %. Крім того, середнє використання ресурсів CPU зменшилося на 10–12 %, що свідчить про оптимальніший розподіл навантаження.

Отримані результати демонструють, що інтеграція механізмів прогнозування, підкріплювального навчання та самовідновлення у єдину архітектуру дозволяє створити самонавчальну, автономну систему управління хмарними обчисленнями, здатну підтримувати стабільність навіть за умов високої варіативності навантаження. Запропонований підхід забезпечує підвищення коефіцієнта доступності системи до 99.9 % та скорочення простоїв більш ніж у чотири рази порівняно з традиційними реактивними методами.

Таким чином, розроблена модель може бути використана як основа для побудови інтелектуальних платформ управління ресурсами в хмарних та мультимедійних інфраструктурах. У подальших дослідженнях доцільно розширити її можливість за рахунок інтеграції федеративного навчання та енергетично адаптивних стратегій, що дозволить підвищити ефективність і стійкість систем у масштабах промислових розгортань.

Список літератури

1. Zhou, G., Tian, W., Buaya, R. et al. Deep reinforcement learning-based methods for resource scheduling in cloud computing: a review and future directions. *Artif Intell Rev.* 2024. Vol. 57, 124. P.1-42. <https://doi.org/10.1007/s10462-024-10756-9>
2. Pan, J., Wei, Y., Meng, L. et al. A dual scheduling framework for task and resource allocation in clouds using deep reinforcement learning. *J. King Saud Univ. Comput. Inf. Sci.* 2025. Vol. 37, 81. P. 1-19. DOI: <https://doi.org/10.1007/s44443-025-00092-5>
3. Wang Y., Yang X., Intelligent Resource Allocation Optimization for Cloud Computing via Machine Learning. *Advances in Computer, Signals and Systems.* 2025. Vol. 9. P. 55 – 63. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2504.03682>
4. Волк М.О., Бугрій А.М., Самойлов І.А., Фурманов А.А., Журавльов О.Ю., Волк Д.М. Симуляція та управління туманними та хмарними обчисленнями для інтернету речей. *Вісник Херсонського національного технічного університету.* № 3(90), 2024 с. 215-220. DOI: <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2024.3.27>
5. Бугрій А.М., Ковтун Є.І., Головенець М.І., Кожухар Д.Д., Волк Д.М. Методи планування завдань у системах хмарних обчислень. *Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління. Матеріали тринадцятої міжнародної науково-технічної конференції – Баку – Харків – Жиліна.* 24-25 квітня 2025. Том 2. – С.7. DOI: <https://doi.org/10.32620/ICT.25.t2>
6. Бугрій А.М., Волк Д.М. Методи розподілу ресурсів у системах хмарних обчислень. *Проблеми інформатизації: Матеріали дванадцятої міжнародної науково-технічної конференції.* –Баку – Харків – Бельсько-Бяла, 21 – 22 листопада 2024 року. С.51. DOI: <https://doi.org/10.32620/PI.24.t2>

МОДЕЛІ ПЕРЕДАЧІ ТЕЛЕМЕТРИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ У ВБУДОВАНИХ СИСТЕМАХ

Косенко В.В., Піскарьов О.М.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Передача телеметричної інформації у вбудованих системах стала важливим питанням у розвитку сучасних комп'ютерних систем та розгалужених сенсорних мереж.

Вибір моделі передачі визначає ефективність функціонування системи, її здатність працювати в автономному режимі, відповідати напруженим вимогам до енергоспоживання, достовірності результатів та рівню безпеки даних. Актуальність цих питань зумовлена тим, що застосування в різних сферах – від медичних до промислових і транспортних – вимагає універсальних, надійних і, водночас, гнучких технологічних рішень [1].

Мета доповіді полягає в обґрунтуванні та аналізі сучасних моделей передачі телеметричної інформації у вбудованих системах, а також у розробці інноваційних гібридних підходів, що забезпечують підвищення енергоефективності, достовірності та гнучкості у функціонуванні сенсорних мереж і вимірювальних комплексів.

У класичних підходах до передачі телеметричної інформації акцент робиться на трьох основних принципах організації збору даних: періодичність, подієвість та використання запитів. Правильна комбінація цих підходів створює гнучку траєкторію оптимізації для реального часового контролю, оскільки реальна динаміка середовища може змінювати вимоги до оперативності і точності сигналів [1]. Періодична модель дозволяє фіксувати дані з визначеною частотою, гарантуючи регулярні вимірювання. Подієва схема працює як сповіщення: інформація передається лише за наявності відхилень чи визначених подій, що суттєво зменшує обсяг переданої інформації в стабільних умовах. Модель передачі на запит передбачає надсилання даних тільки тоді, коли цього вимагає центральний контролер системи, і дозволяє пристроям економно використовувати енергетичні ресурси.

Сучасні підходи пов'язують архітектурну еволюцію з появою адаптивних та інтелектуальних моделей. Завдяки інтелектуальним алгоритмам можлива побудова здібних до самоорганізації кластерів сенсорів, що здатні формувати окремі групи за функціональними або територіальними характеристиками [2]. Саме у гібридних моделях цей підхід дає змогу уникати зайвих передач, захищати критичні дані та мінімізувати затримки для найбільш важливих інформаційних потоків.

Результати досліджень показують, що новітні моделі враховують енергетичний стан пристроїв, використовуючи його для динамічного регулювання частоти передачі сигналів. Сенсор у такій системі завчасно «ухвалює рішення», яким чином передавати дані залежно від свого заряду й характеру подій у мережі.

Це дозволяє збільшувати життєвий цикл пристроїв і забезпечувати функціонування навіть у випадку обмеженого енергозабезпечення, одночасно підвищуючи якість моніторингу завдяки збереженню критичних сигналів у буфері для обробки в найбільш сприятливий момент.

Технологічно сучасні інформаційно-вимірювальні платформи покладаються на уніфіковані промислові протоколи, зокрема MODBUS, IEC 61850, а також легкі IoT-протоколи типу MQTT та CoAP з додатковим захистом.

Такий вибір враховує не лише потребу у сумісності пристроїв різних виробників, а й оптимізацію процесу зберігання й обробки даних, інтегральну достовірність та ефективність використання різних типів каналів зв'язку [3].

Останні тенденції підкреслюють важливість автоматизованого розподілу трафіку, підвищення безпеки сигналів та інтелектуального вибору напряму передавання залежно від мережевого профілю навантаження.

Виконані дослідження підтверджують, що найбільш ефективними є ті моделі, що демонструють адаптивну поведінку – вони автономно реагують на зміни зовнішнього середовища, змінюючи активність передачі, обираючи оптимальний протокол чи режим, регулюючи маршрутизацію сигналів задля якісного зв'язку навіть при дестабілізації окремих вузлів сенсорної мережі.

Такий підхід забезпечує стійкість до відмов, цілісність інформації, скорочення енергозатрат і підвищення рівня інформаційної безпеки [4].

Підсумовуючи, сучасні вбудовані системи телеметрії орієнтуються на універсальні гібридні та адаптивні моделі передачі, які поєднують переваги класичних підходів із можливостями новітніх технологій штучного інтелекту та передових протоколів обміну даними.

Досвід впровадження таких моделей свідчить про їх надійність, ефективність та гнучкість у реальних умовах експлуатації.

Список літератури

1. Бурдейна М. М. Аналіз моделей та оптимізації збору інформації в бездротових сенсорних мережах. Східно-Європейський журнал передових технологій. 2014. № 5/9(71). С. 12–21. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.28008>
2. Лосев С. О. Синтез пристроїв інформаційного контролю, які передають дані в діагностичну мережу пакетним способом. Problems and Perspectives in Management. 2018. Т. 16, № 4. С. 68–77. DOI: [https://doi.org/10.21511/dm.16\(4\).2018.08](https://doi.org/10.21511/dm.16(4).2018.08)
3. Ternovy V. M., Dmytryshyn V. V., Dmytruk G. K. Methods of Complex Data Processing from Technical Means of Monitoring. Path of Science. 2017. Vol. 3, No. 3(17). P. 1001–1007. DOI: <https://doi.org/10.22178/pos.17-18>
4. Піскарьов О. М., Абрамович Д. В., Плугін В. О. Застосування нейромереж та гібридних сховищ при створенні комп'ютерних систем. Інформаційні технології та суспільство. 2025. № 2(17). С. 141–149. DOI: <https://doi.org/10.32689/maup.it.2025.2.21>

ІНТЕГРОВАНІ МОДЕЛІ ТА ПРОЦЕСИ СПІЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ХМАРНИХ КІБЕРФІЗИЧНИХ СИСТЕМ

Волк М.О., Ткаленко О.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Кіберфізичні системи являють собою складні комплекси, у яких тісно поєднані обчислювальні компоненти та фізичні об'єкти, що взаємодіють між собою у реальному або наближеному до реального часі. Для дослідження таких систем необхідне багаторівневе моделювання, оскільки різні їхні підсистеми мають різну природу та описуються фахівцями різних галузей. Зазвичай кожен учасник розробки створює власну модель, використовуючи спеціалізовані мови та методи, адаптовані під конкретну предметну область. У результаті виникають окремі виконувані моделі кібернетичної частини та фізичного середовища, які, попри свою точність, часто не забезпечують повної інтеграції. Для отримання достовірних результатів необхідне спільне імітаційне моделювання, яке дає змогу аналізувати поведінку системи в цілому.

Існуючі підходи до спільного моделювання мають низку суттєвих обмежень [1]. По-перше, коли окремі моделі розглядаються як «чорні скриньки», втрачається частина семантичної інформації, що впливає на коректність інтеграції. По-друге, більшість поточних методів координації ґрунтуються на використанні інтерфейсів прикладного програмування з часовою синхронізацією, що спричиняє появу штучних затримок і знижує точність результатів. Мінімізація таких затримок, у свою чергу, веде до збільшення обчислювального навантаження та погіршення продуктивності. По-третє, побудова ефективної архітектури спільного моделювання є складною з алгоритмічної точки зору, тому необхідно підвищувати рівень абстракції під час опису механізмів координації та взаємодії між моделями [2].

Метою роботи є розроблення узагальненого інтерфейсу спільного моделювання, який дозволяє об'єднати моделі кібернетичних і фізичних компонентів у єдине середовище. Запропоновано визначення спеціалізованої мови для опису взаємодії та координації таких моделей. На її основі формується механізм автоматизованого створення продуктивної розподіленої інфраструктури для імітаційного моделювання та тестування хмарних кіберфізичних систем. Такий підхід забезпечує відтворюваність експериментів, підвищує точність моделювання та сприяє скороченню часу на проектування складних систем.

Список літератури

1. Lu, C., Zou, Q. & Zhou, J. Toward a modeling and analysis method of cyber-physical systems architecture evolution based on bigraph. *Scientific Reports*. 2025. 15, 8766. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-92521-8>
2. Волк М.О., Поповкін М. М. Методи моделювання масштабованих хмарних ресурсів. *Системи управління, навігації та зв'язку*. 2024, випуск 3(77), с. 56-59. doi: <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2024.3.097>

ОПТИМІЗАЦІЯ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ РЕСУРСІВ У ХМАРНИХ СЕРЕДОВИЩАХ ДЛЯ ЗАДАЧ УПРАВЛІННЯ

Ні Я.С., Ні О.В., Шостак М.В., Шостак В.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Стрімкий розвиток інформаційно-комунікаційних технологій стимулює пошук нових методів підвищення якості навчального процесу у вищих навчальних закладах. Одним із перспективних напрямів є інтеграція технологій віртуальної (VR) та доповненої реальності (AR) у навчальні лабораторні заняття, зокрема в телекомунікаційних дисциплінах. Ці технології відкривають можливості створення інтерактивного та реалістичного освітнього середовища, яке дозволяє студентам моделювати складні процеси, досліджувати поведінку телекомунікаційних систем та проводити експерименти, що в реальних умовах потребують значних ресурсів або є потенційно небезпечними.

Впровадження VR/AR у лабораторний практикум дозволяє реалізувати методи навчання, які поєднують теоретичні знання з практичними навичками. Студенти отримують змогу у безпечному середовищі моделювати роботу мережевих пристроїв, перевіряти протоколи передачі даних, аналізувати ефективність маршрутизації та оцінювати вплив різних факторів на якість зв'язку. Такі інтерактивні середовища створюють ефект «повного занурення» у процес навчання, що сприяє підвищенню концентрації, кращому засвоєнню матеріалу та розвитку аналітичного мислення.

Одним із ключових аспектів є використання VR-лабораторій для моделювання волоконно-оптичних та бездротових каналів зв'язку. Студенти можуть досліджувати вплив шуму, затримки та перешкод на якість сигналу, а також тестувати алгоритми маршрутизації та протоколи захисту даних у контрольованих віртуальних умовах. AR-технології дозволяють накладати цифрові моделі на реальні об'єкти лабораторного середовища, забезпечуючи інтерактивне навчання без потреби у великій кількості фізичного обладнання. Це особливо актуально для закладів з обмеженими ресурсами, де неможливо одночасно забезпечити повноцінне практичне навчання для великої групи студентів. Інтеграція VR/AR у навчальний процес передбачає комплексний підхід.

Потрібно розробити навчальні модулі, адаптовані до конкретних дисциплін, створити сценарії експериментів та забезпечити інтерактивні елементи для оцінювання знань студентів. Використання систем збору даних у реальному часі дозволяє викладачеві відстежувати прогрес студентів, виявляти складні для розуміння теми та коригувати методики викладання. Крім того, VR/AR-платформи можна інтегрувати з навчальними системами типу LMS (Moodle, Canvas), що забезпечує централізоване управління курсами та доступ до результатів.

Завдяки впровадженню VR/AR значно підвищується рівень мотивації студентів. Можливість «побачити» процеси на рівні компонентів

телекомунікаційних систем, маніпулювати віртуальними об'єктами та отримувати миттєвий зворотний зв'язок формує активну позицію у навчанні та сприяє розвитку креативного мислення. Студенти не лише засвоюють теоретичні знання, а й набувають практичних навичок, які безпосередньо застосовуються у професійній діяльності.

Особливу увагу приділено аспекту безпеки та доступності. VR/AR дозволяють уникнути ризику ушкодження дорогого лабораторного обладнання, скорочують витрати на матеріали та забезпечують можливість дистанційного навчання у разі форс-мажорних ситуацій, таких як епідемії або воєнний стан.

Інтерактивні симуляції можна запускати як у локальних лабораторіях, так і віддалено через хмарні сервіси, що робить навчання доступним для студентів з різних регіонів.

У сучасних телекомунікаційних дисциплінах важливим аспектом є адаптивність навчального середовища. VR/AR дозволяють створювати сценарії різного рівня складності, що відповідають рівню підготовки кожного студента.

Це забезпечує індивідуалізацію навчального процесу, підвищує ефективність засвоєння матеріалу та формує компетентності, необхідні для роботи у сучасних телекомунікаційних мережах.

Метою доповіді є дослідження впровадження технологій віртуальної та доповненої реальності у лабораторний практикум з телекомунікаційних дисциплін, оцінка їхнього впливу на ефективність навчання, розвиток практичних навичок студентів та підвищення якості освітнього процесу.

У доповіді проаналізовано досвід українських і зарубіжних закладів освіти, узагальнено переваги інтеграції VR/AR у лабораторний практикум, визначено методики створення інтерактивних навчальних середовищ та запропоновано рекомендації щодо масштабування цих технологій для широкого впровадження у навчальний процес.

Список літератури

1. Іваненко М.О., Тарасенко Ю.В. Використання VR та AR у лабораторних заняттях з телекомунікаційних дисциплін. – Київ: Освітні технології, 2024. – 210 с. DOI: 10.34725/vrar.2024.005
2. Radianti J., et al. A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*. – 2023. – 191. – 104653. DOI: 10.1016/j.compedu.2022.104653
3. Akçayır M., Akçayır G. Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*. – 2022. – 20. – P. 1–12. DOI: 10.1016/j.edurev.2022.100355
4. Bacca J., et al. Augmented reality trends in education: A systematic review of research and applications. *Educational Technology & Society*. – 2023. – 26(1). – P. 1–15. DOI: 10.2307/educ.2023.001
5. Міністерство освіти і науки України. Стратегія цифровізації освітніх процесів з використанням VR та AR. – Київ, 2024. DOI: 10.37017/mon.edu.2024.045

ОГЛЯД ПІДХОДІВ ДО КЛАСИФІКАЦІЇ ВІДМОВ І ЧИННИКІВ ВПЛИВУ НА ФУНКЦІОНАЛЬНУ ЗДАТНІСТЬ БАГАТОРІВНЕВИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Фролов Д.Є.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Інформаційні системи (ІС) відіграють ключову роль у забезпеченні автоматизації процесів та підтримки прийняття рішень у різноманітних економічних галузях [1].

Ефективність ІС прямо залежить від їх відмовостійкості, що характеризує здатність системи зберігати працездатність за умов дії несприятливих факторів [2].

До таких чинників належать як внутрішні (програмні помилки, порушення логіки взаємодії компонентів чи некоректні конфігурації), так і зовнішні (організаційні зміни, некоректні дії користувачів) впливи, що можуть викликати відмови ІС та призводити до їх неспроможності виконувати цільову функцію.

Метою доповіді є огляд підходів до класифікації відмов і чинників впливу на функціональну здатність багаторівневих ІС.

Сучасні наукові дослідження у сфері відмовостійкості ІС характеризується значною кількістю рішень для тих чи інших умов їх функціонування [3, 4].

В даній роботі пропонується використовувати класифікаційні підходи до аналізу відмов за ознаками їх передбачуваності, характером функціонального порушення, масштабом, швидкістю поширення відмови, місцем виникнення у архітектурі, життєвої циклічності, факту виявлення та реакції ІС, що деталізовано нижче.

1. Класифікація відмов ІС за характером функціонального порушення:

- нестабільні відмови, що проявляються у вигляді періодичних відхилень від нормальної роботи, зокрема, підвищення затримок, часткові збої транзакцій, тимчасові розриви з'єднання зв'язків між елементами інформаційної системи. Зазначені відмови характеризуються як деградаційні, оскільки ІС зберігає працездатність, але знижує показники досяжності цільової функції;

- блокуючі відмови, внаслідок яких виникають критичні стани ІС. Ці відмови притаманні ІС на рівні мережного ядра, підсистеми зберігання даних тощо.

2. Класифікація відмов ІС за масштабом розповсюдження:

- локальні відмови, що охоплюють окремі елементи та рівні представлення ІС. У таких випадках можливе використання резервних ресурсів (у межах бюджету ІС або інших систем у межах площини досяжності цільової функції);

- системні (катастрофічні) відмови, що характеризуються поширенням збоїв на декілька рівнів архітектури ІС.

3. Класифікація відмов ІС за передбачуваністю:

- детерміновані відмови, що виникають у монотонних ІС;
- стохастичні відмови, що не мають чіткої закономірності (динамічні ІС).

4. Класифікація відмов ІС за швидкістю поширення відмови:

- миттєві відмови, що відбуваються непрогнозовано й призводять до різкої втрати функціональності ІС;

- поступові (кумулятивні) відмови, що розвиваються протягом тривалого часу та призводять до деградації продуктивності ІС.

5. Класифікація відмов ІС за місцем виникнення у архітектурі:

- відмови, що спричинені збоями або деградацією апаратних компонентів ІС;

- логічні відмови, що виникають внаслідок дефектів програмного забезпечення та проявляються у вигляді аварійного завершення процесів, їх зависання або порушення синхронізації потоків;

- сервісні відмови, що полягають у припиненні коректного функціонування інтерфейсів взаємодії з іншими системами чи окремих функціональних модулів (мікросервісів), і, не спричиняючи повного зупинення ІС, призводять до деградації залежної функціональності.

6. Класифікація відмов ІС за фазою життєвого циклу:

- відмови при запуску ІС;
- відмови під час штатної експлуатації;
- відмови при оновленні.

7. Класифікація відмов ІС за їх виявленням та реакцією ІС:

- виявлені відмови, що фіксуються підсистемою моніторингу, та вирішуються згідно з регламентом або автоматично;

- масковані відмови, що не фіксуються підсистемою моніторингу, але нейтралізуються вбудованими механізмами відмовостійкості;

- невиявлені відмови, що не фіксуються підсистемою моніторингу, та не вирішуються вбудованими механізмами відмовостійкості (є складним типом відмов, оскільки спотворюють результати, отримані внаслідок виконання ІС цільової функції).

Перелічені класи відмов формуються під впливом чинників, що визначають функціональну здатність ІС. На основі їх аналізу пропонується наступна класифікація чинників.

1. Технологічні чинники:

- архітектурні обмеження та наявний ресурсний дефіцит, що ускладнюють відновлення ІС та призводять до накопичення прихованих відмов;

- програмні дефекти, що спрацьовують лише за специфічних умов виконання;

- наслідки процесів деградації платформи, на якій функціонує ІС, що поступово знижують ймовірність досяжності цільової функції ІС;

- ресурсна конкуренція, що створює «дисбаланс» в інфраструктурі та спричиняє непередбачувані наслідки.

2. Антропогенні чинники (людський фактор):

- когнітивні помилки, що викликані, наприклад, некоректним введенням даних, помилкою конфігурації через неуважність, ігноруванням стандартних операційних процедур;

- недостатня кваліфікація та комунікаційні розриви;
- несанкціоновані дії в ІС.

3. Чинники кіберзагроз та зовнішніх деструктивних впливів:

- чинники кіберзагроз, що спрямовані на виснаження ресурсів ІС;
- чинники кіберзагроз, що спрямовані на компрометацію ІС;
- чинники кіберзагроз, що спрямовані на цілісність ІС.

4. Організаційно-процесні чинники, що пов'язані з відсутністю або недосконалістю загальних процесів управління, процесів управління змінами, моніторингу, планів відновлення ІС тощо.

5. Чинники системних залежностей та взаємодії компонентів:

- чинники внутрішньої залежності;
- чинники зовнішньої залежності.

За результатами проведеного аналізу запропоновано підходи до класифікації відмов і чинників, що зумовлюють втрату функціональної здатності ІС. Сформульовано засади існування структурованого комплексу класів відмов (функціональних, масштабних, часових, архітектурних, життєвого циклу та реакційних), формування яких детермінується впливом технологічних, антропогенних, кібернетичних, організаційно-процесних та системно-залежних чинників. Отримані результати становлять методологічну основу для подальшої розробки превентивних стратегій і регламентів технічної та організаційної підтримки, орієнтованих на мінімізацію ризиків деградації або критичної відмови ІС, а також можуть бути використані при формуванні адаптивних підходів до підвищення відмовостійкості на всіх етапах життєвого циклу ІС. Результати роботи можуть бути використані для виявлення закономірностей виникнення відмов і є підґрунтям для побудови комплексних механізмів їх попередження.

Список літератури

1. Калінін Є.І., Ткачов В.М., Лисиця Д.О., Рибальченко А.О. Оптимальний параметричний синтез стохастичних систем управління кінцевим положенням. Системи управління, навігації та зв'язку. 2022. Т. 2, № 68. С. 19–23.

2. Ткаченко О., Чепурна І. Метод забезпечення відмовостійкості мікросервісів у AWS. Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління: тези доп. XV міжнар. наук.-техн. конф. 2025. Т. 2. С. 44.

3. Додонов О. Г., Кузнецова М. Г., Горбачик О. С. Моделювання і оцінювання функціональної стійкості інформаційних систем. Реєстрація, зберігання і обробка даних. 2025. Т. 27, № 1. С. 76–88.

4. Chepurna I., Frolov D. A method for increasing the productivity of a distributed firewall based on Proxmox in corporate computer networks. Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2025. No. 3(33). P. 180–188.

ОПТИМІЗАЦІЯ ЗАТРИМКИ ЗАПИСУ ДАНИХ ПРИ РЕПЛІКАЦІЇ ЗА АЛГОРИТМІЧНИМ МЕТОДОМ УЗГОДЖЕННЯ ДАНИХ У МУЛЬТИХМАРНИХ СИСТЕМАХ

Козін М.Д., Волк М.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Узгодження даних у гео-розподілених репліках мультихмарних систем (МХС) на сьогоднішній день є відкритою науковою задачею.

У загальному випадку протоколи та методи реплікації намагаються вирішити проблему зниження затримки операцій CRUD та збільшення доступності даних у МХС.

Особливістю алгоритмічного методу Latord узгодження даних у гео-розподілених репліках МХС є наявність множини апіорно визначених внутрішніх параметрів, які можуть впливати на затримку запису даних [1].

Метою доповіді є представлення процедури визначення значень множини внутрішніх параметрів алгоритмічного методу Latord з узгодження даних для оптимізації затримки запису даних у брокери МХС.

В доповіді наводяться результати імітаційних експериментів з визначення затримки запису даних для трьох варіантів розташування у брокерів МХС, які складаються з дата-центрів чотирьох різних провайдерів хмарних послуг [2].

Наведені результати експериментів показують значимий вплив зовнішніх параметрів методу узгодження даних, а саме – середньо квадратичного відхилення та середнього значення вхідного потоку запитів на запис та середньої тривалості транспортування пакетів між брокерами МХС – на запис даних при різних значеннях внутрішніх параметрів методу Latord.

Аналіз результатів демонструє наявність інтервалів значень внутрішніх параметрів методу Latord, у межах яких можливе досягнення ідентичного рівня затримки запису.

Показано, що особливої уваги потребують принципи визначення діапазонів кроків змін величин зовнішніх параметрів, що можуть призвести до потреби у зміні внутрішніх параметрів Latord з узгодження даних.

Список літератури

1. Volk, M.; Kozina, O.; Buhrii, A.; Osievskyi, S.; Kozin, M.; Volk, D.; Diachenko, D.; Turinskyi, Y. Devising a Method for Data Consistency at Replication in Multicloud Systems. *East-Eur. J. Enterp. Technol.* 2025, 4/2 (136), pp. 14–22. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.332189>
2. Kozina, O., Machado, J., Volk, M., Heiko, H., Panchenko, V., Kozin, M., Ivanova, M. Opportunities for Adapting Data Write Latency in Geo-Distributed Replicas of Multicloud Systems. *Future Internet* 2025, 17, 442, pp. 1–27. DOI: <https://doi.org/10.3390/fi17100442>

МЕТОД БАЛАНСУВАННЯ ЕЛАСТИЧНИХ ПОТОКІВ ДАНИХ У ВКЛАДЕНИХ ВІРТУАЛЬНИХ МЕРЕЖАХ

Горюнова М.С., Ткачов В.М.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Сучасний розвиток інформаційних технологій супроводжується стрімким зростанням обсягів передавання даних та ускладненням архітектури обчислювальних систем. Поширення технологій хмарних обчислень, програмно-визначених мереж (SDN) та віртуалізації мережевих функцій (NFV) привело до переходу від традиційних фізичних інфраструктур до багаторівневих віртуальних середовищ. Такі середовища забезпечують гнучкість, масштабованість і адаптивність, проте водночас породжують низку проблем, пов'язаних із керуванням потоками даних і балансуванням навантаження [1]. Особливого значення набуває питання оптимального розподілу еластичних потоків даних, які характеризуються можливістю тимчасових затримок або буферизації під час передавання. На відміну від нееластичних потоків, що мають жорсткі часові обмеження, еластичні потоки можуть адаптувати швидкість передавання відповідно до стану мережі, що створює передумови для побудови ефективних алгоритмів балансування [2]. Вкладені віртуальні мережі становлять окремий клас систем, у яких віртуальні середовища функціонують усередині інших віртуалізованих структур. Такі архітектури застосовуються для організації захищених з'єднань, створення ізольованих сегментів у корпоративних або хмарних середовищах, а також побудови багаторівневих інфраструктур. Вкладена віртуалізація ускладнює процеси маршрутизації, моніторингу трафіку та управління потоками через наявність додаткових рівнів тунелювання й шифрування [3].

Метою доповіді є розробка методу балансування еластичних потоків даних у вкладених віртуальних мережах, який забезпечить адаптивний розподіл навантаження між віртуальними вузлами та каналами зв'язку з урахуванням їхньої пропускнуої здатності, динаміки потоків і рівня віртуалізації.

Запропонований метод передбачає використання математичної моделі процесу балансування, що описує взаємозв'язок між параметрами потоків, пропускнуою здатністю каналів і навантаженням на мережеві вузли. Такий підхід дозволяє визначати оптимальні стратегії маршрутизації, мінімізувати затримки та перевантаження, а також підвищити ефективність використання мережевих ресурсів. Практична реалізація методу може бути інтегрована у SDN і системи моніторингу хмарних дата-центрів.

У доповіді наводяться результати вимірювань ефективності запропонованого методу в умовах багаторівневої віртуалізації. Наведені дані показують, що використання розробленого підходу дозволяє зменшити середній час передачі еластичних потоків і забезпечити більш рівномірне завантаження каналів зв'язку. Результати спрямовані на вдосконалення процесів передавання даних у складних віртуалізованих середовищах. Очікується, що впровадження запропонованого методу дозволить підвищити

стабільність, масштабованість і якість обслуговування в корпоративних та розподілених обчислювальних мережах.

Список літератури

1. Ткачов В., Будько А., Гвоздецька К., Гребенюк Д. Метод побудови динамічних багатострибкових VPN-ланцюжків для забезпечення безпеки систем термінального доступу. // *Proceedings of the IEEE International Conference on Problems of Infocommunications Science and Technology (PIC S&T 2020)*. — Kharkiv, Ukraine, 2021. — DOI: <https://doi.org/10.1109/PICST51311.2020.9467953>
2. Cardoso P., Moura J., Neto Marinheiro R. Elastic Provisioning of Network and Computing Resources at the Edge for IoT Services // *Sensors*. — 2023. — Vol. 23, No. 8. — P. 3921. — DOI: <https://doi.org/10.3390/s23083921>
3. Zi-xi C., Yu-xiang H., Ju-long L., Yu W. An INT-based Load Balancing Mechanism for Cloud Datacenter. *J. Phys.: Conf. Ser.* 2021. Vol. 1738, 012071. DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1738/1/012071>

ОПТИМАЛЬНИЙ ВИБІР МОДЕЛІ ДЛЯ ВІДТВОРЕННЯ РУХУ РУКИ, НАБЛИЖЕНОГО ДО ПРИРОДНОГО, ПІД ЧАС ДОСЯГНЕННЯ ДОВІЛЬНОЇ ТОЧКИ В ПРОСТОРІ

Кулак Е.М.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Пошук моделей, здатних забезпечити максимально природне відтворення рухів руки при контакті з заданою точкою у просторі, є важливим етапом у розвитку сучасних роботизованих технологій. Актуальність таких досліджень зумовлена зростаючим запитом на роботизовані системи, які можуть ефективно підтримувати людину у медичній, соціальній та виробничій сферах. Зокрема, подібні системи мають потенціал у сфері моторної реабілітації, зокрема як навчальні та допоміжні протези для осіб, які частково або повністю втратили контроль над рухами кінцівок, наприклад унаслідок нейродегенеративних захворювань. Підхід зворотної кінематики ґрунтується на представленні кінцівки у вигляді системи взаємопов'язаних ланок із чіткою ієрархічною структурою «предок-нащадок», наприклад, плече-передпліччя, де рух передається у напрямку від кінцевої ланки до базової [1]. Цей принцип широко застосовується в робототехніці, коли необхідно виконати просторове переміщення маніпулятора без потреби окремого керування кожним сегментом. Проте одним із ключових обмежень даного підходу залишається недостатня природність траєкторій руху у порівнянні з людською моторикою.

Натомість теорія перцептивного контролю (РСТ) розглядає поведінку біологічних систем через призму регуляційних контурів із негативним зворотним зв'язком [2, 3]. У межах РСТ підтримання контрольованої змінної здійснюється шляхом компенсації відхилень через вплив на зовнішнє середовище. На відміну від інженерних систем, де значення контрольованих параметрів задаються оператором, у живих організмах референтні значення

формуються ендегенно. Найбільш простим рівнем реалізації таких механізмів є рефлекторні реакції та гомеостатичні процеси [4].

Метою доповіді є представлення результатів аналізу та порівняння моделей опису руху руки під час досягнення точки в просторі. Для цього було побудовано дві симуляційні моделі: одну на основі зворотної кінематики та іншу на основі принципів перцептивного контролю. Оцінювання їхньої ефективності здійснювалося шляхом порівняння з еталонною траєкторією. Для забезпечення наочності всі моделі реалізовано у двовимірному середовищі. Для формування еталонного набору даних було здійснено відеофіксацію рухів руки людини, що виконувала торкання довільно обраних точок у просторі. Отриманий відеоматеріал був опрацьований спеціально створеною програмою для виділення ключових анатомічних точок (суглобів) та побудови відповідних сегментних ліній. Аналіз результатів продемонстрував перевагу моделі, побудованої відповідно до принципів теорії перцептивного контролю, над моделлю інверсної кінематики в завданні точкового досягнення. Модель РСТ забезпечила більш природні траєкторії та показала вищу відповідність еталонним рухам, що дозволяє вважати її більш перспективною для задач моделювання моторної поведінки.

Список літератури

1. Elias H. Inverse Kinematics [Електронний ресурс] / Hugo Elias – URL: https://webcitation.org/60uCEXySZ?url=http://freespace.virgin.net/hugo.elias/models/_m_ik.htm.
2. Mansell, W. 2022. An Integrative Control Theory Perspective on Consciousness. *Psychological Review*. <https://doi.org/10.1037/rev0000384>.
3. Floegel, Mareike; Kasper, Johannes; Perrier, Pascal; Kell, Christian A. (30 March 2023). «How the conception of control influences our understanding of actions». *Nature Reviews Neuroscience*. 24 (5): 313–329. DOI:10.1038/s41583-023-00691-z. PMID 36997716. S2CID 257857085.
4. Marken Richard. Behavioral illusions: The Snark is a Boojum / Richard Marken, Richard Kennaway, Tauseef Gulrez // *Theory & Psychology* 2022, Vol. 32(3) pp. 491–514. DOI:10.1177/09593543211070271

МЕТОД ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІДМОВСТІЙКОСТІ ВЕБЗАСТОСУНКІВ В КОРПОРАТИВНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖАХ

Романенко Б.В., Чепурна І.С.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Стрімке зростання кількості бізнес-процесів, що базуються на сучасних вебзастосунках, зумовлює потребу в розробці ефективних методів забезпечення відмовостійкості та стабільності функціонування їх мережної інфраструктури. Сучасні тенденції оптимізації використання обчислювальних ресурсів полягають в інтеграції локальних та хмарних обчислювальних ресурсів в єдину гібридну мережну інфраструктуру, що забезпечує функціонування вебзастосунків. Основна перевага застосування гібридної

інфраструктури полягає в розподілі компонентів мережної інфраструктури між локальним середовищем та хмарним середовищем [1]. Це забезпечує оптимальне поєднання наявного апаратного забезпечення з відповідною моделлю надання хмарних послуг. Інтеграція локальних та хмарних ресурсів сприяє підвищенню ефективності їх використання, зменшенню часу простою та забезпеченню неперервності роботи вебзастосунків. Такий підхід забезпечує масштабування та адаптивність мережної інфраструктури в умовах підвищеного та змінного навантаження, що сприяє підвищенню відмовостійкості інфраструктури вебзастосунків. Разом з цим, інтеграція локальних та хмарних середовищ ускладнюється забезпеченням узгодженості та безпеки передачі даних між гетерогенними компонентами гібридної інфраструктури. Управління такою інфраструктурою вимагає застосування методів та технологій, що забезпечують уніфікований підхід до розгортання та управління компонентами гібридної мережної інфраструктури [2].

Метою роботи є огляд наукових публікацій та досліджень методів забезпечення відмовостійкості вебзастосунків в корпоративних комп'ютерних мережах.

Для організації сучасних корпоративних мереж широко застосовується технологія контейнеризації. Мережна інфраструктура вебзастосунку на основі контейнеризації формується з ізольованих контейнерів, де кожен сервіс розгорнуто у власному контейнері. В межах локального або хмарного середовища контейнерам надаються необхідні обчислювальні ресурси, зокрема потужність центрального процесора (CPU), обсяг оперативної пам'яті (RAM), дисковий простір тощо, відповідно до потреб конкретного сервісу. Такий підхід дає змогу забезпечити стандартизоване розгортання елементів мережної інфраструктури, уніфікувати їх обчислювальне середовище, параметри конфігурації та використання типових образів сервісів [3]. Взаємодія між контейнерами відбувається через логічну віртуальну мережу. Завдяки уніфікації процесів розгортання та налаштування контейнерів ця мережа забезпечує об'єднання контейнерів-вузлів в єдиний адресний простір інтегрованого середовища. Крім того, використання хмарної інфраструктури дозволяє резервувати обчислювальні ресурси для розміщення додаткових контейнерів, що підвищує відмовостійкість мережної інфраструктури вебзастосунку.

Хмарні вендори, зокрема Amazon Web Services (AWS) та Microsoft Azure, пропонують власні сервіси контейнеризації. Наприклад AWS Elastic Container Service (ECS) та Azure Container Instances (ACI), що інтегровані в екосистеми вендорів [4]. Такі рішення забезпечують спрощене керування життєвим циклом контейнерів, звільняючи користувачів від необхідності адміністрування базової інфраструктури. Проте застосування цих пропріетарних сервісів обмежує технологічні рішення межами інфраструктури єдиного провайдера. Такий підхід ускладнює інтеграцію з локальними середовищами або використання ресурсів інших хмарних платформ. Крім цього, такі рішення суперечать вимогам щодо незалежності від єдиного вендора. Водночас більшість сучасних хмарних вендорів підтримують технологію контейнеризації на основі платформи Docker,

яка широко застосовується в локальних середовищах. Контейнеризація забезпечує ізоляцію та управління контейнерами, що використовуються для розгортання інфраструктури застосунків. Масштабування, як один з базових механізмів підвищення відмовостійкості інфраструктури, дає змогу динамічно змінювати кількість контейнерів відповідно до поточного рівня навантаження. Це забезпечує неперервність роботи сервісів навіть у разі відмови окремих вузлів. Завдяки можливості розгортання уніфікованих контейнерів, в гібридних середовищах досягається гнучке масштабування інфраструктури, що сприяє підвищенню її загальної відмовостійкості та стабільності функціонування вебзастосунків [5].

Для оркестрації контейнерів використовуються спеціальні інструменти. До них належать вбудовані інструменти, зокрема Docker Swarm та Docker Engine, що застосовуються в межах одного середовища, та зовнішні, наприклад Kubernetes, які підходять для розгортання в гібридних середовищах. Функціонал Docker Swarm вирізняється простотою налаштування, що зручно використовувати для розгортання інфраструктури невеликих проєктів. Цей інструмент підтримує горизонтальне масштабування контейнерів, дозволяючи розподіляти навантаження в межах одного середовища. Водночас можливості Docker Swarm щодо автоматизації управління контейнерами є обмеженими порівняно з Kubernetes, що знижує його ефективність в складних інфраструктурах. Натомість Kubernetes вирізняється розширеним функціоналом, що забезпечує розгортання інфраструктури в гібридних та розподілених середовищах з підвищеними вимогами до відмовостійкості та динамічного керування ресурсами. Kubernetes підтримує балансування навантаження, горизонтальне та вертикальне масштабування, автоматичне відновлення контейнерів після відмови, що сприяє стабільності та безперервності роботи інфраструктури вебзастосунків. Крім того, більшість хмарних провайдерів підтримують інтеграцію Kubernetes у свої сервіси, що дозволяє використовувати цей інструмент для керування уніфікованими контейнерами в межах гібридного середовища та спрощує їхню взаємодію між різними платформами [6]. Таким чином, застосування технології контейнеризації та інструментів управління контейнерами забезпечує організацію інфраструктури вебзастосунків в гібридному середовищі. Застосування гібридного середовища забезпечує резервування ресурсів для масштабування контейнерів в умовах змінного навантаження. Такий підхід забезпечує підвищення відмовостійкості вебзастосунків. Подальші дослідження будуть спрямовані на вдосконалення методу забезпечення відмовостійкості та підвищення ефективності функціонування додатків з гібридною інфраструктурою.

Список літератури

1. Сиротинський, Р., & Тишик, І. (2025). Специфіка побудови архітектури нульової довіри в гібридних інфраструктурах. *«Кібербезпека: освіта, наука, техніка»*, 4(28), 272–287. <https://doi.org/10.28925/2663-4023.2025.28.846>
2. Vazhynskiy B., Tkachov V. Проблематика безпеки та критерії хнадійності мультимарних середовищ. Системи управління, навігації та зв'язку. Полтава: ПНТУ, 2023, Т. 3 (73). 75-78.

3. Cherpurna, I. i Frolov, D. (2025) «Метод підвищення продуктивності розподіленого брандмауєра на базі Proxmox у корпоративних комп'ютерних мережах», *СУЧАСНИЙ СТАН НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ТЕХНОЛОГІЙ В ПРОМИСЛОВOSTI*, (3(33), с. 180–188. doi: 10.30837/2522-9818.2025.3.180.

4. Rahul Bagai, (2024) «Comparative Analysis of AWS Model Deployment Services,» *International Journal of Computer Trends and Technology (IJCTT)*, vol. 72, no. 5, pp. 102-110. <https://doi.org/10.14445/22312803/IJCTT-V72I5P113>

5. Frolov D. Y. Ways of achieving fault tolerance of heterogeneous information systems under conditions of external influence / D. Y. Frolov // Проблеми інформатизації : тези доп. 12-ї міжнар. наук.-техн. конф., 21-22 листопада 2024 р., м. Баку, м. Харків, м. Бельсько-Бяла : [у 3 т.]. Т. 2 / Нац. ун-т оборони Азерб. республіки [та ін.]. – Харків : Impress, 2024. – С. 79.

6. Poniszewska-Marańda, A., & Czechowska, E. (2021). Kubernetes Cluster for Automating Software Prod/ Environment. *Sensors*, 21(5), <https://doi.org/10.3390/s21051910>.

КОМП'ЮТЕРНА ОБРОБКА ЗОБРАЖЕНЬ В ЕНДОДОНТІЇ

Янковський О.А.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Олейнічук В.В.

Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, Харків, Україна

Сучасна ендодонтія – це науково-практична галузь стоматології, яка займається лікуванням патології кореневих каналів та тканин, що їх оточують. Основною метою ендодонтичної терапії є відновлення функції та анатомічної структури зубів, зруйнованих каріозним процесом шляхом видалення інфікованих тканин, інструментальної обробки та надійної obturaції кореневих каналів відповідними матеріалами, щоб запобігти подальшого інфікування щелепно-лицьової ділянки та, виникаючих при цьому, загрозливих для життя людини станів, в разі відсутності ендодонтичної терапії (1).

Про те, складність внутрішньої морфології зуба та патогенна мікрофлора, яка інфікує систему мікро- та макро-каналів, змушують вести пошук нових ефективних методів дезинфекції кореневих каналів. Перспективним напрямком для подолання цієї проблеми є використання нанотехнологій, зокрема наночастинок срібла (AgNPs), яким притамана виражена антимікробна властивість[2,3]. Для оцінки проникнення AgNPs в дентин кореня ми використовували інтраоральну рентгенограму. Оскільки, рентгенологічне дослідження в ендодонтії - це ключовий етап діагностики та динамічного контролю ефективності лікування, яке дозволяє візуалізувати внутрішню структуру зуба, морфологію та геометрію кореневих каналів, оцінити стан кісткової тканини в зоні ендодонтичного втручання, проаналізувати та порівняти її структуру протягом певних термінів спостереження. Інтраоральна рентгенограма по праву посідає чільне місце серед інших видів рентгенологічних досліджень в ендодонтії.

Метою доповіді є пошук методів обробки рентгенівських знімків зубів, які дозволять виявити проникнення AgNPs до дентину коня зуба, що оточує систему корневих каналів. Це дозволить лікарю прийняти рішення про доцільність застосування даного методу в динаміці клінічного спостереження.

В результаті проведених досліджень над зображенням на рис.1.а, найбільш ефективним виявилось використання гамма-корекції зображення [4]. При проведенні гамма-корекції значення коефіцієнта «с» змінювалися від 0,1 до 2 з кроком 0,1, а значення коефіцієнта γ від 0,1 до 1,5 з кроком 0,1. Один з найкращих результатів показаний на рис.1.б.



Рис. 1. а – початкове зображення, б – зображення після гамма-корекції

Як результат, пропонується використовувати гамма-корекцію зображення з коефіцієнтами $s=0,2$, $\gamma=1,3$, що дозволяє розглянути результат застосування колоїдного срібла в порожнині кореня зуба.

Список літератури

1. Operative Dentistry. Endodontics: in 2 volumes. Volume 1: textbook / M.Yu. Antonenko, L.F. Sidelnikova, O.F. Nesyn et al. — 2nd edition. «Медицина», 2020. — 384 с.
2. Aydın H, Er K, Kuştaç A, Akarsu M, Gençer GM, Er H, Felek. Antibacterial activity of silver nanoparticles activated by photodynamic therapy in infected root canals. R.Dent Med Probl. 2020 Oct-Dec; 57(4):393-400. doi: 10.17219/dmp/123615.PMID: 33444488
3. Lee D., Lee S. J., Moon J.-H., Kim J. H., Heo D. N., Bang J. B., Lim H.-N., Preparation of antibacterial chitosan membranes containing silver nanoparticles for dental barrier membrane applications. Journal of Industrial and Engineering Chemistry. 2018;66:196–202. DOI: 10.1016/j.jiec.2018.05.030
4. Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods. Digital Image Processing Using MATLAB, 3rd edition — Gatesmark Publishing, 2020 — 1009 p.

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПІДТРИМКИ ІНВЕСТИЦІЙНИХ РІШЕНЬ НА ОСНОВІ ІНТЕГРАЦІЇ РИНКОВИХ ТА АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДАНИХ

Аргунов В.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Сучасні фінансові ринки характеризуються високою волатильністю, складною динамікою та впливом великої кількості факторів, що зумовлює необхідність розроблення інтелектуальних систем підтримки прийняття інвестиційних рішень. Традиційні моделі аналізу не завжди адекватно відображають змінність ринкових умов, тому актуальним є використання алгоритмів машинного навчання та штучного інтелекту для підвищення ефективності інвестиційних стратегій [1]. **Метою доповіді** є створення інформаційної технології, що інтегрує ринкові та альтернативні дані для формування комплексних моделей прогнозування поведінки фінансових інструментів. У роботі розглянуто методику побудови комплексного датасету, який поєднує ринкові котирування, дані про ринкові настрої, показники турбулентності, макроекономічні індикатори та технічні показники. Отримані вибірки використовуються для навчання моделей з підкріпленням, що дозволяють автоматизувати процес прогнозування та формування торгових рішень. Проведено аналіз функціонування моделей у періоди високої турбулентності ринку, що дозволило визначити основні проблеми практичного використання інтелектуальних систем: низьку якість та неоднорідність даних, труднощі інтерпретації результатів і нестабільність параметрів моделей. Для їх подолання запропоновано технологію інтеграції додаткових інформаційних змінних у процес побудови інвестиційних стратегій, що забезпечує підвищення точності та адаптивності моделей. Ефективність розробленої системи оцінювалася за допомогою глобальних фінансових метрик. Отримані результати підтвердили доцільність запропонованого підходу та можливість його практичного застосування для побудови стійких і гнучких систем підтримки прийняття рішень у сфері фінансових інвестицій [2].

Список літератури

1. Martovytskyi, Vitalii, et al. "developing a risk management approach based on reinforcement training in the formation of an investment portfolio." Eastern-European Journal of Enterprise Technologies 122.3 (2023).

СТЕГАНОГРАФІЯ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ LSB ТА ГІБРИДНОГО МЕХАНІЗМУ ВИЯВЛЕННЯ КРАЇВ

Льбіна І.В., Корнієнко М.Ю.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Сучасні методи захисту інформації у цифровому середовищі активно використовують принципи стеганографії – приховування даних у мультимедійних

об'єктах. Одним із найефективніших та найпростіших методів є вбудовування у найменш значущий біт (Least Significant Bit, LSB), який дозволяє непомітно вбудовувати секретні дані в пікселі зображення, не змінюючи його візуального сприйняття людиною [1, 2]. **Метою доповіді** є підвищення ефективності методу LSB за рахунок використання гібридного механізму виявлення країв, що дозволяє досягти високого корисного навантаження при збереженні високої якості зображення. У роботі запропоновано комбінування методів виявлення країв Canny та Laplacian of Gaussian (LoG) для визначення областей з найбільшою зміною яскравості, у які вбудовується прихована інформація. Використання таких ділянок підвищує стійкість системи та дозволяє збільшити кількість вбудованих даних, оскільки краї зображення менш чутливі до модифікацій на рівні бітів. Запропонований алгоритм включає два етапи: 1) попередня обробка зображення – виявлення країв за комбінованим підходом Canny–LoG; 2) вбудовування даних методом LSB, адаптованим до знайдених ділянок. Експериментальні дослідження показали, що застосування гібридного механізму дозволяє досягти вищого пікового співвідношення сигнал/шум (PSNR) та більшого корисного навантаження, порівняно з традиційними LSB-схемами. Отримані результати підтверджують доцільність використання комбінованого підходу для підвищення якості та надійності стеганографічних систем.

Список літератури

1. Zubko, I., et al. "ОГЛЯД МЕТОДІВ НАНЕСЕННЯ ЦИФРОВИХ ВОДЯНИХ ЗНАКІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ ЗОБРАЖЕНЬ." Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць 3.77 (2024): 121-125.
2. Ruban, Igor, Nataliia Bolohova, and Vitalii Martovytskyi. "Інформаційна технологія підтвердження права власності на цифрові зображення." Advanced Information Systems 6.1 (2022): 118-123.

ВИКОРИСТАННЯ АЛГОРИТМІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ФІШИНГУ В ЕЛЕКТРОННІЙ ПОШТІ

Бологова Н.М., Форостяний О.С.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Фішинг є одним із найпоширеніших і найнебезпечніших видів кіберзагроз у сучасному цифровому середовищі. Такі атаки становлять серйозну небезпеку для інформаційної безпеки державних установ, компаній і приватних користувачів, оскільки можуть призвести до витоків конфіденційних даних, фінансових втрат і компрометації систем автентифікації. Зважаючи на це, актуальним є завдання розроблення автоматизованих систем виявлення фішингових повідомлень, що базуються на алгоритмах машинного навчання [1].

Метою доповіді є розроблення моделі класифікації електронних листів із використанням алгоритмів машинного навчання для виявлення фішингових атак шляхом аналізу текстового змісту, структури листа та метаданих.

У роботі проведено дослідження можливості використання таких алгоритмів, як логістична регресія, дерево рішень, випадковий ліс та метод опорних векторів. Для цього сформовано навчальну вибірку, що містила як легітимні, так і фішингові повідомлення. На основі попередньої обробки текстів (очищення, нормалізація, токенизація) побудовано набір ознак, що враховують частоту появи ключових слів, структуру гіперпосилань, особливості доменів, а також виявлення підозрілих шаблонів. Розроблений інструмент дозволяє користувачам автентифікуватися через свій обліковий запис Gmail та застосовувати модель до вхідних електронних листів. У разі виявлення потенційного фішингу повідомлення автоматично позначається як небезпечне у поштовій скриньці. Результати тестування показали, що моделі машинного навчання можуть досягати високої точності класифікації, а використання ансамблевих методів забезпечує додаткову стійкість до зміни шаблонів атак. Даний підхід може бути використаний як основа для створення адаптивних систем захисту електронної пошти в корпоративному та персональному середовищах, що значно підвищує рівень інформаційної безпеки користувачів.

Список літератури

1. S Verma, R., & Das, A. What's in a URL? Fast Feature Extraction and Malicious URL Detection. // Proceedings of the 3rd ACM on International Workshop on Security And Privacy Analytics, 2017, pp. 55–63.
-

МОДЕЛЬ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЕЗНАХОДЖЕННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Мартовицький В. О., Гуленко С. О., Шеховцов О. В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Широке використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) у цивільних і промислових застосуваннях супроводжується необхідністю контролю їхніх польотів у повітряному просторі. У ряді випадків польоти дронів без дозволу заборонено або обмежено в зонах де вони створюють потенційні загрози безпеці [1]. Тому розроблення систем визначення місцезнаходження БПЛА, здатних своєчасно виявляти порушення, є актуальною науково-технічною проблемою.

Метою доповіді є розроблення функціональної моделі системи визначення місцезнаходження БПЛА з використанням технології LoRaWAN, яка забезпечує можливість відстеження об'єктів великого радіусу дії з низькими енергетичними та апаратними витратами. У роботі розглядається метод визначення координат БПЛА, який базується на двоетапній процедурі: оцінюванні відстані між апаратом та наземними станціями і визначенні місцезнаходження на основі отриманих даних. Для оцінки відстані були порівняні три підходи: час прибуття сигналу (ToA), лічильник імпульсів, та індикація потужності прийнятого сигналу (RSSI). Результати експериментів

показали, що метод RSSI забезпечує найвищу точність при мінімальних витратах ресурсів, тому саме він був обраний для подальшої реалізації системи. Місцезнаходження БПЛА визначається за допомогою координат чотирьох наземних станцій та розрахованих відстаней до них. У доповіді також проаналізовано фактори, що впливають на точність вимірювань RSSI: умови навколишнього середовища, висота польоту, орієнтація антен та довжина переданих повідомлень. Отримані результати свідчать про перспективність використання LoRaWAN у побудові систем моніторингу повітряного простору для виявлення несанкціонованих польотів БПЛА.

Список літератури

1. S. A. M. Elhassan, N. L. M. Kamal, N. Norhashim, Z. Sahwee and S. A. Shah, "Unmanned aerial vehicle localisation using RSSI-based trilateration," International Conference on Green Energy, Computing and Intelligent Technology 2024 (GEn-CITy 2024), Iskandar Puteri, Malaysia, 2024, pp. 235-240, doi: 10.1049/icp.2025.0261.

ВИЯВЛЕННЯ АНОМАЛІЙ У API ЖУРНАЛАХ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ПРОГРАМНИХ СИСТЕМ

Сєверінов О.В., Свиридов А.С.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Зі зростанням кількості запитів до API та обсягів логів, що генеруються різними програмними системами, ручна перевірка даних стає надзвичайно складним і трудомістким завданням. Водночас ці журнали містять важливу інформацію, яка може свідчити про збої, спроби несанкціонованого доступу або інші кібератаки. Тому актуальним є застосування методів машинного навчання для автоматизованого аналізу логів і виявлення потенційних аномалій [1].

Метою роботи є дослідження та оцінка ефективності методів виявлення аномалій у журналах API з метою підвищення безпеки та надійності програмних систем. У роботі розглядаються сучасні підходи до аналізу API-журналів, зокрема методи неконтрольованого навчання (unsupervised learning), статистичного аналізу та кластеризації, що дозволяють знаходити нестандартні шаблони поведінки у великому обсязі даних. Особливу увагу приділено порівнянню таких алгоритмів, як Isolation Forest, Local Outlier Factor (LOF), Autoencoder, а також K-Means із подальшим аналізом кластерів для ідентифікації відхилень у запитах.

Дослідження показало, що використання алгоритмів машинного навчання дозволяє значно підвищити швидкість і точність виявлення потенційно небезпечних запитів у порівнянні з традиційними методами ручного аналізу. Впровадження подібних рішень у системи моніторингу API забезпечує автоматичне виявлення підозрілої активності в режимі реального часу, що дає змогу швидше реагувати на інциденти безпеки та мінімізувати ризики. Запропонований підхід підвищує автономність та адаптивність систем

безпеки, зменшує залежність від зовнішніх аудитів і сприяє побудові ефективних інтелектуальних систем захисту інформації.

Список літератури

1. Мартовицький, ВО, et al. "Дослідження методів виявлення аномалій у арі журналах для забезпечення безпеки та надійності програмних систем." Вісник Херсонського національного технічного університету 2.1 (92) (2025): 142-148.

МЕТОДИ ВИЯВЛЕННЯ ТА КЛАСИФІКАЦІЇ РАДІОЧАСТОТНИХ СИГНАЛІВ БПЛА

Лега О.С., Мартовицький В.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

У сучасну епоху швидкого прогресу безпілотних літальних апаратів (БПЛА) проблема їхнього виявлення та розпізнавання стає дедалі актуальнішою. Завдяки невеликим розмірам, високій мобільності та порівняно низькій вартості, БПЛА стрімко знайшли застосування у цивільній, комерційній та військовій галузях. Зростання кількості малих БПЛА — від побутових квадрокоптерів до спеціалізованих платформ — суттєво підвищило вимоги до систем ситуаційної обізнаності, захисту периметра та протидії потенційним загрозам. Поряд із радарними, оптичними та акустичними технологіями, радіочастотні методи виявлення та класифікації вирізняються високою стійкістю до впливу погодних умов, можливістю роботи за відсутності прямої видимості та здатністю визначати тип апарата за його керуючими та телеметричними сигналами. Дослідження останніх років підкреслюють, що радіочастотний аналіз стає ключовою ланкою багатосенсорних систем виявлення/супроводу БПЛА, особливо у насичених міських радіоефірах [1].

Метою доповіді є комплексний аналіз сучасних методів та технологій радіочастотного виявлення і класифікації безпілотних літальних апаратів. У роботі передбачається розгляд принципів функціонування систем, що базуються на аналізі радіочастотного спектра. В доповіді наводяться результати дослідження методів виявлення та класифікації радіочастотних сигналів дрона, алгоритм їх роботи, переваги та недоліки кожної з запропонованих моделей.

БПЛА, що випромінюють радіочастотні сигнали, можна перехоплювати та аналізувати для відстеження та визначення їх місцезнаходження. Радіочастотні системи сканують спектр для виявлення сигналів, які передаються між БПЛА і його оператором. Вони можуть визначити частоти управління та передачі даних, ідентифікувати тип дрону та навіть місцезнаходження оператора. Процес виявлення БПЛА на основі радіочастот зазвичай включає аналіз радіочастотного сигналу для виділення характерних ознак, які потім порівнюються з базою даних радіочастотних профілів БПЛА для їх ідентифікації. Останніми роками значного поширення набули підходи, засновані на машинному навчанні, що суттєво вплинули на розвиток методів

виявлення БПЛА за допомогою радіочастот. Для підвищення ефективності цих методів дослідники застосовують різноманітні підходи, які можна поділити на дві основні категорії. Перша категорія передбачає використання методів обробки сигналів, наприклад, перетворення Фур'є, для виділення характеристик, після чого здійснюється класифікація за допомогою таких алгоритмів, як SVM, дерева рішень тощо. Друга категорія використовує мінімальну попередню обробку сигналів, покладаючись на нейронні мережі для автоматичного виділення ознак та ідентифікації сигналу БПЛА [2].

Розглянемо першу категорію, або традиційний метод радіочастотного виявлення. Цей метод ґрунтується на фіксації сигналів керування польотом і передачі відеосигналів, які передаються між безпілотником та його наземною станцією. Суть методу полягає в аналізі характеристик сигналу — таких як робоча частота, швидкість передавання символів, тип модуляції, ширина каналу та інші параметри, що формують унікальний «радіочастотний відбиток» конкретного БПЛА, що дозволяє не лише виявити БПЛА, а й ідентифікувати його тип. До даного методу входять наступні етапи:

- прийом сигналу — система приймає сигнали у визначених смугах частот, які використовуються для зв'язку між дроном оператором;
- попередня обробка сигналу - отримані сигнали підлягають фільтрації смуги, компенсації дрейфу осцилятора та калібруванню I/Q-каналів;
- детекція активності — вікна сигналу аналізуються на предмет наявності активності, що відповідає дрону;
- екстракція ознак — виділяються ознаки, які використовуватимуться для класифікації або ідентифікації [3];
- класифікація — на підставі виділених ознак застосовуються класичні алгоритми машинного навчання (SVM, kNN, Random Forest) або їх комбінації;
- пост-обробка — після класифікації система може генерувати сповіщення, запускати локалізацію джерела, вести логування чи передачу даних до системи реагування.

До переваг даного методу можна віднести наступне: пасивність і непомітність, незалежність від погодних умов і видимості, велика дальність виявлення, висока точність ідентифікації, низькі обчислювальні вимоги. Недоліки даного методу: залежність від наявності сигналу передачі, висока чутливість до завад, потреба в базі даних сигналів, з якими будуть порівнюватись виявлені сигнали, обмеження щодо просторового визначення [1].

Друга категорія — виявлення на основі радіочастот із використанням глибокого навчання. Головною перевагою методів глибокого навчання є здатність нейронних мереж автоматично витягувати релевантні ознаки безпосередньо з необроблених сигналів, без необхідності застосування складних алгоритмів попередньої обробки чи реконструкції сигналу. Наприклад, використання згорткових нейронних мереж (CNN) дозволяє ефективно виділяти ознаки зі стислих зондувальних сигналів, оминаючи процес відновлення вихідного сигналу. Це суттєво спрощує процес обробки сигналу та знижує вимоги до обчислювальних ресурсів.

Порівняно з традиційними методами виділення ознак, підхід із використанням глибокого навчання демонструє вищу ефективність та точність. У деяких експериментах точність виявлення та класифікації сигналів БПЛА досягала 99%. Крім того, глибокі нейронні мережі виявилися здатними до адаптації, що дозволяє їм працювати з різними типами сигналів і підвищувати точність навіть у випадках із зашумленими даними [2].

Метод глибокого навчання має наступний алгоритм:

- збір і попередня обробка сигналів – виконується перехоплення сигналів та їх фільтрація;
- формування навчальної вибірки – створюється база даних із запитів сигналів різних можелей дронів;
- вибір архітектури нейронної мережі – обирається найбільш підходяща архітектура;
- навчання моделі – модель тренується на розмічених даних [4];
- виявлення та класифікація – у реальному часі вхідні РЧ-сигнали передаються в натреновану мережу;
- оцінка ефективності – точність оцінюється за метриками.

Переваги даного методу: висока точність і надійність, автоматичне навчання ознак, адаптивність до нових умов, можливість обробляти сишнали в режимі реального часу. До недоліків даного методу можна віднести наступне: досить високі вимоги до обчислювальної техніки, потреба у великій кількості даних, потенційна вразливість до атак.

Радіочастотні методи є одним із найефективніших способів виявлення та класифікації безпілотних літальних апаратів. Традиційні підходи, засновані на аналізі спектра сигналів, забезпечують надійність і простоту реалізації, проте мають обмежену точність в умовах шуму чи складних радіочастотних середовищ. Сучасні технології, що базуються на машинному та глибокому навчанні, значно підвищують точність і здатність до розпізнавання конкретних типів дронів. Вони автоматизують процес аналізу спектра, дозволяючи системам виявлення адаптуватися до нових типів сигналів.

Список літератури

1. Rahman, M.H.; Sejan, M.A.S.; Aziz, M.A.; Tabassum, R.; Baik, J.-I.; Song, H.-K. A Comprehensive Survey of Unmanned Aerial Vehicles Detection and Classification Using Machine Learning Approach: Challenges, Solutions, and Future Directions. *Remote Sens.* 2024, 16, 879. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs16050879>
2. Leha, O., V. Martovyt'skyi, and I. Severin. "analysis of methods for detecting unmanned aerial vehicles." *Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць* 2.80 (2025): 13-19. DOI: <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2025.2.013>
3. Nemer I, Sheltami T, Ahmad I, Yasar AU, Abdeen MAR. RF-Based UAV Detection and Identification Using Hierarchical Learning Approach. *Sensors (Basel)*. 2021;21(6):1947. DOI: <https://doi.org/10.3390/s21061947>
4. Alam, S.S.; Chakma, A.; Rahman, M.H.; Bin Mofidul, R.; Alam, M.M.; Utama, I.B.K.Y.; Jang, Y.M. RF-Enabled Deep-Learning-Assisted Drone Detection and Identification: An End-to-End Approach. *Sensors* 2023, 23, 4202. DOI: <https://doi.org/10.3390/s23094202>

ПІДХІД ДО ІДЕНТИФІКАЦІЇ АВТОРА ЗА ДОПОМОГОЮ CENSURE ТА ЗОРОВОГО ТРАНСФОРМЕРА

Шупилюк М.В., Мартовицький В.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Незважаючи на значний прогрес, існуючі методи ідентифікації автора за рукописним текстом мають обмеження, що перешкоджають досягненню максимальної точності та надійності [1].

Обмеження включають труднощі урахування унікальної варіативності почерку, нездатність охопити глобальний контекст, а також обчислювальні витрати [1].

Метою доповіді є впровадження підходу для оптимізації та підвищення ефективності ідентифікації автора за рукописним текстом шляхом інтеграції методів попередньої обробки зображень, виявлення ознак та сучасних архітектур машинного навчання.

Для оптимізації та підвищення ефективності ідентифікації автора було запропоновано підхід, що використовує алгоритм CenSurE [2] для виявлення ознак та вилучення відповідних ділянок зображення та модель Vision Transformer (ViT) [1] для ідентифікації автора на основі вилучених ознак. Експериментальна валідація проводилась з використанням набору даних CVL та застосуванням методологій пошуку та класифікації [1].

В доповіді наводяться результати, згідно з якими запропонований підхід продемонстрував покращення точності ідентифікації під час пошуку. Зокрема, було досягнуто збільшення значень точності hard top k та soft top k на 1% та середньої точності на 2%.

Також спостерігалось значне покращення продуктивності на етапі попередньої обробки виявлення ознак: скорочення середнього часу обробки на 39% та збільшення загальної кількості вилучених ділянок на 70%.

Отримані результати сприяють підвищенню надійності автоматизованих систем аналізу почерку, особливо для завдання ідентифікації автора.

Цей підхід є цінним інструментом для графологів та судово-медичних експертів з документів, підтримуючи такі критично важливі завдання, як судово-медичний процес встановлення авторства, та оптимізуючи їхню професійну діяльність.

Список літератури

1. Shupyliuk M., Martovytskyi V. Enhancing writer identification and writer retrieval with censure and vision transformers. *Technology Audit and Production Reserves*. Vol. 6. no. 2(86). 2025.
2. Shupyliuk M., Martovytskyi V., Romanenkov Y. Analysis of keypoint detection methods for images with handwritten text. *Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління*. 2025. Vol. 2. p. 61. In press.

АНАЛІЗ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ПРОСТОРОВО-ЧАСОВОГО РЯДУ ДАНИХ ЗАДАНОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ

Новожилова М.В., Беленькова К.О.

Харківський національний університет міського господарства
імені О.М. Бекетова, Харків, Україна,

Чуб О.І.

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків, Україна

Практичні проблеми побудови прогнозу виникнення та розвитку аварій та/або надзвичайних ситуацій природнього або техногенного характеру на інженерній інфраструктурі міста [1,2] ускладнюються необхідністю інтерпретації великих обсягів наявних даних, аналізу та подальшого використання у прогнозуванні подій такого роду необхідно передбачає застосування потужного апарату нейронних мереж різних типів [3,4].

Метою доповіді є задача аналізу та прогнозування просторово-часових статистичних рядів даних $S = \{s_i\}$, що розглядаються у тривимірному просторі ХУТ. Кожна точка ряду задається координатами:

$$s_i(v_i, t_i): v_i = (x_i, y_i) \in D \subset R^2, t \in T, i=1, 2, \dots, I, \quad (1)$$

де $v=(x,y)$ – просторова складова елементу ряду; D – двовимірна обмежена геометрична область, що може бути як неперервною, так і дискретною, мати різні топологічні характеристики щодо зв'язності (багатозв'язності), а також бути всюди щільною (dense set) або ніде не щільною множиною; t – змінна часу; $T = T_{F0} \cup T_P$ – часовий інтервал, де T_{F0} – інтервал історичних даних, T_P – горизонт прогнозу. Таким чином у визначеному часовому перерізі $t = t_{const}$ інформація (1) – це скінченна підмножина точок області D . При цьому також будемо вважати, що кожна точка $s_i(v_i, t_i)$ має певну характеристику $Z(s_i)$ інтенсивності, таку, що $Z(s_i) \in [0, Z_{max_on_T}]$. Загалом – це певне просторово-часове поле інтенсивності $Z(s)$, яке задається у просторі ХУТ. Вважаючи поле інтенсивності $Z(s)$ заданим на часовому відрізьку $[0, T_{F0}]$, розглянемо задачу побудови прогнозу характеристик поля в наступні періоди часу.

Зауваження 1. При розгляді елементів інженерної інфраструктури вимір величини $Z(s)$ може здійснюватися двома способами:

- сумарними збитками від наслідків аварій;
- тривалістю ліквідації аварії.

Таким чином, просторово-часовий ряд даних S , що розглядається, формують результати спостережень за відмовами елементів інженерної інфраструктури мегаполісу – складної технічної системи, що є просторово розподіленою і містить передавальну мережу G , яка є скінченною дискретною множиною лінійних ланок

$$G = \{g_1, g_2, \dots, g_J\}, |G| = J, G \subset D. \quad (2)$$

Зауваження 2. Ланки передавальної мережі G не є однорідними за своєю природою, вони відрізняються за часом та умовами експлуатації, матеріалами

виготовлення тощо. Ці дані формують інформаційний кортеж g_i характеристик ланки g_i . Отже, в доповіді розглядається побудова методики преопесінгу інформації щодо формування вибірки просторово-часових наборів даних з функціонування розподільчих мереж на певному інтервалі спостережень, яка є адекватній задачам розробки моделі та навчання нейронної мережі за історичними даними

$$< s_i(v_i, t_i), Z(s_i) >. \quad (3)$$

В даному дослідженні при розгляді елементів інженерної інфраструктури величина $Z(s_i)$ вимірюється у одиницях часу.

Основні особливості, які необхідно враховувати при комп'ютерному моделюванні багатовимірних просторово-часових рядів є розподіленість у часі та просторова розподіленість; випадковість моментів настання; недостатній обсяг та зашумленість статистичної інформації, багатомірність та наявність різних факторів впливу зовнішнього середовища на характеристики ряду, у тому числі керування у «ручному» режимі.

Проведемо моделювання просторових параметрів $v=(x,y)$ – багатовимірного ряду (1) у певному часовому перерізі часового параметру $t=t_{const}$. За постановкою задачі необхідно враховувати дискретність області D , яка, власне, перетворюється на множину G . Для моделювання просторової складової ряду, що розглядається, проводиться розбиття контрольованої території D (відповідно, мережі G) сіткою вимірів на осередки. В роботі використано стандартну прямокутну (регулярну) сітку

$$DG=\{ab_n | n=1,2,...,N, n=f(u,w), u=1,2,...,U, w=1,2,...,W, N=U \times W\},$$

де a – вимір сітки за координатою x ; b – вимір сітки за координатою y ; ab_n – n -й осередок регулярної сітки DG розмірів $(\Delta x, \Delta y)$; U – кількість осередків регулярної сітки за координатою x ; W – кількість осередків регулярної сітки за координатою y . В цілому область D є вписаною у прямокутник $\{(a_0, a_U), (b_0, b_W)\}$. При цьому виникає ефект просторової роздільної здатності, тобто задача визначення адекватного розміру $(\Delta x, \Delta y)$ осередку $a_u b_w$.

При використанні стандартної прямокутної сітки просторова роздільна здатність характеризується розміром осередку $\{(a_u, b_w), (a_{u+1}, b_{w+1})\}$ сітки:

$$\Delta x = |a_{u+1} - a_u|, \Delta y = |b_{w+1} - b_w|, u=1,2,...,U, w=1,2,...,W.$$

При введенні у розгляд сітки DG початкове подання (2) мережі G має бути уточнено. Тепер мережа $G = \{g_n\}$ складається з N мультиланок – складових мережі, таких, що кожна мультиланка $g_n = G \cap ab_n$.

У свою чергу інформаційний кортеж g_i мультиланки g_n у загальному випадку є мультимножиною. Тоді параметри розміщення (x_{n-1}, y_{n-1}) g_i -ї ланки множини G пов'язуються з лівою нижньою точкою ланки в межах обраного дискрету. Таким чином, просторово-часовий ряд буде складатися із набору $M = T_{F0} / \Delta t$ так званих карт, де кожна з карт задає просторово-розподілений рівень інтенсивності $Z(s_i)$ аварій у певні моменти часу за просторовим розподілом щодо сітки DG . Іншими словами, карти містять інформацію про

координати аварій на мережі G у певний момент часу. Необхідно зауважити, що від кроку Δt у часі залежить кількість точок на кожній карті набору M .

Окреме питання виникає при визначенні інтенсивності $Z(s_i)$ аварій. Очевидно, якщо певна аварія, яка згенерувала точку $s_i(v_i, t_i)$ виникла у момент часу t_i , і ліквідація аварії тривала до моменту $\{t_i + Z(s_i)\}$, тобто час, більший за крок Δt між просторовими картами – зрізами за часом, то інформація про одну і ту ж аварію з'явиться на кількох картах набору M . Цей факт має бути прийнятий до уваги. Тому при моделюванні даної характеристики у вихідному наборі даних в роботі застосовано концепт змінної відносної інтенсивності, що для кожної точки s_i реалізується наступним алгоритмом:

1. За кожною точкою s_i ряду S визначити:
 - величину p_i кількості карт, що послідовно містять цю точку. Це абсолютна характеристика інтенсивності $Z(s_i)$: $Z_{abs}(s_i) = p_i$.
 - інтервал $\tau_i \in [t_{i_start}, t_{i_fin}]$, $\tau \in T_{F0}$, $i_fin = i_start + p_i$, неперервної присутності точки s_i на картах;
2. Визначити максимальне значення інтенсивності $Z_{max_on_T}$, тобто кількість карт, що послідовно містять точки s_i ряду даних S :

$$Z_{max_on_T} = \max_i p_i$$

3. Виділити з ряду S вектор точок s_{ip_i} , тобто послідовний ряд точок, що мають однакові просторові координати на множині p_i карт даних:

$$s_{ip_i} = \{s_{i1}(v_{i_start}, t_{i_start}), s_{i2}(v_{i_start}, t_{i_start+1}), \dots, s_{ip_i}(v_{i_start}, t_{i_fin})\}$$

та визначити відповідну підмножину відносних інтенсивностей

$$Z_{ip_i} = \{Z_{i1}(s_{i_start}), Z_{i2}(s_{i_start+1}), \dots, Z_{iq}(s_{i_start+q}), \dots, Z_{ip_i}(s_{i_fin})\}$$

за правилом: $Z_{iq} = \frac{\tau - q}{Z_{max_on_T}}$, $q = 1, 2, \dots, p_i$.

Наведений алгоритм упорядкування інформації про інтенсивність аварій на передавальних мережах уможливорює подальшу обробку відповідних просторово-часових рядів та враховує формат подання інформації, яка є наявною на офіційних сайтах комунальних підприємств міста.

Для опрацювання вихідного просторово-часового ряду застосовано таку сучасну архітектуру нейронної мережі як гібридна модель ConvLSTM, реалізовану на платформі TensorFlow машинного навчання з відкритим кодом за допомогою бібліотеки Keras, що надає високорівневий інтерфейс API Python при роботі з функціоналом штучного інтелекту.

В якості першого наближення до моделі нейронної мережі використано клас ConvLSTM2D бібліотеки `keras.layers` (`from keras.layers import ConvLSTM2D`) для створення ConvLSTM-моделі:

`ConvLSTM2D(filters, kernel_size, activation, padding, return_sequences, input_shape=(...))`, де вектор `input_shape` – задає форму вхідних даних та обробляє вхідні дані у форматі (`batch_size, timesteps, rows, cols, channels`), причому розмір зразка `batch_size` задається під час зчитування вхідних та перевірючих даних `x_train`, `y_train` у модель за допомогою оператора

model.fit(x_train, y_train, batch_size),

побудови та компіляції моделі, а кількість зразків визначається автоматично.

Інтерпретація задачі просторового оцінювання здійснювалась на модельних наборах даних та на вихідному просторово-часовому ряді значень локацій, часу виникнення та складності аварій, що формувався за даними офіційного сайту комунального підприємства “Харківводоканал”. м. Харків, період 2016-2019 р.р.

Список літератури

1. Novozhylova M. V., Andronov V. A., Melezhhik R. S. Computer modeling parameters of technogenic emergency situations on engineering infrastructure of the megapolis. (2021). Radio Electronics, Computer Science, Control, (1), 66-77. <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2021-1-7>.
2. Medrano R., Aznarte J. L. A spatio-temporal attention-based spot-forecasting framework for urban traffic prediction, Applied Soft Computing, 2020, Vol. 96, 106615. DOI:10.1016/j.asoc.2020.106615.
3. Graves A. Generating sequences with recurrent neural networks. arXiv preprint arXiv:1308.0850, 2013.
4. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long short-term memory. Neural Computation, 9(8):1735–1780, 1997.

МЕТОД ОБРОБКИ ДАНИХ В СЕНСОРНИХ МЕРЕЖАХ З ВИКОРИСТАННЯМ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

Бігунов М.С., Дяченко В.О., Кучук Г.А.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

У сучасному контексті масового розгортання безпроводних сенсорних мереж (БСМ) постає завдання не лише реалізації надійної комунікації між вузлами, але й ефективної обробки великої кількості даних, які вони генерують [1]. Зростання обчислювальних можливостей на периферії, разом із розвитком методів машинного навчання (МН), відкриває можливості впровадження інтелектуальних підходів до аналізу сенсорної інформації [2,3]. Застосування методів МН у сенсорних системах дозволяє підвищити точність класифікації та прогнозування станів середовища, а також збільшити надійність мережі [4,5]. З огляду на ресурсні обмеження вузлів (обмежену енергію живлення, пам'ять і обчислювальну потужність), виникає потреба в розробці методів обробки даних, які здатні адаптуватися до зміни топології мережі, а також до змінних умов середовища. Значну увагу приділено агрегуванню даних з метою зниження навантаження на канал передачі, проте класичні підходи не завжди забезпечують оптимальний компроміс між енергоспоживанням та достовірністю отриманих результатів.

Методи машинного навчання в БСМ можуть виступати як засіб не тільки аналізу даних постфактум, але й як механізм адаптивної маршрутизації та управління ресурсами мережі. Наприклад, системи прогнозування стану

вузлів, втрати пакетів чи якості зв'язку дозволяють коригувати маршрути передачі даних у режимі реального часу, підвищуючи стійкість системи до несподіваних змін топології чи навантаження

Метою доповіді є аналіз існуючих та розробка методу обробки даних в сенсорних мережах. Представлений метод обробки даних запропоновано як інтегрований підхід, що поєднує етапи попередньої обробки, класифікації та прогнозування на основі машинного навчання із адаптивною маршрутизацією даних у безпроводній сенсорній мережі. Метод передбачає, що сенсорні вузли, або їх кластер-голови, виконують часткову обробку даних із виділенням релевантних ознак, після чого централізована чи розподілена модель МН приймає рішення про оптимальний маршрут передачі або про необхідність повторного вимірювання. Такий підхід дозволяє знизити обсяг переданих даних, зменшити енергоспоживання мережі й підвищити точність кінцевих результатів моніторингу. Практична реалізація методу демонструє, що при використанні моделей машинного навчання для класифікації подій і прогнозування стану вузлів та каналів можна зменшити число комунікаційних передач на мережі до 10-12 % у порівнянні з базовими протоколами маршрутизації, що не враховують навантаження чи енергетичного стану вузлів. Крім того, підтверджено, що адаптивна маршрутизація, керована МН-моделлю, знижує дисбаланс енергоспоживання між вузлами, що призводить до збільшення середнього часу до відмови мережі. В доповіді висвітлено теоретичні засади, методичні положення та результати апробації методу обробки даних із застосуванням машинного навчання в контексті безпроводних сенсорних мереж. Запропонований підхід має значний потенціал для впровадження в системах моніторингу навколишнього середовища, промислової автоматизації та інших галузях, де необхідні як точність аналізу даних, так і енергоефективність комунікаційної структури.

Список літератури

1. Yeongho Park, Hyojin Lim, Yujae Song. Design and implementation of underwater optical wireless communication prototype system supporting automatic beam alignment // ICT Express, vol. 10. 2024. P. 1034-1042. <https://doi.org/10.1016/j.icte.2024.07.006>.
2. Delwar TS, Aras U, Mukhopadhyay S, Kumar A, Kshirsagar U, Lee Y, Singh M, Ryu J-Y. The Intersection of Machine Learning and Wireless Sensor Network Security for Cyber-Attack Detection: A Detailed Analysis // Sensors. 2024. <https://doi.org/10.3390/s24196377>.
3. Elsayed WM, Alsabaan M, Ibrahim MI, El-Shafeiy E. The Potential of Deep Learning in Underwater Wireless Sensor Networks and Noise Canceling for the Effective Monitoring of Aquatic Life // Sensors. 2024. <https://doi.org/10.3390/s24186102>.
4. Ahmad R, Wazirali R, Abu-Ain T. Machine Learning for Wireless Sensor Networks Security: An Overview of Challenges and Issues // Sensors. 2022. <https://doi.org/10.3390/s22134730>.
5. Gaidhani AR, Potgantwar AD. A Review of Machine Learning-Based Routing Protocols for Wireless Sensor Network Lifetime // Engineering Proceedings. 2023. <https://doi.org/10.3390/engproc2023059231>.

МЕТОД МОНІТОРИНГУ ДАНИХ В БЕЗПРОВІДНІЙ СЕНСОРНІЙ МЕРЕЖІ

Дяченко Д.О., Можасв О.О., Сидоренко Р.Ю.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

У рамках сучасного розвитку безпроводних сенсорних мереж (БСМ) фіксується зростання вимог до безперервності та достовірності збору даних, оскільки самостійне функціонування великої кількості вузлів у віддалених і часто складних середовищах створює серйозні виклики щодо підтримання якості інформації [1]. Подібні мережі за своєю природою характеризуються розподіленою архітектурою, непередбачуваною топологією, обмеженими енергетичними ресурсами та варіабельністю каналів зв'язку [2]. Це робить метод моніторингу даних не просто допоміжним компонентом, а ключовим елементом системи збору, передачі й аналізу сенсорної інформації. **Метою доповіді** є розробка та обґрунтування методу моніторингу даних у безпроводній сенсорній мережі, який забезпечує підвищення ефективності збору, обробки та передачі інформації за умов обмежених енергетичних і обчислювальних ресурсів сенсорних вузлів. Постановка методу моніторингу передбачає формалізацію процесів спостереження, вимірювання, передачі, агрегації та аналізу даних у межах БСМ, що дозволяє створити механізм своєчасного реагування на події, зміни навколишнього середовища або стану мережі. Такий підхід передбачає застосування адаптивних стратегій: зміна частоти вимірювань залежно від динаміки стану, локальна попередня обробка даних, агрегація та фільтрація зайвої інформації, а також управління режимом спілкування між вузлами. В результаті реалізація методу моніторингу спрямована на підвищення ефективності експлуатації мережі: збільшення тривалості автономної роботи, зменшення затримок і втрат даних, покращення достовірності та повноти інформації, що передається, і, як наслідок, підвищення функціональної надійності системи. Результати впровадження запропонованого методу вказують на зниження навантаження на канали передачі завдяки агрегації та відбору релевантних даних, покращення збалансування енергоспоживання між вузлами мережі. В доповіді висвітлено теоретичні передумови, методичні засади та практичні результати створення й застосування методу моніторингу даних у безпроводній сенсорній мережі. Запропонований підхід можливо використовувати у системах екологічного моніторингу, промисловому контролі та інших сферах, де вимоги до автономності, надійності й точності збору даних є критичними.

Список літератури

1. Amrithesh O., B. Gupta. Evolving landscape of wireless sensor networks: a survey of trends, timelines, and future perspectives // Discover Applied Science, vol. 7, 2025. <https://doi.org/10.1007/s42452-025-07070-6>.
2. S. Najjar, M. David, W. Derigent, A. Zouinkhi. Dynamic reconfiguration of wireless sensor networks: A survey // Computer Networks, vol. 262, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2025.111176>.

РОЗПІЗНАВАННЯ ПРОГРАМНОГО КОДУ, СТВОРЕНОГО ШТУЧНИМ ІНТЕЛЕКТОМ

Бабич М.Г.

Харківський радіотехнічний фаховий коледж, Харків, Україна

Цемма Д.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Сучасні моделі штучного інтелекту (ШІ), такі як ChatGPT і GitHub Copilot, дозволяють автоматично створювати значну частину програмного коду, що підвищує ефективність розробників, але ускладнює визначення, чи написано код людиною, чи згенеровано ШІ [1].

Метою доповіді є аналіз характерних ознак коду, створеного штучним інтелектом, та визначення методів, які дозволяють відрізнити його від програмного коду, написаного людиною.

Код створений ШІ відзначається структурною одноманітністю, правильним форматуванням і типовими назвами змінних. Людський код має неформальні імена, непослідовні відступи та індивідуальний стиль. ШІ схильний створювати універсальні рішення, тоді як програміст оптимізує код під конкретну задачу.

Характерною ознакою ШІ-коду є синтаксична передбачуваність і висока повторюваність конструкцій, тоді як у коді людини часто трапляються неточності та індивідуальні рішення. Визначити походження коду допомагають статистичний і лінгвістичний аналіз стилю програмування, моделі машинного навчання, та сучасні інструменти DetectGPT-Code досягають точності понад 80 % у розпізнаванні ШІ-згенерованого коду. Дослідження Стенфордського університету (2024) показало, що стилOMETричний аналіз дозволяє визначати код, створений штучним інтелектом, із точністю близько 83 %.

Аналіз метаданих у системах контролю версій Git дає змогу виявити характерні шаблони Copilot і ChatGPT. Із розвитком ШІ відмінності поступово зникають, що ускладнює визначення авторства без застосування цифрових маркерів.

Доцільним є впровадження цифрових підписів або водяних знаків, що підтверджують людське походження програм [2]. Питання авторства в епоху ШІ потребує не лише технічних, а й етичних рішень, адже розмиття межі між людиною і машиною стає одним із головних викликів сучасної інформатики.

Список літератури

1. Пістунів І.М Штучний інтелект. Прикладні аспекти: посібник. Дніпро: НТУ «ДП», 2025. 246 с.
2. Щолкін М.М., Єрошенко О.А. Автоматизація управлінських рішень на основі BIG DATA та машинного навчання. Проблеми інформатизації: тези доповідей 12-тої міжнародної науково-технічної конференції. Т.2. 2024. С. 85.

АВТОМАТИЗАЦІЯ МОНІТОРИНГУ ТА АНАЛІЗУ АКТИВНОСТІ КОРИСТУВАЧА ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМП'ЮТЕРА

Соловійов С.М., Іващенко Г.С.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

В сучасному світі значна частина професійної та особистої діяльності пов'язана з використанням персональних комп'ютерів. Для оптимізації робочих процесів, аналізу витрат часу, вирішення задач тайм-менеджменту актуальним рішенням є збір, обробка та аналіз даних про дії користувача. Але часто один окремих користувач взаємодіє одночасно з декількома робочими станціями (наприклад, робочий ПК та домашній ноутбук), що призводить до фрагментації зібраних даних про його активність [1]. Це створює потребу в інструментах для цілісного аналізу особистої продуктивності та оптимізації робочого часу [2].

Актуальність роботи обумовлена недоліками існуючих програмних рішень для моніторингу активності користувачів ПК. Попри наявність комерційних (ManicTime) та відкритих (ActivityWatch) аналогів, вони мають суттєві обмеження. Існуючі рішення часто орієнтовані на задачі корпоративного моніторингу, не надають гнучких інструментів для персонального аналізу. Це призводить до неповного розуміння користувачем власних цифрових звичок, ускладнює самоаналіз та пошук шляхів підвищення продуктивності.

Метою роботи є розробка клієнт-серверного програмного комплексу для автоматизованого моніторингу, децентралізованого зберігання та аналізу даних про активність користувача на його робочих станціях. Серверна частина забезпечує багатокористувацьку архітектуру, дозволяючи кожному користувачеві безпечно зберігати та агрегувати зібрані дані з усіх своїх пристроїв.

Програмний засіб побудовано на основі WinForms та платформи .NET для клієнтської частини, що орієнтована на використання під управлінням ОС Windows. Серверна частина реалізована з використанням фреймворку Laravel (PHP) для забезпечення гнучкості та швидкої розробки API. Для зберігання даних використовується реляційна СКБД PostgreSQL. Серверна частина інкапсульована у Docker-контейнер, що спрощує її розгортання та масштабування на доступних хостингах.

Список літератури

1. Hemin J., Mikko S., Aggeliki T. Personal use of technology at work: a literature review and a theoretical model for understanding how it affects employee job performance. *European Journal of Information Systems*. 2021. Pp. 331–345. DOI: <https://doi.org/10.1080/0960085X.2021.1963193>
2. Gary W., Zilu L., Siobhan C. A Quantified-Self Framework for Exploring and Enhancing Personal Productivity. *Content-based Multimedia Indexing and Applications (CBMI)*. 2019. Pp. 1–6. DOI: <https://doi.org/10.1109/CBMI.2019.8877475>

КОРОТКОСТРОКОВЕ ПРОГНОЗУВАННЯ ЧАСОВИХ РЯДІВ ВАЛЮТНИХ КУРСІВ ЗА ДОПОМОГОЮ LSTM

Єрмагамбетов С.В., Іващенко Г.С.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

У сучасних умовах глобальної економічної нестабільності проблема прогнозування валютних курсів набуває особливої актуальності. Точне короткострокове прогнозування дозволяє оптимізувати стратегії хеджування, алгоритмічної торгівлі та управління ризиками, мінімізуючи економічні наслідки помилок прийняття фінансових рішень.

Традиційні статистичні методи прогнозування часових рядів, такі як ARIMA, не враховують складні нелінійні залежності у фінансових даних [1]. Поширені методи машинного навчання є чутливими до викривлення вихідних даних та не призначені для роботи з послідовними даними, такими як часові ряди. Рекурентні нейронні мережі (RNN) враховують часові залежності [2], однак наявність довготривалих зв'язків, характерних для валютних курсів, ускладнює навчання нейромережевої моделі [3], що робить доцільним використання спеціалізованих архітектур, таких як LSTM та GRU.

Метою роботи є розробка та аналіз ефективності роботи моделі короткострокового прогнозування валютних курсів на основі мереж з довгою короткостроковою пам'яттю (LSTM). Для забезпечення автоматизації аналізу та прогнозування використано середовище Jupyter Notebook із застосуванням бібліотек Pandas, TensorFlow та scikit-learn. Розроблена модель включає кілька шарів LSTM, використовує функцію активації ReLU, оптимізатор Adam та метрику оцінки помилок MSE. Вхідні дані нормалізуються за допомогою MinMaxScaler.

Експериментальні дослідження проводилися на датасеті IMF.org, що містить щоденні курси понад 50 валют по відношенню до USD за період з 2004 по 2025 рік. Вихідні дані представлені у вигляді одновимірних часових рядів з наявністю пропусків та аномальних викидів.

Результати порівняльного аналізу при горизонті прогнозування 1-7 днів показали переваги запропонованої моделі на основі LSTM у порівнянні із використанням статистичних методів та поширеними ML-моделями.

Список літератури

1. Hyndman R., Athanasopoulos G. Forecasting: principles and practice. *OTexts*. 2013. 292 p. ISBN: 978-0987507105.
2. Ferdiansyah F., Raja Zahilah R.M.R., Siti Hajar, O., Stiawan D. Hybrid gated recurrent unit bidirectional-long short-term memory model to improve cryptocurrency prediction accuracy. *IAES International Journal of Artificial Intelligence*. 2023. Vol. 9. Pp. 251–261. DOI: <https://doi.org/10.11591/ijai.v12.i1.pp251-261>
3. Mehtab S., Sen J., Dasgupta S. Robust Analysis of Stock Price Time Series Using CNN and LSTM-Based Deep Learning Models. *4th IEEE Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA)*. 2020. Pp. 1481–1486.

ПРОГРАМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ЗОРОВОЇ СТИМУЛЯЦІЇ В СИСТЕМАХ ШТУЧНОГО ЗОРУ

Єрошенко О.А., Севостьянова О.М.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Зір, як провідний сенсорний канал, відіграє фундаментальну роль у формуванні людського досвіду, впливаючи на численні аспекти життя. Тому втрата можливості бачити становить значну глобальну проблему, що впливає на якість життя мільйонів людей і вимагає комплексного підходу до реабілітації та технологічної підтримки. Система симуляції зору, що імітує зорове сприйняття незрячих осіб шляхом моделювання фосфенів – електричних імпульсів, здатних викликати відчуття світлових образів у зоровій корі.

Метою дослідження є створення програмного інструменту для візуалізації процесів зорової стимуляції, що базуються на принципах функціонування кортикальних імплантів.

Розглянуто фізіологічні основи зору, анатомічну будову ока та зорової кори, механізми кодування й передачі сигналів. Проаналізовано сучасні технології компенсації втрати зору, зокрема тактильні, аудіальні, біоелектронні та нейроінтерфейсні системи.

Запропонована система забезпечує обробку статичних зображень і відео в реальному часі з можливістю гнучкого налаштування параметрів через графічний інтерфейс користувача.

Програмна реалізація виконана мовою Python із використанням бібліотек OpenCV, NumPy та PyQt6, що забезпечують ефективну обробку даних і візуалізацію результатів.

Алгоритм моделює формування фосфенів з урахуванням ретинотопічної організації зорової системи, що підвищує біологічну достовірність отриманих зображень. Система може використовуватися для дослідження ефективності різних параметрів стимуляції, навчання спеціалістів та підготовки до персоналізованого налаштування імплантів.

Результати роботи свідчать про ефективність програмного підходу до візуального моделювання процесів зорової стимуляції та його потенціал у галузі комп'ютерного зору та нейротехнологій.

Список літератури

1. Янакаєв А. А., Єрошенко О. А. Система симуляції зору. *Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління: тези доповідей 15 міжнародної науково-технічної конференції 24-25 квітня 2025 року*. Баку, Харків, Жиліна. 2025. С. 11.
2. Fedorchenko V., Yeroshenko O., Shmatko O., Kolomiitsev O., Omarov M. Password hashing methods and algorithms on the .Net platform. *Advanced Information Systems*. №8(4). 2024. Pp. 82–92. DOI: 10.20998/2522-9052.2024.4.11

ЗАСТОСУВАННЯ ЗГОРТКОВИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ У СИСТЕМАХ НЕЙРОПРОТЕЗУВАННЯ ЗОРУ

Єрошенко О.А., Філімончук Т.В., Севостьянова О.М.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Розвиток нейротехнологій відкриває нові можливості для відновлення зорової функції у людей із серйозними порушеннями зору. Одним із ключових напрямів є створення нейропротезів зору, що здатні частково компенсувати втрату зорових здібностей за допомогою штучних сенсорних систем та алгоритмів обробки інформації.

У роботі представлено модель розпізнавання об'єктів, орієнтовану на використання в нейропротезах зору.

Метою дослідження є розроблення та оптимізація моделі, здатної розпізнавати об'єкти в реальному часі з обмеженою кількістю вхідних даних, адаптованою до біологічних обмежень нейроінтерфейсів.

Основу запропонованої системи становить штучна нейронна мережа, що виконує попередню обробку зображень із камери та виділення найбільш інформативних контурів і форм. Для цього застосовано методи згорткових нейронних мереж, які продемонстрували високу ефективність у задачах комп'ютерного зору.

З метою зниження обчислювальної складності й адаптації до апаратних обмежень протезу використано модифіковану архітектуру MobileNet із глибинним розділенням згортки. Для кодування візуальної інформації у формат, придатний для передачі до імплантату, реалізовано модуль перетворення зображення в матрицю електричних стимулів, які відповідають топології сітківки.

Особливу увагу приділено питанням енергоспоживання, швидкодії та стійкості моделі до шумів і варіацій освітлення.

Запропонована модель розпізнавання об'єктів може бути використана як складова програмного модуля в системах нейропротезування зору.

Подальші дослідження планується спрямувати на підвищення адаптивності системи до індивідуальних особливостей користувача, а також на інтеграцію алгоритмів семантичного сегментування для кращого сприйняття складних сцен.

Список літератури

1. Янакаєв А. А., Єрошенко О. А. Система симуляції зору. *Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління: тези доповідей 15 міжнародної науково-технічної конференції 24-25 квітня 2025 року*. Баку, Харків, Жиліна. 2025. С. 11.
2. Fedorchenko V., Yeroshenko O., Shmatko O., Kolomiitsev O., Omarov M. Password hashing methods and algorithms on the .Net platform. *Advanced Information Systems*. №8(4). 2024. Pp. 82–92. DOI: 10.20998/2522-9052.2024.4.11

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ЗОРОВОГО СПРИЙНЯТТЯ ДЛЯ ЛЮДЕЙ ІЗ ПОРУШЕННЯМИ ЗОРУ

Єрошенко О.А., Філімончук Т.В., Севостьянова О.М.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Сучасні досягнення у сфері штучного інтелекту відкривають нові можливості для розроблення систем допоміжного зору, здатних компенсувати часткову або повну втрату зорових функцій.

Метою роботи є розроблення інтелектуальної системи, яка аналізує зорові сцени, розпізнає об'єкти довкілля та надає користувачеві аудіо- або тактильний зворотний зв'язок.

Основою системи становить модуль комп'ютерного зору, побудований на згорткових нейронних мережах, що забезпечує виявлення та класифікацію об'єктів у реальному часі.

Для оптимізації роботи з обмеженими обчислювальними ресурсами застосовано архітектуру MobileNetV3, яка дозволяє досягти балансу між точністю та швидкістю. Додатково реалізовано алгоритм попередньої обробки зображень, який підвищує контрастність і виділяє контури об'єктів, що важливо для коректної передачі інформації у форматі, зручному для сприйняття користувачем.

Система підтримує кілька режимів взаємодії – аудіоопис середовища, тактильні сигнали про наявність перешкод і напрям руху, а також розпізнавання знайомих об'єктів.

Використання запропонованої моделі підвищує ефективність просторової орієнтації користувача на 30-40% порівняно з базовими методами без інтелектуальної обробки зображень.

Інтелектуальна система підтримки зорового сприйняття може стати ефективним інструментом соціальної адаптації людей із вадами зору.

У подальшому планується вдосконалення моделі розпізнавання об'єктів, інтеграція системи з мобільними пристроями та використання технологій доповненої реальності для покращення зорової реконструкції середовища.

Список літератури

1. Янакаєв А. А., Єрошенко О. А. Система симуляції зору. *Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління*: тези доповідей 15 міжнародної науково-технічної конференції 24-25 квітня 2025 року. Баку, Харків, Жиліна. 2025. С. 11.
2. Єрошенко О.А. Особливості розпізнавання обличчя на зображеннях з використанням нейронних мереж. *Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління*: тези доповідей 14 міжнародної науково-технічної конференції 25-26 квітня 2024 року. Баку, Харків, Жиліна. 2024. С. 96.

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА РОЗПІЗНАВАННЯ ЛІКАРСЬКИХ ПРЕПАРАТІВ ДЛЯ ДОМАШНЬОЇ АПТЕЧКИ

Дацок Є.О., Яковлева О.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Більшість сучасних мобільних застосунків (МЗ) для управління домашньою аптечкою вимагають ручного введення даних про лікарські препарати (ЛП), що знижує зручність користування та підвищує ризик помилок. Автоматизація процесу ідентифікації ЛП за зображенням пакування є важливим етапом розвитку інтелектуальних інформаційних систем (ІС) персонального медичного призначення [1].

Метою доповіді є розроблення та дослідження ІС, яка забезпечує автоматичне розпізнавання ЛП за зображенням пакування з використанням великої мовної моделі (LLM) для структурованої інтерпретації результатів [2].

Розроблена система реалізована у вигляді клієнт-серверної архітектури, де МЗ здійснює зйомку пакування ЛП та передає дані на серверний модуль. Отримане зображення разом із спеціалізованим промптом надсилається до API LLM. Модель виконує мультимодальний аналіз вхідних даних, поєднуючи зорове розпізнавання елементів пакування з мовною інтерпретацією текстової інформації [3], після чого формує структурований результат у форматі JSON. Отримані дані включають назву препарату та параметри, необхідні для обліку ЛП. Ця інформація зберігається у локальній базі даних та використовується для автоматизації управління домашньою аптечкою. Для розроблення та тестування інтерактивних компонентів системи використано фреймворк **Gradio**, що забезпечив зручну взаємодію з API LLM і наочну перевірку якості структурованих результатів.

Проведене дослідження показало, що використання LLM у ролі аналітичного модуля для обробки зображень і текстових даних дозволяє отримати результати розпізнавання без необхідності окремого навчання моделей комп'ютерного зору.

Отримані результати свідчать про перспективність використання LLM як інструменту інтерпретації медичних даних та створення інтелектуальних рішень для автоматизації побутових медичних процесів.

Список літератури

1. Large language models in medical image analysis: a systematic survey and future directions / B. Urooj et al. Bioengineering. 2025. Vol. 12, no. 8. P. 818. URL: <https://doi.org/10.3390/bioengineering12080818> (date of access: 05.11.2025).
2. Liu L., Meng J., Yang Y. LLM technologies and information search. Journal of economy and technology. 2024. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ject.2024.08.007> (date of access: 05.11.2025).
3. Potential of multimodal large language models for data mining of medical images and free-text reports / Y. Zhang et al. Meta-Radiology. 2024. P. 100103. URL: <https://doi.org/10.1016/j.metrad.2024.100103> (date of access: 07.11.2025).

ANALYSIS OF CHANGES IN SELECTED CHARACTERISTICS OF SAR DATA DEPENDING ON DAMAGE TO AGRICULTURAL LAND

Svitenko H., Romanenkov Yu.

Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine

Monitoring anthropogenic and natural damage to agricultural and uncultivated land using optical satellites is often hindered by cloud cover, which limits observation periods and as a result amount of collected data. Synthetic Aperture Radar (SAR) offers an all-weather alternative, but its application is complicated by the unique nature of damage in agricultural settings, which is often localized (e.g., karst, craters, trenches) within large, homogeneous fields [1].

The objective of the report is to analyze changes in Sentinel-1 SAR backscatter characteristics (VV and VH polarizations) to distinguish damaged from undamaged agricultural areas in the selected region of Ukraine.

The study focuses on Luhansk Oblast in eastern Ukraine (48.5°N - 49.5°N, 37.8°E - 39.5°E), a region characterized by predominantly agricultural land cover (>80%). The analysis integrates information from multiple datasets. Ground-truth information consists of 98 potential conflict event locations reported by ACLED organization [2] between March and October 2022, serving as the validation set for evaluating detection performance.

Radar observations are derived from Sentinel-1 imagery at 10 m spatial resolution in both VV and VH polarization channels. Optical reference data from Sentinel-2 L2A (10 m) is used to generate a baseline damage mask via an NDVI-based classifier, which identified 32 of the 98 examined events.

When using coarse-to-moderate resolution data (10m), the backscatter signal from this localized damage can be “spatially diluted” when averaged over a larger analysis unit (e.g., field or predefined buffer area). So, one of the central methodological challenges in this research was the problem of spatial dilution. Each ACLED event was analyzed using a 200 m radius buffer (~125000 m²), within which highly localized damage such as a cluster of shell craters totaling roughly 100-150 m² occupies less than 0.2% of the examined area. A conventional mean-aggregation workflow, which compares the mean backscatter of pre-event and post-event composites [3], proved ineffective as the damage signal was overwhelmed by the 99.9% of unaffected pixels, resulting in successful detection for only 8.2% of events. To address this, we adopt a pixel-level change-detection strategy inspired by recent optical-based methods [4]. Rather than assessing average backscatter, this approach computes per-pixel change and identifies pixels exceeding a defined damage threshold (e.g., $\Delta\sigma_{VH} < -2$ dB). Events are then classified based on the count of such high-change pixels. This reframes the problem from detecting a shift in mean backscatter to identifying the number of pixels exhibiting strong localized decreases, substantially improving sensitivity to small-area damage.

The pixel-level features demonstrated clear discriminatory power, with pixel count metrics achieving strong class separation (Cohen’s d = 0.89). Analysis of polarization channels showed that VH backscatter served as the primary indicator of

damage-related disturbance, reflecting its sensitivity to changes in volume scattering associated with structural destruction, vegetation loss, and heavy surface disruption. VV backscatter provided a complementary signal linked more strongly to alterations in surface roughness, such as soil disturbance, trenching and karst. High pixel count values in either channel (e.g., >200 VH-decrease pixels or >150 VV-decrease pixels) frequently corresponded to verified damage, indicating that the two polarizations capture distinct but reinforcing mechanisms. The SAR response also varied with damage type: strong VH decreases (>3 dB) were associated with extensive cratering, structural damage, or vehicle activity; moderate decreases (2-3 dB) aligned with trench systems or partial field disturbance. Conversely, cases dominated by vegetation loss, such as burns or crop destruction, were often detected by optical NDVI signals but produced weak SAR response, highlighting modality-specific sensitivities.

The obtained results highlight strong complementarity between SAR and optical-based damage detection. Using a 200-pixel threshold, the SAR method identified 27 events (27.6%), a rate comparable to the optical classifier (32.7%). However, overlap between the two was limited: only 15 events were jointly detected, while 12 were detected by SAR alone and 17 by optical data alone, yielding an agreement of just 34.1%. This low overlap is advantageous, indicating that each sensor captures distinct forms of damage. Combining both modalities increased the total number of unique detections from 32 (optical only) to 44, representing a 36% improvement. The 12 SAR-only detections are especially noteworthy, with 67% (8 of 12) occurring in March 2022, a period of heavy cloud cover that severely restricted optical visibility, demonstrating SAR's operational value under obstructed conditions.

Future work will aim to enhance the accuracy of the SAR-only classifier and ultimately integrate SAR and optical features within a multi-sensor fusion framework to enable more robust and comprehensive conflict damage monitoring.

References

1. Svitenko, H., & Romanenkov, Yu. (2025). Detection of damage on agricultural lands based on SAR data and machine learning. In Information systems and innovative technologies in project and program management: Collection of proceedings of the International Scientific and Practical Conference (pp. 254-256). (in Ukrainian).
2. The Armed Conflict Location & Event Data Project (ACLED). [Online]. Available: <https://acleddata.com/about-acledd/>.
3. Hussain, M., Chen, D., Cheng, A., Wei, H., & Stanley, D. (2013). Change detection from remotely sensed images: From pixel-based to object-based approaches. *ISPRS Journal of photogrammetry and remote sensing*, 80, 91-106. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2013.03.006>
4. War Damage Detection Based on Satellite Data / Andrii Shelestov, Sophia Drozd, Polina Mikava, Illia Barabash, Hanna Yailymova // In Proceedings of International Conference on Applied Innovation in IT , (ICAIIT). – 2023. – Pp. 97–103. – Bibliogr.: 16 ref. DOI: <https://doi.org/10.25673/101924>.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ВЕРИФІКАЦІЇ АПАРАТУРИ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ШАБЛОННИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Васильєв О.Ю., Філіппенко О.І.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Проектування сучасних пристроїв на основі мов опису апаратури залишається пов'язаним із низкою складнощів під час їх верифікації. Під час перевірки складних пристроїв, які містять велику кількість стандартизованих блоків, виникає проблема рутинності тестування однотипних підблоків. Ця проблема є особливо актуальною для ASIC-систем, які, на відміну від FPGA-рішень, не можуть бути змінені після виготовлення.

Метою роботи є дослідження можливостей автоматизації процесу верифікації систем на кристалі. У ході дослідження було встановлено, що, попри значний розвиток штучного інтелекту та мовних моделей, повністю делегувати процес верифікації таких блоків інструментам зі штучним інтелектом наразі неможливо. Сучасні програмні засоби не забезпечують функціоналу для створення функціональних відображень реєстрових моделей чи формування покриття функціональних сценаріїв. Варто зазначити, що мовні моделі наразі не генерують надійного коду, а лише можуть слугувати асистентом під час розробки, що не знімає основного навантаження з інженера-верифікатора.

Традиційно великі обсяги рутинних завдань автоматизують за допомогою проміжних інструментів, побудованих на скриптових мовах. Це можуть бути, наприклад, Perl із розширенням HLVL або Python з інструментами генерації коду на основі шаблонів. У подібних випадках як вхідний формат даних доцільно використовувати XML, який може бути доповнений схемою XSD для валідації та узгодження структури файлу. Серед шаблонних механізмів мови Python найпоширенішими є Django та Jinja2. Оскільки рушій шаблонів Django орієнтований переважно на роботу з HTML-тегами, для задач верифікації перевагу слід надавати Jinja2, який забезпечує зручніший і гнучкіший функціонал для генерації текстового коду.

Використання шаблонного рушія Jinja2 дає змогу на основі обмеженого набору вхідних даних згенерувати готовий до компіляції верифікаційний код без потреби в подальшій ручній обробці. Такий підхід є особливо ефективним у випадках наявності в проєкті великої кількості однотипних блоків, наприклад службових або утилітарних реєстрів.

Список літератури

1. A. El-Shiekh et al., "IPXACT-Based RTL Generation Tool," NILES Conf., Giza, Egypt, 2020, pp. 71–74, doi: 10.1109/NILES50944.2020.9257966.
2. Шкіль О. С., Рахліс Д. Ю., Філіппенко І. В., Корнієнко В. Р., Рожнова Т. Г. Автоматизоване проектування вбудованих систем цифрового оброблення сигналів на платформі SoC. Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2024. № 1 (27). С. 72–82. DOI: <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2024.27.192>

ПОРІВНЯННЯ ОСНОВНИХ ПРОТОКОЛІВ БЕЗДРОТОВОГО ЗВ'ЯЗКУ ДЛЯ РОЗРОБКИ ПРОЄКТІВ В ОБЛАСТІ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

Павлюк С.Я., Філіппенко І.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

На сьогоднішній день все більше повсякденних речей підтримують бездротові способи керування та взаємодії з користувачем (сповіщення на телефон про температуру в приміщенні, повідомлення про виявлення руху тощо.)

Метою роботи є порівняльний аналіз трьох найпоширеніших протоколів бездротового зв'язку, що застосовуються для проєктів в області інтернету речей. У доповіді розглянуто порівняльні характеристики протоколів: Zigbee, Thread та Bluetooth.

При проєктуванні системи дуже важливо розуміти фізичний розмір мережі та відповідно до цього підбирати протокол, але не завжди теоретична дальність дії може бути реалізована в реальних умовах експлуатації обладнання. У розглянутих протоколах наступні характеристики радіусу стійкої дії Zigbee теоретична дальність 100м, а практична складає 30-50 в залежності від умов, відповідно Thread теоретична – 100м, практична 30м, Bluetooth – від 100м до 400м, практична – 40-60м.

Не менш важливо знати і кількість пристроїв, що можуть бути організовані в одну мережу, бо кількість пристроїв (які можуть функціонувати) менше ширини адресного простору протоколу і різна для кожного з протоколів.

Для деяких проєктів може бути важлива робота в реальному часі тому варто звернути увагу на швидкість обміну даними: Zigbee 250кб/с, Thread 250кб/с, Bluetooth 125-2000кб/с.

Швидкість обміну не завжди відображає реальну картину затримки обміну, бо в кожному кластері даних є певна кількість службової інформації, що не має цінності для користувача, тому розглянемо частку корисної інформації в пакетах: Zigbee 51%, Thread 47%, Bluetooth 40-90% в залежності від налаштувань мережі.

Тобто вибір бездротового протоколу зв'язку пов'язаний з вимогами до системи, що проєктується, умовами експлуатації та вартістю апаратури, що використовується для побудови мережі, та іншими параметрами.

Список літератури

1. IoT Analytics: State of the IoT 2020, 12 billion IoT connections, surpassing non-IoT for the first time. <https://iot-analytics.com/state-of-the-iot-2020-12-billion-iot-connections-surpassing-non-iot-for-the-first-time/>
2. Lea, P. Internet of Things for Architects: Architecting IoT solutions by implementing sensors, communication infrastructure, edge computing, analytics, and security. 2018

ВЕРИФІКАЦІЯ МОДЕЛЕЙ ЦИФРОВИХ ФІЛЬТРІВ З ВИКОРИСТАННЯМ SYSTEMVERILOG DPI

Хаханова І.В., Хаханов І.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Верифікація цифрових фільтрів із використанням мов високого рівня (C/C++, MATLAB) потребує точної, відтворюваної та гнучкої інтеграції з HDL-середовищем. Одним із найбільш ефективних механізмів такої інтеграції є SystemVerilog (SV) Direct Programming Interface (DPI), який забезпечує підключення еталонних моделей до тестового середовища [1]. SV DPI визначається як інтерфейс, що надає можливість взаємодії між моделлю на SystemVerilog та кодом іншою мовою програмування. Стандартом передбачено використання мови C, проте механізм DPI допускає застосування й інших мов. DPI підтримує імпорт функцій із C у SV, експорт функцій і задач із SV у C, а також передачу даних між ними під час виконання симуляції через аргументи та повернені значення [2]. У роботі проаналізовано підходи до інтеграції DPI в тестове середовище, побудоване відповідно до методології Universal Verification Methodology (UVM). Продемонстровано застосування DPI для верифікації цифрових фільтрів із використанням еталонних моделей. Запропоновано архітектуру верифікаційного середовища, у межах якої компоненти UVM взаємодіють із DPI-функціями, що дає змогу автоматизувати процес порівняння вихідних даних RTL-моделі з еталонними значеннями. Використання DPI для верифікації моделей цифрових фільтрів забезпечує можливість інтеграції моделі фільтра, реалізованої мовою C, як еталонної моделі в процесі розроблення RTL-коду. Такий підхід підвищує точність порівняння результатів, сприяє інтеграції складних алгоритмів і підтримує масштабованість верифікаційного середовища. Взаємодія між DPI-методами та UVM-класами реалізується за допомогою спеціального класу-адаптера, а також із застосуванням віртуального інтерфейсу, що забезпечує узгоджене підключення до компонентів тестового середовища. Тестові сценарії формуються на стороні SystemVerilog, де визначаються високорівневі операції та послідовності. У той час C-функції, викликані через DPI, виконують генерацію детального набору транзакцій, формування прогнозованих вихідних значень та їх подальше порівняння з результатами, отриманими від RTL-моделі. Таким чином, SystemVerilog DPI є ефективним засобом верифікації цифрових фільтрів, що забезпечує високу точність, гнучкість інтеграції та повторне використання моделей. Це робить його особливо цінним інструментом для складних проєктів у сфері цифрової обробки сигналів (DSP).

Список літератури

1. IEEE Std 1800™-2017. IEEE Standard for SystemVerilog—Unified Hardware Design, Specification, and Verification Language. IEEE, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2018.8299595>
2. Edelman R., Watanabe T. Having Your Cake and Eating It Too: Programming UVM Sequences with DPI-C / Proceedings of DVCon Japan 2024

СИСТЕМА РАДІОЛОКАЦІЙНОГО СКАНУВАННЯ НА БАЗІ ARDUINO

Мірошник А.М., Рожнова Т.Г.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Сучасні радіолокаційні системи посідають ключове місце у багатьох галузях — транспорті, безпеці, наукових дослідженнях, автоматизації виробничих процесів і робототехніці. Радіолокація забезпечує можливість виявлення об'єктів на значних відстанях та контролю їхнього руху, що робить її незамінною у сферах, де необхідні висока точність і швидка реакція системи. Використання мікроконтролерів відкриває нові перспективи у створенні компактних і високопродуктивних радіолокаційних систем. Такі пристрої дозволяють поєднати апаратну й програмну складові в єдиному рішенні, що спрощує процес розроблення, зменшує вартість і підвищує гнучкість системи. У межах радіолокаційного сканування мікроконтролери виконують роль не лише центральних елементів керування, а й обчислювальних модулів, які забезпечують збір, обробку та аналіз сигналів у реальному часі. Це має важливе значення для розв'язання таких завдань, як виявлення об'єктів і визначення відстані до них [1].

Метою доповіді є створення системи радіолокаційного сканування на базі мікроконтролера, яка забезпечує точне визначення відстаней до об'єктів у різних напрямках, стабільну роботу апаратної частини та інтерактивний графічний інтерфейс для відображення результатів сканування в режимі реального часу. Метою дослідження є проектування і розробка програмно-технічного комплексу системи радіолокаційного сканування на базі мікроконтролера [2]. Дослідження охоплює теоретичні основи радіолокації, аналіз сучасних технічних рішень і технологій, а також практичну реалізацію розробленої системи. Особливу увагу зосереджено на оптимізації апаратної та програмної частин, що дозволяє досягти мінімального енергоспоживання, високої точності вимірювань і зручності експлуатації [3]. Апаратна складова проєктованої системи складається з таких компонентів: передавач/приймач, контролер, підсистема обробки даних, підсистема візуалізації результатів сканування у зрозумілому для користувача вигляді. [4]. У якості пристрою обробки даних та візуалізації результату у зрозумілій для користувача формі, доцільно використовувати комп'ютер, проте не стандартний системний блок, а комп'ютер у компактному форм-факторі, наприклад одноплатний комп'ютер Raspberry Pi [5]. Принцип роботи програмного забезпечення комп'ютера наступний: після запуску програми на екран виводиться головне вікно інтерфейсу з усіма необхідними елементами. Контролер одразу передає керуючий сигнал антені, яка посилає ультразвукові імпульси, окрім цього контролер передає сигнал на поворотний механізм. Як тільки антена фіксує Ехо-сигнал, який відбився від об'єкта, система отримує пакет даних з відстанню до цього об'єкта і відображає ці дані на інтерфейсі. Чим ближче об'єкт до радіолокатора, тим більше його графічне відображення на інтерфейсі. Також у програмі передбачена обробка помилок, наприклад жодної плати Arduino не

підключено до комп'ютера, або дані з якогось електронного компонента системи не коректні чи виникнення іншої помилки у системі, у такому випадку, на екран виводиться спеціальне повідомлення. Програма працює у нескінченному циклі, тож доки є електроживлення у системі, доти і буде працювати радіолокатор [6]. Згідно з результатами проведених тестувань, розроблена система функціонує відповідно до вимог програмного забезпечення. Вона успішно пройшла всі етапи тестування, продемонструвавши належну працездатність і ефективність. Елементи графічного інтерфейсу відображаються коректно і розташовані згідно з передбаченим макетом у ПЗ. Функціональні можливості системи також виконуються без збоїв, а час реакції на дії користувача відповідає очікуваним таймаутам. Випадки, коли виникають помилки або несправності, обробляються правильно, як це було закладено у ПЗ. Важливо зауважити, що реальна продуктивність системи може відрізнятись в умовах експлуатації, оскільки під час тестування використовувався макетний стенд. У ході тестування збоїв у роботі системи не зафіксовано.

У доповіді представлено результати тестування розробленої системи радіолокаційного сканування. Під час дослідної експлуатації макетного зразка підтверджено працездатність і ефективність функціонування системи. Графічний інтерфейс коректно відображав отримані дані, а робота системи відзначалася стабільністю та відсутністю збоїв. Отже, створена система радіолокаційного сканування на основі мікроконтролера Arduino Nano успішно виконує покладені на неї функції та може бути використана як навчальний або експериментальний інструмент для подальших досліджень і практичного освоєння принципів радіолокації. Подальший розвиток передбачає вдосконалення алгоритмів обробки сигналів і розширення функціональних можливостей. Перспективним напрямом розвитку є підвищення роздільної здатності системи, розширення діапазону вимірювань, а також впровадження алгоритмів інтелектуальної обробки сигналів для більш точного розпізнавання об'єктів.

Список літератури

1. International scientific and practical conference "Application of information technologies in the preparation and operation of law enforcement forces" / Collection of theses of reports (Kharkiv, March 14, 2024). – Kharkiv. – 2024. – 400 p.
2. Mykola Polishchuk, O. Semenyuk, L. Polishchuk, M. Lomakin. Можливості авторизації та захисту даних користувача під час розробки хмарних веб-додатків для IoT. Computer-Integrated Technologies Education Science Production. September 2023. DOI: [10.36910/6775-2524-0560-2023-52-12](https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2023-52-12)
3. Effective Java / Joshua Bloch. — Addison-Wesley, 2018. — 416 p. — ISBN 978-0134685991.
4. Learning Processing: A Beginner's Guide to Programming Images, Animation, and Interaction / Daniel Shiffman. — Morgan Kaufmann, 2015. — 564 p. — ISBN 978-0123944436.
5. C++ Programming: Principles and Practice Using C++ / Bjarne Stroustrup. — Addison-Wesley Professional, 2014. — 1312 p. — ISBN 978-0321992789.
6. Півняк Г. Г., Бусигін Б. С., Дівізінюк М. М. Тлумачний словник з інформатики. — Д.: Національний гірничий університет, 2010. — 392 с. — ISBN 978-966-350-306-0.

ОЦІНКА ПРОДУКТИВНОСТІ МЕТОДІВ ПЕРЕКЛАДУ ШТУЧНИХ МОВ

Гаврашенко А.О., Барковська О.Ю.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Оцінка якості перекладу є фундаментальним елементом як у практичній діяльності перекладачів, так і в сучасних дослідженнях у сфері автоматичної обробки мови. Вона визначає рівень відповідності отриманого тексту очікуванням користувачів, комунікативним потребам та нормам цільової мови. Цей процес має комплексний характер, оскільки передбачає аналіз цілого ряду параметрів, що охоплюють точність передачі змісту, відповідність мовним і культурним нормам, стилістичну узгодженість, а також загальну зрозумілість тексту. Завдяки цьому оцінка стає універсальним інструментом для контролю якості й одночасно орієнтиром для подальшого вдосконалення технологій перекладу. У науковій та інженерній практиці особливу увагу приділяють систематизованим підходам до оцінювання. Вони дозволяють уникати суб'єктивності та формують єдину базу для порівняння різних методів чи моделей. З одного боку, оцінка якості перекладу виконує роль діагностичного механізму: вона допомагає виявляти слабкі місця, пов'язані з вибором лексики, побудовою синтаксичних структур або дотриманням граматичних норм. З іншого боку, вона виступає рушійною силою прогресу, адже на основі систематичних спостережень та результатів аналізу створюються нові алгоритми, здатні забезпечити більш природні та точні переклади.

Метою доповіді є оцінка продуктивності методів перекладу штучних мов та порівняння ефективності різних методів оцінки у контексті різних типів перекладу.

В ході роботи вперше було проведено порівняння методу перекладу штучних мов на основі математичних моделей, та методу перекладу штучних мов на основі нейронних мереж в запропонованій системі перекладу штучних мов. Для перевірки ефективності розробленого підходу проведено експеримент із залученням чотирьох мов: української, англійської, французької та есперанто. Вибір мов зумовлений різними мовними характеристиками. Англійська мова є відносно простою для машинної обробки, французька та українська мають розвинену морфологію, а есперанто вирізняється спрощеною граматиною. Це дозволило оцінити універсальність системи. Результати експериментів оцінювалися за допомогою знаходження відсотку співпадіння з еталонним перекладом.

Список літератури

1. Han, L., Smeaton, A., & Jones, G. (2021, May). Translation quality assessment: A brief survey on manual and automatic methods. In *Proceedings for the first workshop on modelling translation: Translatology in the digital age* (pp. 15-33).
2. Saadany, H., & Orašan, C. (2021, July). BLEU, METEOR, BERTScore: Evaluation of metrics performance in assessing critical translation errors in sentiment-oriented text. In *Proceedings of the translation and interpreting technology online conference* (pp. 48-56).

МОДЕЛЬ КЛОНАЛЬНОГО ВІДБОРУ ДЛЯ КЕРУВАННЯ БОТАМИ В СТРАТЕГІЧНИХ ІГРАХ

Фомічов О.О., Колянда М.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

У сучасному суспільстві відеоігри та симулятори відіграють важливу роль у різних сферах життя – від розваг, до організації систем навчання. Особливе значення при цьому набуває застосування систем штучного інтелекту та моделей, заснованих на біологічних принципах обробки інформації та прийняття рішень, таких як штучні імунні системи. Ці моделі мають високий потенціал та можуть застосовуватися для вирішення задач класифікації, оптимізації та керування поведінкою ігрових ботів у стратегічних іграх. Однією з найважливіших складових вирішення цієї проблеми є адаптація однієї з існуючих імунних моделей до керування ігровими ботами. Складність цього завдання полягає у великій кількості можливих дій, які можуть виконувати боти в ігровому процесі, імітуючи поведінку реальних гравців, а також важкість організації їх взаємодії.

Метою доповіді є обґрунтування вибору та адаптація імунної моделі клонального відбору для керування поведінкою ігрових ботів у покроковій стратегічній грі. В доповіді наводяться результати адаптації обраної імунної моделі для вирішення задачі керування ботами, результати зміни її імунних операторів та використання поняття авідності між об'єктами штучної імунної системи для оптимізації прийняття рішень ботами у стратегічній грі. При цьому кожен із цих ботів оперує універсальним набором рішень щодо можливої поведінки у грі, до якого формується специфічний набір клонів-різновидів, які забезпечують різноманіття поведінки та визначається перелік афінностей та авідність, на основі яких відбувається визначення типу поведінки бота та обсяг ігрових ресурсів, які бот буде витрачати для її реалізації. При цьому значення авідності використовується як головний показник доцільності обрання того чи іншого рішення щодо подальшої поведінки бота. Наведені дані показують, що зміна роботи імунного оператора презентації можливих рішень щодо поведінки ботів та модифікація оператора відбору клонів, змінених в процесі мутації, як головний засіб прийняття остаточного рішення щодо поведінки бота, дозволяє організувати непрогнозований ігровий процес, який імітує присутність у грі реальних користувачів, а не набору ботів з передбачуваною поведінкою.

Список літератури

1. Korablyov M., Fomichov O., Chubukin O., Immune Model for Controlling Characters in Computer Games // XI International Scientific and Practical Conference “*Information Control Systems and Technologies (ICST-2023)*”, 2023, pp. 214-226, Odesa Ukraine. ISSN 16130073.

2. Фомічов О. О., Бурцев В. С. Дослідження імунних операторів в моделі штучної імунної мережі. *Системи управління, навігації та зв'язку*, 2023. Випуск 2 (72), С 143-150. ISSN 2073-7394. DOI: <https://doi.org/10.26906/sunz.2023.2.158>

МОДЕЛЬ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ НА ЗОБРАЖЕННІ

Кондратюк І.О., Філімончук Т.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Розпізнавання об'єктів на зображеннях є одним із ключових напрямів розвитку сучасних систем комп'ютерного зору та глибинного навчання. Протягом останніх років цей напрям зазнав значного розвитку завдяки вдосконаленню архітектур нейронних мереж, збільшенню обсягів навчальних вибірок та розширенню обчислювальних можливостей. Такі технології знаходять широке застосування в різних сферах: від систем безпеки та автономного транспорту до медичної діагностики та промислового контролю. Попри значні успіхи, однією з головних проблем залишається забезпечення стабільно високої точності розпізнавання в умовах реального середовища, де зображення можуть бути зашумленими, нечіткими або мати неякісне освітлення. Це потребує використання технологій, здатних ефективно працювати за обмежених ресурсів і з різноманітними типами вхідних даних.

Метою роботи є дослідження сучасних підходів та архітектур глибинних нейронних мереж, що застосовуються для розпізнавання об'єктів на зображеннях. В рамках дослідження передбачається аналіз існуючих рішень, оцінка їх переваг та обмежень, а також визначення ключових факторів, що впливають на якість класифікації та сегментації об'єктів. На основі отриманих результатів планується вдосконалення власної моделі, орієнтованої на підвищення точності розпізнавання при одночасному зменшенні обчислювальних витрат, що дозволить підвищити ефективність її застосування в реальних задачах та на пристроях з обмеженими ресурсами.

У межах дослідження проаналізовано три сучасні моделі виявлення об'єктів: YOLOv8 (You Only Look Once), DETR (DEtection TRansformer) та Swin Transformer. Модель YOLOv8 забезпечує високу швидкість обробки при збереженні високої точності, що досягається завдяки вдосконаленій функції втрат та механізмам адаптивного масштабування якорів [1].

Модель DETR використовує трансформну архітектуру для безпосереднього формування відповідностей між прогнозованими об'єктами та реальними мітками, що дозволяє відмовитися від традиційного пошуку регіонів інтересу та підвищує здатність моделі до узагальнення [2]. Swin Transformer реалізує ієрархічний підхід до обробки зображень із використанням ковзних вікон, що покращує розпізнавання дрібних, складних і частково перекритих об'єктів [3]. Порівняльний аналіз ефективності зазначених моделей здійснено на загальноновизнаному наборі даних MS COCO 2017, який містить різноманітні за масштабом, ракурсом і складністю зображення побутових та природних сцен. Застосування цього набору даних дозволило здійснити об'єктивне зіставлення точності розпізнавання, здатності моделі обробляти об'єкти різних розмірів, а також порівняти обчислювальні витрати та швидкодію досліджуваних архітектур у реальних умовах. Найвищу середню точність показала модель Swin Transformer (mAP=58,7%), тоді як

YOLOv8 досягла mAP=56,4%, але забезпечила перевагу в обробці кадрів у режимі реального часу [4].

Отримані результати свідчать, що доцільно поєднувати архітектури, які демонструють високу швидкість, із методами попередньої оптимізації вхідних зображень. Слід зазначити, що окрему увагу приділено впливу попередньої обробки даних на якість розпізнавання. Дослідження, підтверджує, що застосування алгоритмів підвищення контрасту, адаптивної нормалізації яскравості та зменшення шуму перед подачею зображення в нейронну мережу дозволяє значно покращити показники точності та recall для високопродуктивних моделей таких як YOLOv8 [5].

Такі методи підвищують інформативність ознак, які мережа використовує під час навчання, і зменшують ймовірність хибного розпізнавання.

Подібний підхід застосовується також у сфері супутникової обробки зображень, де попереднє покращення якості кадрів дозволяє суттєво підвищити точність подальшої класифікації об'єктів та виявлення дрібних структур [6], що свідчить про універсальність методу попередньої обробки та його доцільність у різних типах задач комп'ютерного зору.

Результати роботи свідчать, що використання гібридного підходу (поєднання швидкодії YOLOv8 із блоком попередньої обробки зображення) дає змогу досягти підвищеної точності без істотного зростання обчислювальних витрат.

Це робить запропоновану архітектуру перспективною для використання в системах реального часу, таких як інтелектуальні камери, системи відеонагляду та автоматизовані комплекси контролю якості.

Список літератури

1. Huang Z.J., Li L.T., Krizek G.C., Sun L.H. Research on Traffic Sign Detection Based on Improved YOLOv8. *Journal of Computer and Communications*. 2023. Vol. 11(07), Pp. 226-232. DOI: 10.4236/jcc.2023.117014
2. Carion N. et al. End-to-End Object Detection with Transformers. 16th European Conference. *Computer Vision – ECCV 2020*. 2020. Vol 12346. Pp. 213-229. DOI: doi.org/10.1007/978-3-030-58452-8_13
3. Liu Z. et al. Swin Transformer V2: Scaling Up Capacity and Resolution. *Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, New Orleans, 2022, Pp. 12009-12019. DOI: 10.1109/CVPR52688.2022.01170
4. Hussain M. YOLOv5, YOLOv8 and YOLOv10: The Go-To Detectors for Real-time Vision. *Computer Vision and Pattern Recognition*. 2024. DOI: 10.48550/arXiv.2407.02988
5. Klco P., Koniar D., Hargas L., Paskala M. Comparison of Preprocessing Method Impact on the Detection of Soldering Splashes Using Different YOLOv8 Versions. *Computation*. 2024, 12, 225. DOI: 10.3390/computation 12110225
6. Філімончук Т.В., Шевченко Б.С. Модель покращення супутникових знімків. *Проблеми інформатизації: 11-а міжнародна науково-технічна конференція. Т.3: секція 4. Баку, Харків, Бельсько-Бяла. 2023. С. 64.*

МОДЕЛЬ ОПТИМІЗАЦІЇ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ВБУДОВАНИХ СИСТЕМ З ОБМЕЖЕНИМИ РЕСУРСАМИ

Авраменко Б.О., Філімончук Т.В., Севостьянова О.М.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Вбудовані системи, що використовуються в IoT-пристроях, безпілотниках, медичному обладнанні та автономних транспортних засобах, мають суворі обмеження за обчислювальною потужністю, оперативною пам'яттю та енергоспоживанням. Традиційні моделі глибоких нейронних мереж (DNN) із десятками мільйонів параметрів та мільярдами операцій з плаваючою комою непридатні для розгортання на мікроконтролерах типу STM32, ESP32 або nRF52 [1], особливо за умов вимог до забезпечення низької латентності інференсу та у деяких сценаріях автономної роботи від батареї.

Метою доповіді є побудова моделі оптимізації нейронних мереж на основі використання сучасних методів оптимізації, які адаптують DNN до апаратних обмежень вбудованих систем без значної втрати точності. В доповіді розглянуто чотири підходи до оптимізації нейронних мереж: квантизація, прунінг, використання компактних архітектур та інтеграція з нейронними прискорювачами. Дослідження показують, що посттренивальна квантизація зменшує розмір моделі в 4 рази та прискорює інференс у 2-4 рази на процесорах ARM Cortex-M, а квантизація з усвідомленням дозволяє зберегти точність на рівні 95-98% від оригінальної моделі [2]. Структурований прунінг скорочує обсяг обчислень на 50-70% при втраті точності менше 2%, а ітеративний прунінг з тонким донавчанням виявляється особливо корисним для згорткових мереж [3]. Використання компактних архітектур як от MobileNetV3-Small (2,9 млн. параметрів, 66 млн. FLOPs) забезпечує роботу на мікроконтролерах із частотою 80-216 МГц, а глибинно-сепарабельні згортки зменшують обчислювальну складність у 8-9 разів порівняно зі стандартними згортками [4]. Використання інструкцій SIMD (NEON, DSP) та апаратних MAC-блоків додатково прискорює виконання, а фреймворк Edge Impulse спрощує розгортання моделей. У зв'язку з цим чинності набуває комбінація методів оптимізації нейронних мереж, яка дозволяє досягти балансу між розміром моделі, швидкістю, енергоспоживанням і точністю.

Список літератури

1. Zhang Z., Li J. A Review of Artificial Intelligence in Embedded Systems. *Micromachines*. 2023. Vol. 14, no. 5. P. 897. DOI: <https://doi.org/10.3390/mi14050897>
2. Gholami A., Kim S., Dong Z., Yao Z., Mahoney M.W., Keutzer K. A Survey of Quantization Methods for Efficient Neural Network Inference. *Low-Power Computer Vision* (Chapter 13), 2022. P. 291-326. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781003162810-13>
3. Han S., Pool, J., Tran J., Dally W.J. (2015). Learning both Weights and Connections for Efficient Neural Networks. DOI: <https://doi.org/10.48550/arxiv.1506.02626>
4. Howard A. G., Zhu M., Chen B., Kalenichenko D., Wang W., Weyand T., Andreetto M., Adam H. (2017). MobileNets: efficient convolutional neural networks for mobile vision applications. DOI: <https://doi.org/10.48550/arxiv.1704.04861>

АВТОМАТИЗОВАНА МОДЕЛЬ ДЛЯ РОЗГОРТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Кагітін Ю.М., Філімончук Т.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Сучасні інформаційні системи (ІС) зазнають суттєвого навантаження через зростання обсягів даних, кількості користувачів та вимог до масштабованості. У цьому контексті архітектурна модель «клієнт-сервер» є одним із базових підходів, що дозволяє централізовано керувати ресурсами та сервісами при одночасному забезпеченні ефективної взаємодії з користувачами [1]. Архітектурне розмежування функцій між клієнтом та сервером забезпечує структурованість системи: клієнтська частина здійснює ініціювання запитів та візуалізацію результатів, а серверна – їхній прийом, оброблення та генерацію відповідей. Такий підхід сприяє покращенню безпеки, спрощує процеси адміністративного контролю та відкриває можливості масштабування. Разом з тим, це зумовлює питання оптимізації навантаження на сервер, мінімізації мережної латентності та впровадження ефективних механізмів балансування.

Метою доповіді є дослідження особливостей моделі «клієнт-сервер» у процесах автоматизованого розгортання ІС з акцентом на централізоване управління компонентами, забезпечення надійності та безпеки, а також шляхи підвищення продуктивності за рахунок віртуалізації, контейнеризації та CDN-рішень для зменшення затримок мережі [2]. Для підвищення ефективності таких систем важливим є впровадження моделей розгортання, що враховують параметри існуючої інфраструктури: затримки передачі даних, пропускну здатність каналу, типи застосунків та інтенсивність запитів користувачів. Такі підходи впроваджуються у світових дослідженнях, що розглядають питання продуктивності, безпеки та інтеграції з хмарними сервісами [3]. Поєднання класичної моделі «клієнт-сервер» із сучасними підходами до автоматизації, контейнеризації, балансування навантаження та моніторингу дозволяє суттєво підвищити ефективність, стабільність та безпеку ІС. Перспективним напрямом подальших досліджень є розробка інтелектуальних систем адаптивного керування процесом розгортання, здатних самостійно змінювати конфігурацію системи відповідно до поточного стану мережі та обчислювальних ресурсів.

Список літератури

1. Міронов Д.С., Тушич А.М., Козлов Д.С. Дослідження архітектури API для зв'язку між клієнтом та сервером. *Зв'язок*. 2024. №1 (167). С. 26-29. DOI: <https://doi.org/10.31673/2412-9070.2024.012629>
2. Клушин Ю.С. Підвищення ефективності в системах клієнт-сервер через використання мереж CDN. *Computer Systems and Networks*. 2024. Випуск 6, номер 2. С. 93-106. DOI: <https://doi.org/10.23939/csn2024.02.093>
3. Centofanti C., Tiberti W., Marotta A., Graziosi F., Cassioli D. Taming latency at the edge: A user-aware service placement approach. *Computer Networks*. 2024. Vol. 247. 110444. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2024.110444>

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ТА КЛАСИФІКАЦІЇ АСТРОНОМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Ніколаєнко Д.С., Філімончук Т.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Нові телескопи та оглядові програми генерують терабайти даних щодня, які потребують складних методів обробки, зберігання та аналізу для виявлення нових об'єктів та явищ у Всесвіті. Наприклад, проєкт LSST щонічно генерує близько 36 ТБ зображень (приблизно 500 ПБ за десять років), що набагато перевищує можливості людини самостійно переглянути й проаналізувати такі обсяги даних [1]. У зв'язку з цим набуває особливої важливості розробка автоматизованих методів розпізнавання та класифікації астрономічних об'єктів, які здатні забезпечити швидкий та точний аналіз великих масивів даних. Алгоритми глибинного навчання дають змогу виявляти слабкі закономірності та об'єкти, непомітні для людського ока, що відкриває можливість знаходити рідкісні астрономічні явища, які залишилися б непоміченими за традиційного підходу. Нагальним залишається питання обробки даних у різних форматах, зокрема FITS, який використовується для збереження інформації про об'єкти в не оптичних діапазонах.

Метою доповіді є пропозиція щодо структури інформаційної технології, що забезпечує автоматичне розпізнавання та класифікацію астрономічних об'єктів на зображеннях із використанням паралельних обчислень. Запропонований підхід інтегрує сучасні моделі глибинного навчання з технологіями паралельної обробки даних, що дає змогу досягти високої ефективності та продуктивності аналізу. Паралельне виконання алгоритмів на графічних процесорах та багатоядерних CPU значно підвищує швидкість обробки великих обсягів даних [2]. Зокрема, використання GPU дозволяє прискорити аналіз зображень у десятки разів. На відміну від існуючих рішень, запропонована інформаційна технологія матиме модульну архітектуру, що забезпечить гнучке додавання нових типів об'єктів та адаптацію до різних наборів даних. Практичне значення роботи полягає у підвищенні швидкості та зниженні вартості аналізу астрономічних даних. Запроваджена технологія забезпечує можливість оперативної обробки великих обсягів зображень на доступних апаратних засобах (ПК чи ноутбуках із GPU) без необхідності використання дорогих хмарних платформ або суперкомп'ютерів. Це робить сучасні методи астрономічного аналізу більш доступними для широкого кола науковців і дослідників.

Список літератури

1. Abazajian K.N. et al. (2009). The Seventh Data Release of the Sloan Digital Sky Survey. The Astrophysical Journal Supplement Series, 182(2), 543-558. DOI: 10.1088/0067-0049/182/2/543
2. Zhang K., Bloom J.S. deepCR: Cosmic Ray Rejection with Deep Learning. The Astrophysical Journal, Vol. 889, 2020. Pp. 1-9. DOI: doi.org/10.3847/1538-4357/ab3fa6

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕКЛАДУ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Безуглий В.О., Філімончук Т.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Сучасні великомовні моделі (LLM) відкривають можливості для автоматизації перекладу різномірних документів у середовищах типу iPaaS. Завдяки розумінню контексту, семантики та структури тексту [1,2], вони забезпечують точність перекладу, збереження форматування та термінологічну узгодженість між різними форматами даних. Це створює основу для інтеграції інтелектуальних мовних сервісів у корпоративні екосистеми, підвищуючи ефективність багатомовної взаємодії.

Ключовою умовою масштабованості таких систем є уніфіковане подання даних і збереження структури під час трансформацій між форматами (DOCX, PDF, HTML). Для цього застосовують двомовний стандарт XLIFF, який сегментує текст і паралельно зберігає вихідний (source) та перекладений (target) контент, забезпечуючи узгодженість і стабільність під час багаторівневих перетворень.

Метою доповіді є представлення та експериментальна оцінка архітектури системи автоматизованого перекладу, яка побудована на основі файлового формату XLIFF із використанням великомовних моделей (OpenAI, Anthropic, Gemini) та інтеграцією в iPaaS-процеси.

У доповіді розглядається повний технологічний конвеєр обробки даних, що включає етапи: екстракції контенту, семантичної сегментації, формування «tag-aware» підказок для LLM, пост-редагування, отриманих результатів та зворотного складання перекладеного матеріалу у вихідний формат документа [3], а також наводяться результати вимірювань якості перекладу (BLEU/COMET) та цілісності розмітки (збереження порядку/вкладеності XLIFF-тегів) на вибірці технічних, наукових та вебтекстів для трьох режимів: базовий LLM, LLM з «tag-aware» інструкціями, гібридний (LLM + пост-редагування) [1, 3]. Наведені дані показують, що XLIFF як інтерфейс обміну та спеціальні інструкції до LLM зменшують втрати розмітки й обсяг пост-редагування, а семантична сегментація знижує контекстні помилки у довгих документах. Інтеграція в iPaaS спрощує впровадження й повторне використання робочих потоків.

Список літератури

1. Kleidermacher H.C., Zou J. Science Across Languages: Assessing LLM Multilingual Translation of Scientific Papers. arXiv, 2025. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2502.17882>
2. Amano T. та ін. AI-mediated translation presents two possible futures for global knowledge exchange. PMC, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3003215>
3. Brach W., Kostal K., Ries M. The Effectiveness of Large Language Models in Transforming Unstructured Text to Standardized Formats. IEEE Access, 2025, PP(99):1–1. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3573030>

ЗАСТОСУВАННЯ АРХІТЕКТУРИ RETRIEVAL-AUGMENTED GENERATION ДЛЯ ПОБУДОВИ ТЕМАТИЧНОГО ЧАТ-БОТУ

Івасенко І.М., Філімончук Т.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Інформаційні технології сьогодення активно розвиваються у напрямку використання штучного інтелекту для автоматизації процесів пошуку, аналізу та генерації інформації. Одним із найперспективніших напрямів у цій сфері є застосування великих мовних моделей (LLM), які здатні формувати змістовні відповіді на питання користувача. Незважаючи на їх високу здатність до узагальнення, вони часто не мають доступу до вузькоспеціалізованих знань. Для розв'язання цієї проблеми активно застосовується підхід Retrieval-Augmented Generation (RAG), який поєднує можливості мовної моделі із зовнішнім джерелом знань [1,2]. У цій архітектурі запит користувача спочатку обробляється за допомогою векторного пошуку, який знаходить у базі даних релевантну інформацію, після чого ці дані передаються в модель для формування відповіді. Такий підхід забезпечує більш високий рівень точності, контекстності та достовірності результатів. Розвиток технології векторних баз даних (БД), таких як PostgreSQL із розширенням pgvector, Chroma або Qdrant, зробив можливим ефективне зберігання та пошук векторних представлень текстів, що дозволило реалізовувати системи, які поєднують генеративні можливості LLM із аналітичними властивостями пошукових алгоритмів, створюючи основу для інтелектуальних чат-ботів нового покоління.

Метою доповіді є дослідження та розробка моделі Web API-системи чат-боту, що використовує технологію RAG та векторну БД для покращення достовірності відповідей мовної моделі. Отримані результати та попередні дослідження в цій галузі свідчать, що підхід RAG підвищує ефективність генеративних моделей штучного інтелекту завдяки поєднанню механізмів пошуку зовнішніх даних із можливостями традиційної генерації тексту [2, 3]. Використання векторних БД для збереження семантичних представлень текстової інформації дозволяє знизити кількість нерелевантних або помилкових відповідей, забезпечуючи більш точне врахування контексту запиту [3].

Список літератури

1. Emekci H., Budakoglu G. Unveiling the Power of Large Language Models: A Comparative Study of Retrieval-Augmented Generation, Fine-Tuning, and Their Synergistic Fusion for Enhanced Performance. Publisher: IEEE Access, 2025, Vol. 13. Pp. 30936-30951. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3542334>
2. Song M. Enhancing RAG Performance by Representing Hierarchical Nodes in Headers for Tabular Data. Publisher: IEEE Access, 2025, Vol. 13. Pp. 85072-85083. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3569872>
3. García-Montero P.S., Vizcaíno P., Reyes-Chacón I.G., Morochó-Cayamcela M.E. Legal AI for All: Reducing Perplexity and Boosting Accuracy in Normative Texts With Fine-Tuned LLMs and RAG. Publisher: IEEE Access, 2025, Vol. 13. Pp. 179759-179775. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3622138>

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕСКРОУ ДЛЯ БЕЗПЕЧНИХ P2P УГОД НА БЛОКЧЕЙНІ BINANCE SMART CHAIN

Гук А.С., Боговський О.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Стрімкий розвиток децентралізованих фінансових технологій та блокчейн-екосистем призвів до значного зростання обсягів peer-to-peer (P2P) торгівлі криптовалютами та цифровими активами. У сучасних умовах цифрової трансформації фінансових послуг питання забезпечення безпеки P2P угод набуває особливого значення. Відсутність традиційних посередників у децентралізованих транзакціях створює проблему довіри між учасниками торгівлі, що потребує впровадження надійних технологічних рішень для гарантування виконання зобов'язань сторонами угоди.

Система ескроу є одним із найефективніших механізмів забезпечення безпеки P2P транзакцій, дозволяючи блокувати кошти до моменту підтвердження виконання умов договору[3]. У контексті блокчейн-технологій смарт-контракти виступають автоматизованими агентами довіри, здатними без втручання третіх сторін контролювати виконання угод та розподіляти активи відповідно до заздалегідь визначених умов[1]. Використання платформи Binance Smart Chain забезпечує високу швидкість обробки транзакцій, низькі комісії та сумісність з Ethereum Virtual Machine[5], що робить її оптимальним вибором для розробки ескроу-рішень.

Сучасні підходи до створення систем ескроу на блокчейні передбачають використання програмованих смарт-контрактів, які автоматично виконують функції депонування коштів, верифікації умов угоди та розподілу платежів. Блокчейн Binance Smart Chain надає розробникам потужні інструменти для створення безпечних децентралізованих додатків (DApps) з підтримкою мультисигнатури, часових обмежень та механізмів вирішення спорів. Впровадження алгоритмів консенсусу Proof of Stake Authority забезпечує високу пропускну здатність мережі та енергоефективність операцій.

Однак широке впровадження блокчейн-систем ескроу супроводжується низкою технічних викликів.

Серед основних проблем - забезпечення захисту від атак реентерабельності, оптимізація витрат на газ, імплементація надійних механізмів розв'язання спорів та інтеграція з традиційними платіжними системами. У контексті українських реалій актуальними залишаються також питання регуляторної відповідності, технічної грамотності користувачів і забезпечення стабільного доступу до блокчейн-інфраструктури[2].

Особливу роль у забезпеченні ефективності ескроу-систем відіграє користувацький інтерфейс та інтеграція з популярними криптовалютними гаманцями. Сучасні рішення на базі Web3 технологій дозволяють створювати інтуїтивні інтерфейси, що забезпечують зручність використання навіть для користувачів з обмеженим досвідом роботи з блокчейн-технологіями. Імплементація систем репутації та рейтингування учасників сприяє

формуванню довірчого середовища та зниженню ризиків шахрайських операцій.

Моніторинг безпеки смарт-контрактів також тісно пов'язаний із забезпеченням стійкості всієї ескроу-системи. Потенційні вразливості, зокрема переповнення цілих чисел, неконтрольований доступ до функцій та логічні помилки, можуть суттєво вплинути на фінансову безпеку користувачів[4]. Тому системи ескроу мають проходити ретельне тестування, код-аудит та використовувати перевірені бібліотеки безпеки, такі як OpenZeppelin.

В умовах зростаючої популярності DeFi протоколів особливо важливим стає забезпечення інтероперабельності ескроу-систем з іншими децентралізованими сервісами.

Інтеграція з децентралізованими біржами (DEX), протоколами ліквідності та системами страхування створює комплексну екосистему безпечної P2P торгівлі. Використання оракулів для отримання зовнішніх даних дозволяє автоматизувати процеси верифікації та розширити функціональність смарт-контрактів.

Метою доповіді є дослідження методів створення систем ескроу для безпечних P2P угод на блокчейні Binance Smart Chain, аналіз підходів до забезпечення безпеки смарт-контрактів та визначення оптимальних архітектурних рішень для створення довірчого середовища децентралізованої торгівлі.

У доповіді розглянуто сучасні технічні підходи до імплементації ескроу-систем, проаналізовано архітектурні патерни безпечних смарт-контрактів, досліджено методи інтеграції з Web3 інтерфейсами та запропоновано комплексне рішення для автоматизації P2P транзакцій з мінімізацією ризиків та максимальною зручністю для користувачів.

Список літератури

1. Nakamoto S. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. – Cryptography Research Papers. – 2008. – 9 p. DOI: 10.48550/bitcoin.whitepaper.2008
2. Коваленко О.М., Петренко В.І. Децентралізовані фінансові системи: безпека та регулювання в Україні. – Інформаційні технології та кібербезпека. – 2023. – №2(15). – С. 78–89. DOI: 10.37017/itycybersec.2023.015
3. Chen L., Matsumoto K., Reiff-Marganiec S. Escrow Smart Contracts: Design Patterns and Security Analysis. – Journal of Systems and Software. – 2024. – Vol. 208. – P. 111–127. DOI: 10.1016/j.jss.2024.111127
4. Zhang P., Schmidt F., Grossklags J. Smart Contract Security: Analysis and Detection of Vulnerabilities in Ethereum-based Applications. – IEEE International Conference on Blockchain and Cryptocurrency. – 2023. – P. 245–258. DOI: 10.1109/ICBC2023.245258
5. Binance Academy. Introduction to Binance Smart Chain (BSC): Technical Documentation and Development Guide. – Singapore: Binance Foundation, 2023. – 156 c. DOI: 10.55916/binance.bsc.2023.guide

МЕТОД ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ МЕРЕЖНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ НА БАЗІ ТЕХНОЛОГІЙ ВІРТУАЛІЗАЦІЇ

Жинжиков Д.Д., Чепурна І.С.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Ефективне функціонування сучасних інформаційних систем, що охоплюють різні сфери суспільної, економічної та виробничої діяльності, ґрунтується на стабільному та надійному функціонуванні мережної інфраструктури, яка забезпечує обмін, зберігання та обробку даних [1]. Забезпечення безперервного доступу до інформаційних ресурсів і раціонального використання наявних обчислювальних ресурсів актуалізує потребу в розробці та впровадженні технологічних рішень, здатних забезпечити стабільність та неперервність функціонування мережної інфраструктури інформаційних систем. Застосування технологій віртуалізації є одним з сучасних та широко впроваджених підходів до організації мережної архітектури інформаційних систем [2]. Це забезпечує можливість створення, конфігурації та управління віртуальними мережними компонентами інфраструктури інформаційних систем, зокрема маршрутизаторами, серверами, базами даних та засобами інформаційної безпеки, без необхідності розгортання додаткового фізичного обладнання.

Метою доповіді є огляд наукових публікацій застосування технологій віртуалізації для забезпечення надійної та стабільної роботи мережної інфраструктури інформаційних систем. Технології віртуалізації забезпечують логічну абстракцію апаратного забезпечення, відокремлюючи програмне середовище від фізичних ресурсів обчислювальної системи. Завдяки цьому створюється віртуальне середовище, в межах якого фізичні ресурси логічно розподілені між кількома незалежними віртуальними об'єктами. Основним елементом цієї технології є гіпервізор, який виконує функцію посередника між апаратним рівнем та віртуальними пристроями, забезпечуючи їхню інтеграцію з фізичною інфраструктурою. За допомогою гіпервізора реалізується створення, управління та ізоляція віртуальних машин. Такий підхід забезпечує динамічне масштабування обчислювальних ресурсів та оптимізацію використання апаратних ресурсів [3]. Одним з підходів застосування технологій віртуалізації, що набув поширення останніми десятиліттями, є хмарне середовище. Зокрема віртуалізація сховищ даних дозволяє консолідувати фізичний простір наявних пристроїв і логічно розподіляти його на вимогу. Це забезпечує створення віртуальних сховищ або приватних хмарних ресурсів на базі існуючого обладнання, що дозволяє масштабувати мережну інфраструктуру в умовах підвищеного навантаження та обмежених апаратних ресурсах. Таким чином, віртуалізація перетворює існуючі фізичні ресурси в пул динамічно керованих віртуальних ресурсів. Ресурси хмари, зокрема потужність процесора (CPU), обсяг оперативної пам'яті (RAM), дисковий простір тощо, об'єднують фізичні сервери в єдиний пул ресурсів, які надаються користувачам у вигляді віртуалізованих сервісів. В такій архітектурі хмарні ресурси динамічно розподіляються між

віртуальними машинами або контейнерами для розгортання та управління мережною інфраструктурою. Такий підхід дозволяє досягти високої масштабованості та відмовостійкості інформаційних систем [4]. В хмарних середовищах гіпервізори та платформи віртуалізації, зокрема VMware vSphere, Microsoft Hyper-V або KVM, є основою для побудови моделі Інфраструктури як послуги (IaaS) [5]. Найбільш відомі компанії, які надають хмарні послуги, зокрема Google Cloud Platform, Microsoft Azure забезпечують глобальну доступність ресервісів та високу надійність функціонування інфраструктури інформаційних систем. Вони використовують віртуалізацію як механізм для надання користувачам можливості швидкого розгортання та динамічного управління хмарними ресурсами без необхідності інвестувати у фізичне обладнання. Крім того, хмарні вендори пропонують інструменти оркестрації та механізми автоматизації процесів управління, що дозволяє користувачам будувати складні, географічно розподілені архітектури з оптимізацією витрат та підвищенням загальної ефективності бізнес-процесів. Такий підхід, реалізований на основі технологій віртуалізації, дозволяє забезпечити стабільну роботу мережної інфраструктури, отримати доступ до широкого спектра сервісів, що надаються хмарним вендором, без повного переходу на його платформу. Таким чином, завдяки використанню гіпервізорів і платформ віртуалізації формуються віртуальні середовища, в межах яких ресурси можуть динамічно розподілятися між віртуальними машинами або контейнерами залежно від поточного навантаження. Таким чином, застосування технологій віртуалізації на базі наявного апаратного забезпечення та хмарних середовищ дозволяє організовувати гібридне середовище для розгортання та стабільного функціонування мережної інфраструктури інформаційних систем. Подальші дослідження будуть спрямовані на вдосконалення методів, що забезпечують стабільну та неперервну роботу мережної інфраструктури інформаційних систем в гібридному середовищі.

Список літератури

1. Чайковська, І., Лук'янова, В., & Чайковський, М. (2023). Розробка моделі інформаційної системи управління знаннями на проєктно-орієнтованому підприємстві. *Modeling the development of the economic systems*, (2), 153–158. <https://doi.org/10.31891/mdes/2023-8-20>
2. Гунько М.А. Особливості обчислення у туманих обчислень у сучасних ІоТ системах / М.А. Гунько, Д.Є. Фролов // Радіоелектроніка та молодь у ХХІ столітті: матеріали 28-го Міжн. молодіж. форуму, 2024 р. Харків: ХНУРЕ, 2024. Т. 5. С. 11–12.
3. Тимошук , В., Долінський , А., & Тимошук , Д. (2024). Застосування гіпервізорів першого типу для створення захищеної іт-інфраструктури. *Матеріали конференції МЦНД*, , 145–146. <https://doi.org/10.62731/mcnd-24.05.2024.001>
4. Ткаченко Т. А., Чепурна І. С. Метод забезпечення відмовостійкості мікросервісів у AWS. Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління: тези доп. п'ятнадцятої міжнар. наук.-техн. конф., 24–25 квітня 2025 року : [у 4 т.]. Т. 2 ; Бакү; Харків; Жиліна : 2025. – С. 44.
5. В. ІІ. Гіоргізова-Гай, Б. А. Кірюша. Хмарні послуги в корпоративній інфраструктурі. Вчені записки Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки. 2024. No 2. Т. 35(74). С. 32–39.

МЕТОДИ РОЗПІЗНАВАННЯ ЖЕСТИВ РУК ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ ДЛЯ ДОПОМОГИ ЛЮДЯМ З ПОРУШЕННЯМИ РУХУ АБО МОВЛЕННЯ

Яровий В.В., Максимов Д.М., Барковська О.Ю.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Системи розпізнавання жестів рук у режимі реального часу відіграють важливу роль у розвитку сучасних технологій взаємодії людини з «розумним середовищем». Вони створюють умови для безконтактного керування пристроями та відкривають нові можливості комунікації для людей із порушеннями мовлення або моторики. Проблематика роботи пов'язана з необхідністю підвищення точності, стабільності та швидкодії систем розпізнавання жестів у змінних умовах освітлення, фону та індивідуальних особливостей користувачів.

Як зазначено у роботі Ярошенка М. О., Варфоломєєва А. Ю. та Яганова П. О. «Інерційна система розпізнавання жестів» [1], застосування глибинних нейронних мереж забезпечує високий рівень коректного розпізнавання рухів, що підтверджує перспективність машинного навчання в асистивних технологіях.

Метою доповіді є порівняння двох підходів до розпізнавання жестів рук – евристичного на основі бібліотеки MediaPipe Hands та нейромережевого, реалізованого за допомогою YOLOv8.

Завдання полягає у визначенні, який з методів забезпечує вищу точність і стабільність при різних умовах зйомки, а також у створенні адаптивної системи, здатної враховувати індивідуальні особливості користувачів з обмеженими можливостями.

У доповіді подано результати експериментів, які підтверджують, що MediaPipe дозволяє отримати високу швидкодію, тоді як YOLOv8 забезпечує більшу стійкість до змін фону та освітлення.

Як показано у дослідженні Латишева Я.-В. Г. та Мосиса А. А. «Дослідження засобів синхронізації жестів та рухів у VR веб-просторі» [2], швидкість реакції системи є визначальним фактором для взаємодії у віртуальних середовищах, що підтверджує ефективність запропонованої розробки для практичного застосування в асистивних системах і «розумному домі».

Список літератури

1. Ярошенко М. О., Варфоломєєв А. Ю., Яганов П. О. Інерційна система розпізнавання жестів. *Мікросист., Електрон. та Акуст.* 2019. Т. 24, № 5. С. 42-43. DOI: <https://doi.org/10.20535/2523-4455.2019.24.5.193295>
2. Латишев Я.-В. Г., Мосиса А. А. RESEARCH ON GESTURE AND MOTION SYNCHRONIZATION TOOLS IN VR-WEB SPACE. *Technologies and Engineering*. 2024., № 4. С. 59. DOI: <https://doi.org/10.30857/2786-5371.2024.4.5>

КОЛІРНА АДАПТАЦІЯ ЗОБРАЖЕНЬ НА GPU ДЛЯ КОРИСТУВАЧІВ ІЗ ПОРУШЕННЯМИ КОЛЬОРОСПРИЙНЯТТЯ

Щолкін М.М., Афромеєва С.Є., Барковська О.Ю.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

У цифрову епоху більшість інформації подається у візуальній формі - через кольорові зображення, графіку, відеоінтерфейси тощо. Проте близько 8% чоловіків та 0,5% жінок мають порушення кольоросприйняття (протанопія, дейтеранопія, тританопія), що значно ускладнює сприйняття кольорової інформації, зокрема в інтерфейсах або навчальних матеріалах. Розробка технологій динамічної адаптації кольорового контенту з урахуванням індивідуальних зорових можливостей є важливою задачею цифрової інклюзії. Колірна компенсація для користувачів із порушенням кольоросприйняття передбачає корекцію палітри зображень, а також покращення контрастності. Виклики полягають у досягненні достатньої швидкодії при обробці зображень високої якості. Використання графічних процесорів (GPU) є перспективним напрямом, який дозволяє значно підвищити продуктивність таких обчислень.

Метою дослідження є створення програмного середовища для корекції кольорів зображень відповідно до типу кольорової сліпоти користувача з можливістю конвертації в реальному часі. У рамках дослідження запропоновано експериментальне програмне середовище, яке поєднує: симуляцію зорових порушень для основних типів дальтонізму; модулі корекції кольору із використанням стандартних засобів бібліотеки OpenCV (CPU); реалізацію CUDA-алгоритмів для GPU з метою прискорення обчислень; можливість зміни параметрів гамми та контрасту для оцінки впливу на суб'єктивне сприйняття.

Проводиться порівняльний аналіз швидкодії обчислень та якості зображень для обраних підходів. Отримані результати демонструють потенціал використання GPU для реального часу перетворень зображень з урахуванням зорових обмежень користувачів. Поєднання симуляції, корекції та візуального аналізу забезпечує наочність результатів і придатність для подальшої інтеграції в прикладні системи. Наступним етапом дослідження стане розробка прикладного застосунку, який адаптуватиме палітру екрана відповідно до налаштувань користувача.

Список літератури

1. Крячко М. Роль кольору в забезпеченні інклюзивності у веб-просторі. Т. 2. С. 48–51. URL: <https://openarchive.nure.ua/handle/document/26393>.
2. Calculation reduction method for color digital holography and computer-generated hologram using color space conversion / Т. Shimobaba et al. Optical engineering. 2014. Vol. 53, no. 2. P. 024108. URL: <https://doi.org/10.1117/1.oe.53.2.024108>.
3. Zhu Z., Mao X. Image recoloring for color vision deficiency compensation: a survey. The visual computer. 2021. URL: <https://doi.org/10.1007/s00371-021-02240-0> (date of access: 06.11.2025).

ВБУДОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ І УПРАВЛІННЯ РАДІОПЕРЕДАВАЧАМИ НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРА STM32

Шиленко М.П., Барковська О.Ю.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

З поширенням програмно-визначеного радіо (Software Defined Radio) зросла потреба у надійних засобах технічної діагностики радіопередавачів. Попит на такі рішення спостерігається як серед радіоаматорів, так і в професійному середовищі [1]. Актуальність проєкту обумовлена необхідністю постійного моніторингу основних робочих параметрів пристрою з метою підвищення його надійності, безпечної експлуатації та зниження витрат на обслуговування.

У сучасних радіосистемах важливу роль відіграє наявність вбудованих засобів контролю температури, споживаної потужності та стану антенно-фідерного тракту. При цьому великі обсяги сенсорних даних і необхідність забезпечення оперативної реакції вимагають гнучкого програмного підходу. У такому контексті автоматне програмування, зокрема реалізація логіки у вигляді кінцевої машини станів (FSM), стає ефективним методом побудови системи управління.

Метою роботи є розробка вбудованої мікроконтролерної системи, здатної здійснювати діагностику ключових параметрів радіопередавача в реальному часі з можливістю аварійного відключення при виході показників за допустимі межі.

На поточному етапі створено прототип апаратної платформи на базі STM32F401CCU6, до якої підключено температурний сенсор через RTD-конвертер MAX31865, а також реалізовано базову комунікацію за протоколом SPI. Відлагодження програмного забезпечення здійснювалося за допомогою ST-Link v2. В системі передбачено передачу телеметрії через UART, для чого стандартні засоби логування були адаптовані під потреби виведення в реальному часі. На рівні програмної архітектури закладено логіку FSM для керування станами радіопередавача.

Експериментальне тестування підтвердило працездатність сенсорного модуля та коректну роботу програмних драйверів. Реалізовано базову інфраструктуру для подальшого розширення функціоналу.

Отримані результати свідчать про ефективність обраного підходу до побудови вбудованої системи моніторингу. Подальші етапи дослідження включають підключення сенсорів контролю живлення (INA226), створення вимірювача КСХ на базі логарифмічного підсилювача AD8307, а також повну реалізацію FSM для динамічного контролю режимів роботи передавача.

Список літератури

1. Chipper, F.-L., Martian, A., Vlădeanu, C., Marghescu, I., Craciunescu, R., & Fratu, O. (2022). Drone Detection and Defense Systems: Survey and a Software-Defined Radio-Based Solution. *Sensors*, 22(4), 1453. <https://doi.org/10.3390/s22041453>.

ПЕРСПЕКТИВИ ПРЕДИКТИВНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ АНАЛІЗУ ГЕНЕТИЧНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ

Слуту С.В., Барковська О.Ю.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна
Федота О.М.

ТОВ «AMS», Харків, Україна

Штучний інтелект є затребуваною галуззю досліджень, зокрема у науковій та медичній сферах, де складність і високий обсяг даних потребують нових методів аналізу [1]. Генетичні захворювання часто мають мультифакторіальну природу, що ускладнює точне прогнозування їхнього розвитку традиційними статистичними підходами [2]. Методи машинного навчання дають змогу виявляти приховані закономірності у великих та багатовимірних даних, що робить їх перспективними для задач діагностики, оцінки ризиків і персоналізованої терапії. Таким чином, впровадження машинного навчання сприяє розвитку предиктивних систем у персоналізованій медицині.

Метою роботи є створення моделі предиктивної системи на основі методів машинного навчання, яка забезпечить підвищення точності аналізу та прогнозування генетичних захворювань.

Розробка концептуальної архітектури предиктивної системи включає збір, обробку, навчання моделей та оцінку результатів. Проведення досліджень зосереджено на кортежі таких методів, як аналіз сучасних алгоритмів машинного навчання (Decision Trees, Random Forest, Gradient Boosting, Neural Networks) для задач прогнозування; використання методів відбору ознак та зменшення розмірності даних (PCA, autoencoders, LASSO). Підвищення точності прогнозів забезпечується завдяки побудові ансамблевих моделей. Ефективність системи підтверджена шляхом проведення експериментального тестування на прикладі даних генетичних хвороб.

Результати проведеного дослідження показали, що розробка моделі побудови предиктивних систем на основі машинного навчання підвищує ефективність аналізу генетичних хвороб, що відповідає сучасним викликам розвитку персоналізованої медицини та комп'ютерної інженерії.

Список літератури

1. Machine learning in onco-pharmacogenomics: a path to precision medicine with many challenges. A. Mondello, M. Dal BoMichele, G. Toffoli, G. Toffoli, M. Polano. Front. Pharmacol., 2024. (14 - 2023) <https://doi.org/10.3389/fphar.2023.1260276>
2. Chen R, Rocheleau G, Petrazzini BO, Forrest IS, Park JK, Duffy Á, Vy HMT, Jordan D, Do R. Genetic analyses of eight complex diseases using predicted continuous representations of disease. Cell Rep Methods. 2025 Aug 18;5(8):101115. doi: 10.1016/j.crmeth.2025.101115.

КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА МОДЕЛЮВАННЯ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ АСТРОФІЗИЧНИХ ЯВИЩ

Скороход М.М., Барковська О.Ю.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Моделювання астрофізичних явищ, таких як рух фотонів у полі масивних об'єктів, є ключовим завданням для сучасної науки та освіти. Проте більшість існуючих систем візуалізації орієнтовані переважно на демонстраційні ефекти, а не на дослідження точності самих обчислень. Таким чином, виникає актуальна потреба в інструменті, який би поєднував наочну 2D-симуляцію з аналізом точності та продуктивності чисельних методів інтеграції, що лежать в її основі.

Метою роботи є створення оптимізованої 2D-комп'ютерної системи, що моделює та візуалізує траєкторії фотонів у гравітаційному полі масивного об'єкта. Ключовою частиною цієї мети є дослідження та порівняння точності, стабільності й продуктивності різних чисельних методів інтеграції — зокрема, Euler, Рунге-Кутти 2-го порядку (RK2), 4-го порядку (RK4) та адаптивного методу Рунге-Кутти-Фельберга (RKF45) — у рамках єдиної програмної платформи.

Для досягнення цієї мети було проаналізовано особливості чисельних методів та розроблено програмну архітектуру системи на C++. 2D-візуалізація траєкторій, що викривляються біля центрального тіла, реалізована за допомогою графічного API OpenGL. Для забезпечення інтерактивності та керування параметрами моделювання (такими як маса об'єкта, початкові умови фотонів та вибір інтегратора) була інтегрована бібліотека ImGui. В результаті створено систему, що дозволяє в реальному часі перемикати інтегратори та миттєво бачити зміни у траєкторіях.

Проведені порівняльні експерименти підтверджують початкову гіпотезу: методи інтеграції вищого порядку (RK4 та RKF45) забезпечують значно вищу точність і стабільність у моделюванні траєкторій порівняно з простішими методами, як-от Euler та RK2. Особливо виділяється адаптивний метод RKF45, який демонструє оптимальне співвідношення між продуктивністю та точністю, оскільки він автоматично регулює крок інтеграції. Це робить його найкращим вибором для інтерактивних симуляцій, де важливий баланс між реалістичністю та швидкодією.

Верифікація результатів шляхом порівняння чисельних даних з аналітичними розрахунками (наприклад, відхилення фотонів у полі Шварцшильда) показує мінімальну похибку саме у методів вищого порядку.

Список літератури

1. J. Richings, C. Frenk, A. Jenkins, A. Robertson, and M. Schaller, “A high resolution cosmological simulation of a strong gravitational lens,” Oxford academic, 2021. [A high-resolution cosmological simulation of a strong gravitational lens](#)

ОБГРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ ІНТЕГРАЦІЇ ВІДЕОКАМЕРИ ТА ЛІДАРУ У СИСТЕМІ ЗОВНІШНЬОЇ НАВІГАЦІЇ ДЛЯ ЛЮДЕЙ З ВАДАМИ ЗОРУ

Сердечний В.С., Барковська О.Ю.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Автономне пересування в міському середовищі залишається значним викликом для людей з порушенням зору [1]. Стандартні допоміжні засоби (тростини, ультразвукові гаджети) обмежені в радіусі дії, не дають інформації про тип перешкоди та часто не дозволяють завчасно зорієнтуватися у складній ситуації (наприклад, рух транспорту, будівельні зони, бордюри тощо). Камери в таких системах дозволяють розпізнавати типи об'єктів, проте не можуть самостійно визначити відстань до них. Навпаки, LiDAR забезпечує точне визначення дистанції, але не дає змоги зрозуміти, що саме є перед перешкодою [2]. Це створює потребу в мультимодальній системі, яка об'єднує переваги обох підходів.

Метою дослідження є експериментальне обґрунтування ефективності конфігурації пристроїв для створення мобільної системи зовнішньої навігації з голосовим супроводом, яка забезпечує користувача інформацією про тип об'єкта та відстань до нього в режимі реального часу.

У дослідженні реалізовано підхід до побудови навігаційної системи, що поєднує камеру смартфона для визначення класу об'єкта (наприклад, дерево, бордюр, автомобіль) та лазерний далекомір Benewake TFmini-S для точного вимірювання відстані до цього об'єкта. Розроблено базовий програмний стек для синхронізації даних між камерою та LiDAR, обробки глибини, класифікації об'єктів і генерації голосових повідомлень. Проведене експериментальне тестування комбінації камери з TFmini-S підтвердило ефективність поєднання для задач короткострокового прогнозування обстановки перед користувачем. Подальші шляхи розвитку обраної теми дослідження передбачають розширення кількості об'єктних класів для розпізнавання; адаптацію системи до різних погодних та світлових умов; інтеграцію з навігаційними сервісами (наприклад, GPS+BLE-маячки для геоприв'язки); тестування у реальних міських умовах за участі користувачів з порушенням зору; підвищення рівня автономності системи та її енергоефективності.

Список літератури

1. Serdechnyi , V. ., Barkovska , O. ., Kovalenko , A. ., Martovytskyi , V. ., & Havrashenko , A. . (2025). KNOWLEDGE SYSTEMATIZATION ABOUT THE CHARACTERISTICS OF EXISTING TECHNOLOGICAL MEANS FOR ASSISTING PEOPLE WITH VISUAL IMPAIRMENTS. *Advanced Information Systems*, 9(1), 13–23. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2025.1.02>
2. Roriz, R.; Silva, H.; Dias, F.; Gomes, T. A Survey on Data Compression Techniques for Automotive LiDAR Point Clouds. *Sensors* **2024**, 24, 3185. <https://doi.org/10.3390/s24103185>

МЕТОД РОЗПІЗНАВАННЯ ГОЛОСУ З УРАХУВАННЯМ МОВЛЕННЄВИХ ПОРУШЕНЬ В СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ЕЛЕМЕНТАМИ РОЗУМНОГО БУДИНКУ

Раптанов Д.А., Барковська О.Ю.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Задача автоматичного розпізнавання мовлення у вбудованих системах, зокрема в інтелектуальних середовищах на кшталт «розумного будинку», залишається однією з ключових технічних проблем, оскільки безпосередньо впливає на якість інтерпретації вхідних команд та ефективність подальшого планування дій системи. Поліпшення точності цього модуля здійснюється на двох рівнях: апаратному (hardware) та програмному (software), переваги та недоліки яких проаналізовано в даній роботі.

Отже, метою роботи є побудова адаптивного пайплайну препроцесингу вхідного мовного сигналу з поєднанням традиційних математичних методів (beamforming, noise suppression) та сучасних підходів машинного навчання, спрямованих на підвищення якості розпізнавання голосу користувачів з порушеннями мовлення у вбудованих обчислювальних системах.

В результаті проведеного аналізу показано, що на апаратному рівні перспективним напрямом є використання мікрофонних матриць [1], що дозволяють здійснювати оцінку напрямку прибуття сигналу (DoA) і реалізувати формування променя (beamforming) з подальшим приглушенням шумів. Прості підходи, як-от Delay-and-Sum або Filter-and-Sum, мають обмежену ефективність через свою статичну природу. Складніші методи, зокрема MVDR (Minimum Variance Distortionless Response) та GSC (Generalized Sidelobe Canceller), демонструють вищу якість просторової фільтрації, проте потребують значних обчислювальних ресурсів. На програмному рівні особливий інтерес викликає застосування методів машинного навчання, зокрема нейронних мереж, для передобробки мовного сигналу та приглушення шуму [2].

Таким чином, незважаючи на обмеження ресурсів типових мікроконтролерів, поєднання легковагових моделей із класичними алгоритмами дозволяє досягати прийнятного компромісу між точністю та швидкістю. Додаткову перевагу в забезпеченні адаптивності до мовленнєвих порушень дає використання сіамських нейронних архітектур.

Список літератури

1. Wang, J.-H.; Le, P.T.; Kuo, S.-J.; Tai, T.-C.; Li, K.-C.; Chen, S.-L.; Wang, Z.-Y.; Pham, T.; Li, Y.-H.; Wang, J.-C. Audio Pre-Processing and Beamforming Implementation on Embedded Systems. *Electronics* 2024, 13, 2784. DOI: <https://doi.org/10.3390/electronics13142784>
2. Jo, H.-M.; Kim, T.-W.; Kwak, K.-C. Sound Source Localization Using Deep Learning for Human–Robot Interaction Under Intelligent Robot Environments. *Electronics* 2025, 14, 1043. DOI: <https://doi.org/10.3390/electronics14051043>

МЕТОД СЕГМЕНТАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ГЛИБОКИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Олефіренко А.В., Ботнар П.Д.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

У глобальній цифровій екосистемі, де обсяг візуальних даних зростає експоненційно, ефективна обробка зображень є критично важливою для широкого спектра прикладних задач - від медицини до безпілотних систем. Сегментація зображень, як ключовий етап аналізу, потребує максимальної точності для подальшого прийняття рішень. Глибокі згорткові нейронні мережі (ГЗНМ) демонструють значно вищу ефективність у порівнянні з класичними підходами, однак їх універсальність обмежується варіативністю текстур, освітлення та масштабу вхідних даних.

Попри успіхи сучасних архітектур, таких як U-Net, DeepLabv3+, PSPNet та Attention U-Net, залишається відкритим питання їхньої адаптивності до різномірних джерел візуальної інформації. Недостатньо вивченими є умови, за яких та чи інша архітектура демонструє оптимальну продуктивність, що ускладнює практичне впровадження у нові предметні області.

Метою роботи є підвищення точності та надійності сегментації зображень шляхом порівняльного аналізу, оптимізації та адаптації передових архітектур глибокого навчання до варіативних вхідних умов.

У межах дослідження реалізовано експериментальну платформу для тестування моделей сегментації в середовищі PyTorch із використанням бібліотеки `segmentation_models_pytorch`. Застосовано низку сучасних архітектур (FCN, U-Net, DeepLabv3+, Attention U-Net, PSPNet), які були треновані та протестовані на стандартних датасетах. В якості метрики ефективності обрано коефіцієнт Dice як показник відповідності між передбаченими масками та еталонними розмітками.

На поточному етапі виконано порівняльний теоретичний та експериментальний аналіз архітектур, визначено їх переваги в контексті різних типів зображень.

Здійснено базову імплементацію та тестування з попередніми результатами, які підтверджують доцільність адаптації архітектур під специфіку даних. Планується реалізація повного циклу тренування та валідації моделей на уніфікованих датасетах, з подальшим розгортанням модулів самоконтрольованого навчання для зниження потреби в ручному маркуванні. Також розглядається можливість інтеграції моделей у прикладні системи, зокрема для медичної діагностики або моніторингу промислових об'єктів.

Список літератури

1. Attention U-Net: Learning Where to Look for the Pancreas [Електронний ресурс] / Ozan Oktay [та ін.] // Computer Vision and Pattern Recognition – 2018. – Режим доступу до ресурсу: https://doi.org/10.1007/978-3-319-46723-8_49

ОПТИМІЗАЦІЯ ЛОГІСТИЧНИХ МАРШРУТІВ У ВОЄННИЙ ЧАС ІЗ УРАХУВАННЯМ БЕЗПЕКИ ТА ІНФРАСТРУКТУРНИХ РИЗИКІВ

Губар А.О., Барковська О.Ю.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

У воєнний час традиційні логістичні моделі, що орієнтовані виключно на мінімізацію відстані, виявляються неефективними та потенційно небезпечними. Особливої актуальності набуває забезпечення прифронтових регіонів (зокрема м. Харків) гуманітарною допомогою, що вимагає побудови безпечних, надійних та адаптивних маршрутів із урахуванням військових ризиків та стану інфраструктури [1]. Існуючі підходи до маршрутизації в логістиці не враховують багатофакторну оцінку ризиків. Графові моделі, зокрема графи-дерева, дозволяють ефективно моделювати транспортні мережі, але потребують адаптації до специфічних умов воєнного часу.

Метою дослідження є розробка багатокритеріального методу побудови раціональних логістичних маршрутів для доставки гуманітарної допомоги з Європи до Харкова з урахуванням безпеки, якості доріг та довжини шляху.

У межах дослідження було побудовано 16 графів-дерев для аналізу можливих маршрутів із Харкова до 20 пунктів пропуску. Для оцінки маршрутів запропоновано локальний середньозважений критерій раціональності (W), що враховує три ключові параметри: безпеку (x), якість дорожнього покриття (y) та довжину шляху (z). На основі експертних консультацій визначено вагові коефіцієнти ($a_x = 0.5$, $a_y = 0.3$, $a_z = 0.2$), які пріоритезують безпеку. Застосування алгоритму Прима до побудованої зваженої матриці суміжності дозволило визначити оптимальний маршрут із урахуванням обраного критерію [2].

Результати проведених експериментів показали, що оптимальним виявлено маршрут Харків - Устилуг. Запропонований метод дозволяє уникнути надмірного ризику, оптимізує витрати ресурсів і підвищує ефективність гуманітарної логістики. Метод демонструє переваги багатокритеріального підходу над класичними алгоритмами мінімізації відстані. Пріоритезація безпеки як ключового чинника забезпечує практичну релевантність результатів в умовах війни. В подальшому планується адаптація моделі для динамічних умов (реального часу), інтеграція з геоінформаційними системами (GIS) та розширення набору критеріїв із залученням штучного інтелекту для прогнозування ризиків.

Список літератури

1. Kyslyi V. M. et al. Логістика: Теорія та практика: навчальний посібник [Logistics: Theory and practice: a textbook] //Kyiv: TsUL.[in Ukrainian]. – 2016.
2. Huda, N. A. M., Fran, F., Yundari, Y., Fikadila, L., & Safitri, F.. Modified Weight Matrix Using Prim's Algorithm In Minimum Spanning Tree (MST) Approach For GSTAR (1; 1) Model //BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan. – 2023. – Т. 17. – №. 1. – С. 0263-0274.

МЕТОД ПРОСТОРОВОЇ ЛОКАЛІЗАЦІЇ МОБІЛЬНИХ ПЛАТФОРМ ДЛЯ НАВІГАЦІЙНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Головченко О.С., Барковська О.Ю.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

За даними ВООЗ, щонайменше 2,2 млрд осіб у світі мають порушення зору. Незважаючи на значну увагу до профілактики сліпоты та розвитку офтальмологічної допомоги, технологічні рішення для підтримки просторової орієнтації таких осіб залишаються обмеженими. Особливої актуальності набувають системи навігації у приміщеннях, які забезпечують точну локалізацію, виявлення перешкод та побудову безпечних маршрутів у динамічному середовищі. Точна просторова локалізація є критичною складовою навігаційних систем. Серед найбільш поширених підходів - радіочастотні технології, зокрема BLE-маячки. Проаналізовано методи обробки сигналів RSSI, які, завдяки агрегації та згладжуванню, дозволяють покращити стабільність позиціонування, хоча залишаються вразливими до перешкод та відбиттів сигналу. Альтернативним підходом є візуальна локалізація на основі камер і маркерів [1]. У статті [2] проведено експериментальне дослідження ефективності трьох технологій внутрішньої локалізації - BLE, UWB та Wi-Fi - в контексті автономної навігації мобільних роботів. Результати показали, що BLE є економічним рішенням із прийнятною точністю, тоді як UWB забезпечує найменшу похибку, але потребує складнішої апаратної реалізації.

Метою роботи є обґрунтування вибору архітектури для системи навігаційної підтримки людей із порушеннями зору, що поєднує BLE та комп'ютерний зір для забезпечення точного позиціонування в реальному часі.

На основі порівняльного аналізу встановлено, що найперспективнішою є інтеграція BLE-маячків із методами комп'ютерного зору. Це дозволяє компенсувати недоліки окремих технологій та забезпечити стабільну навігацію у складних просторах. Додаткове використання інерціальних датчиків (IMU) забезпечує безперервне відстеження між сигналами.

Інтегровані системи, що поєднують BLE, комп'ютерний зір і IMU, є оптимальними для створення доступних, точних і адаптивних рішень для користувачів з порушеннями зору. Планується тестування комбінованої системи в умовах реальних приміщень та адаптація до різних сценаріїв середовища (зміна освітлення, шуму, щільності людей).

Список літератури

1. Barkovska, O., Holovchenko, O., Storchai, D., Kostin, A., & Lehezin, N. (2025). Investigation of computer vision techniques for indoor navigation systems. *INNOVATIVE TECHNOLOGIES AND SCIENTIFIC SOLUTIONS FOR INDUSTRIES*, 2(32), 5–15. <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2025.2.005>.
2. Khoshrangbaf, M., Akram, V. K., Challenger, M., & Dagdeviren, O. (2025). An Experimental Evaluation of Indoor Localization in Autonomous Mobile Robots. *Sensors*, 25(7), 2209. <https://doi.org/10.3390/s25072209>

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ ДЛЯ АНАЛІЗУ ПЕРЕШКОД В СИСТЕМАХ ВНУТРІШНЬОЇ НАВІГАЦІЇ

Барковська О.Ю., Нечитайло О.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

На відміну від глобальних систем позиціонування, проблема розробки ефективних рішень для внутрішньої навігації тривалий час залишалася поза фокусом наукової спільноти. Основні ресурси дослідницьких проєктів були зосереджені на вдосконаленні технологій глобального позиціонування (GPS), які сьогодні забезпечують навігацію для користувачів під час пересування на відкритій місцевості. Проте, з появою якісних моделей штучного інтелекту, актуальність внутрішньої навігації стала значно вищою, зокрема, завдяки ідеї розробки роботизованих інтелектуальних асистентів таких як, наприклад, Optimus від Tesla.

Зростання уваги в суспільстві до інклюзивності також відіграє свою роль в розвитку систем внутрішньої навігації з використанням ШІ та методів комп'ютерного зору, оскільки такі системи можуть значно полегшити життя осіб з вадами зору. За звітом Mordor Intelligence, рішення на базі штучного інтелекту та комп'ютерного зору є сегментом, що зростає найшвидше, з прогнозованим середньорічним темпом у 16.31% (2025-2030 рр.). Аналітики з Global Growth Insights відзначають 41% зростання використання "розумних" окулярів та носимих пристроїв на базі ШІ з 2022 року [1][2].

Метою роботи є розробка, реалізація та експериментальне порівняння підходу для виявлення та аналізу перешкод у приміщеннях, який забезпечує високу точність за обмежених обчислювальних ресурсів, і демонстрація його працездатності на мобільних пристроях з різною конфігурацією.

Наукова новизна дослідження полягає у застосуванні сучасних методів комп'ютерного зору для виявлення, класифікації та прогнозування поведінки перешкод у внутрішніх просторах. Особлива увага приділяється розпізнаванню дзеркальних та прозорих поверхонь, які не достатньо досліджені.

Результати дослідження можуть бути використані при створенні роботизованих асистентів, систем навігації для людей з вадами зору, а також інтелектуальних навігаційних застосунків для комерційних приміщень. Розроблені підходи здатні підвищити безпеку, автономність та ефективність таких систем.

Список літератури

1. Assistive Technologies For Visually Impaired Market Size & Share Analysis - Growth Trends & Forecasts (2025 - 2030). Mordor Intelligence, 2025. URL: <https://surl.li/irobgk> (дата звернення: 31.10.2025).
2. Visual Impairment Assistive Technologies Products Market Size, Growth. Report [2025-2033]. Global Growth Insights, 2025. URL: <https://surl.li/nktvsm> (дата звернення: 31.10.2025).

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЛОКАЛІЗАЦІЙНИХ МІТОК В СИСТЕМАХ ВНУТРІШНЬОЇ НАВІГАЦІЇ

Буряк В.А., Барковська О.Ю.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Точна навігація у складних внутрішніх просторах (лікарні, торгові центри, житлові приміщення) залишається важливою науковою та соціальною проблемою, оскільки традиційні супутникові системи, як-от GPS, втрачають ефективність у приміщеннях. Особливої значущості ця проблема набуває у контексті створення безбар'єрного середовища, де системи на основі локалізаційних міток можуть слугувати ключовою асистивною технологією для людей з вадами зору, надаючи аудіопідказки та доповнюючи існуючу інфраструктуру, таку як тактильна плитка. Проте, різноманітність технологій (Wi-Fi, Bluetooth, UWB) та їхня різна ефективність в залежності від архітектурних особливостей та наявності перешкод ускладнюють вибір оптимального рішення та обмежують застосування уніфікованих моделей позиціонування [1].

Метою доповіді є дослідження та порівняльний аналіз ефективності ключових технологій локалізаційних міток для систем внутрішньої навігації. У роботі вирішується задача визначення найбільш конкурентної технології на основі аналізу комплексних критеріїв, що включають точність позиціонування, загальну вартість розгортання та володіння системою, енергоспоживання міток та стійкість до динамічних перешкод (наприклад, руху людей або меблювання приміщення) у приміщеннях різної площі та конфігурації.

В доповіді наводяться результати порівняльного аналізу, які демонструють компроміси між точністю та вартістю впровадження. Наведені дані показують, що попри високу точність технології UWB (Ultra-Wideband), саме Bluetooth Low Energy (BLE) є найбільш конкурентним вибором для масового застосування. Це зумовлено двома ключовими факторами: по-перше, мінімальною вартістю розгортання, оскільки інфраструктура не вимагає дорогих анкерів, а самі мітки-маяки (beacons) є дешевими, при цьому приймачем виступає будь-який сучасний смартфон. По-друге, функціональні переваги BLE, як-от наднизьке енергоспоживання (що забезпечує автономну роботу міток роками) та достатня для більшості цивільних завдань точність (1-5 метрів), роблять її оптимальним та збалансованим рішенням [2].

Список літератури

1. El-Sheimy N., Li Y. Indoor navigation: state of the art and future trends. *Satell Navig.* 2021. Т. 2. Art. 7. DOI: <https://doi.org/10.1186/s43020-021-00041-3>
2. Zafari F., Gkelias A., Leung K. K. A Survey of Indoor Localization Systems and Technologies. *IEEE Communications Surveys & Tutorials.* 2018. Т. 21, № 3. С. 2568–2599. DOI: 10.1109/COMST.2018.2872591

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ПОБУДОВИ МАРШРУТІВ У СИСТЕМАХ ВНУТРІШНЬОЇ НАВІГАЦІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ AR

Барковська О.Ю., Батурін О.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Внутрішня навігація досі не набула значної популярності у науковій спільноті, на відміну від досліджень глобальних систем позиціонування, ефективних переважно на відкритих просторах. Проте сучасні досягнення у сфері обчислювального зору, глибоких нейронних мереж сприяють стрімкому зростанню інтересу до внутрішньої навігації. З'являються нові підходи, що поєднують методи локалізації, 3D-моделювання та технології доповненої реальності (AR), які забезпечують високу точність позиціонування користувача в складних просторових умовах без використання GPS-сигналу.

Зростання уваги до AR-підходів у внутрішній навігації зумовлене також потребою у підвищенні інклюзивності: подібні системи можуть бути корисними для людей із вадами зору чи обмеженою мобільністю, надаючи їм інтерактивні вказівки та візуальні підказки у просторі. Водночас бізнес-сфера демонструє значний інтерес до таких рішень, світовий ринок систем внутрішнього позиціонування та навігації оцінювався у 20,38 млрд дол. США у 2023 році та, за прогнозами, досягне 174,02 млрд дол. до 2030 року [1].

Крім того, результати дослідження, проведеного серед 256 студентів, засвідчили високий рівень задоволеності користувачів AR-системами внутрішньої навігації: середній показник зручності за шкалою SUS становив 96,86 бала, а сприйняття корисності та намір повторного використання додатка мали високу позитивну кореляцію ($r = 0,76$; $p < 0,001$), що підтверджує ефективність таких технологій для користувачів [2].

Метою доповіді є аналіз, розробка та порівняння методів побудови маршрутів у системах внутрішньої навігації з використанням технологій доповненої реальності, а також демонстрація працездатності підходу, який забезпечує високу точність позиціонування та адаптивність до змін середовища.

Отримані результати можуть бути використані для створення інтелектуальних систем навігації у торговельних центрах, лікарнях, університетах, аеропортах, музеях та інших великих будівлях.

Список літератури

1. Indoor Positioning And Navigation Market. Report [2024-2030]. Grand View Research. 2025. URL: <https://surl.li/lsvgrm> (дата звернення: 04.10.2025).
2. Toma Marian-Vladut, Turcu Corneliu Octavian and Pascu Paul. Evaluating User Acceptance and Usability of AR-Based Indoor Navigation in a University Setting: An Empirical Study. International Journal of Advanced Computer Science and Applications. 2025. V. 16, I. 4. DOI: <http://dx.doi.org/10.14569/IJACSA.2025.0160406> (дата звернення: 03.10.2025).

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ТРИВИМІРНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ

Бухарова Л.Д, Барковська О.Ю.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

З розширенням доступності адитивних технологій, тривимірне моделювання набуває все більшого впровадження до виробничих процесів. Тоді як генеративні моделі ШІ, що призначенні для генерування тривимірних об'єктів, мають потенціал значно скоротити часові витрати на створення цільових об'єктів. Велика кількість 3D генеративних моделей, натренованих на мультимодальних наборах даних, створює форми довільної будови (як в термінах зовнішнього вигляду, так й результуючого представлення 3D об'єкту) з текстового або графічного опису. Однак, експериментально доведено [1], що більшість не може генерувати точні форми у відповідності до запиту, який містить числові параметри.

Метою роботи є використання методів машинного навчання та комп'ютерного зору для створення точних 3D-моделей у відповідності до кольору, текстури та розміру.

Наразі, об'єкти створені генеративною моделлю Hunyuan3D 2.0 найбільш точно [1] відповідають числовим параметрам. Проте, результати все одно містять похибки, які є суттєво важливими при імплементації згенерованих об'єктів у виробничі процеси. Розглянувши структуру моделі, а саме Hunyuan3D-Diffusion Transformer, що відповідає за генерування геометрії об'єкту, стає зрозумілим, що текстовий опис не повною мірою інтерпретується. Для усунення даного недоліку пропонується заміна модулю обробки текстового запиту іншою моделлю (НМ) «текст-у-зображення», яка є більш оптимізованою для сприйняття текстового запиту з числовими обмеженнями. Такий підхід покращить розуміння моделлю просторових параметрів. Проте точні числові значення, такі, як розмір та відстані, можуть містити похибки через додатковий вимір у 3D об'єктах, латентний розподіл якого суттєво відрізняється від розподілу 2D-зображень і текстових даних. Так, генеративна модель повинна будувати прямі співвідношення з латентними просторами об'єкту та текстового запиту, мінімізуючи проміжне перетворення. З урахуванням вищезазначеного, доцільним є пряме впровадження НМ для безпосередньої роботи з текстовими ознаками та вилучення модуля «текст-у-зображення». Зокрема, це дозволить подальше дослідження адаптації використовуваних методів для створення персоналізованих тривимірних об'єктів за заданими числовими параметрами, таких, як накладка на протез.

Список літератури

1. Barkovska, O., Bukharova, L., Ruban, I., Liashenko, O., Kovalenko, A., & Serdechnyi, V. (2025). The impact of the number representation format in parameterized text queries on the accuracy of 3D model generation. *Radioelectronic and Computer Systems*, 2025(3), 21–36. <https://doi.org/10.32620/reks.2025.3.02>.

FORECASTING RESOURCE USAGE IN CLOUD ENVIRONMENTS WITH THE INFORMER MODEL

Mykhailichenko I.

Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine

Cloud platforms built on microservice architectures and orchestrators such as Kubernetes generate large volumes of multidimensional telemetry data, including CPU, memory, disk, and network metrics. Conventional monitoring systems that rely on threshold-based rules or simplified statistical models do not scale well for this type of data and often fail to detect infrastructure state anomalies [1].

The objective of this work is to develop and experimentally evaluate a resource utilization forecasting model for cloud infrastructure based on the Informer architecture, optimized for multivariate time. **The report** presents measurement results demonstrating that the proposed optimized architecture provides a practically efficient trade-off between performance and accuracy.

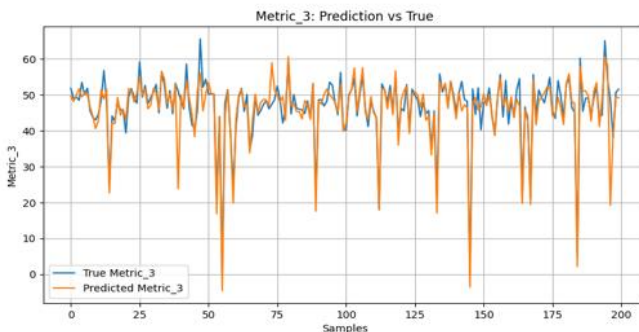


Fig. 1. Comparison of input traffic predictions

In Fig. 1, Metric_3 represents the forecast of incoming traffic. The optimized Informer, despite the significant reduction in the number of parameters, exhibits more balanced behavior. Although it slightly smooths out sharp peaks, its forecast line remains closer to the actual values in stable regions of the graph. This can be seen in samples 0-40 and 120-200, where the modified model almost perfectly follows the general trend and avoids large prediction errors typical of the classical architecture.

Conclusions: proposed optimized architecture provides a practically efficient trade-off between performance and accuracy, making it suitable for autonomous monitoring and forecasting systems in cloud infrastructures.

References

1. Liashenko O., Mykhailichenko I.. A Resource Utilization Prediction Model for Cloud Computing Based on the Informer Architecture. Management Information System and Devises, 2025 1(186), 17–28. DOI: <https://doi.org/10.30837/0135-1710.2025.186.017>

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ІДЕНТИФІКАЦІЇ БІОМЕТРИЧНИХ ОЗНАК ЛЮДИНИ БЕЗ ВИКОРИСТАННЯ ДАКТИЛОСКОПІЧНОГО СКАНЕРА

Череповський М.А., Пономаренко М.О., Барковська О.Ю.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

У сучасних умовах питання захисту цифрових даних набуває особливої важливості. Традиційні паролі не забезпечують необхідного рівня безпеки, а використання довгих криптографічних ключів ускладнює взаємодію користувача з системою. Біометричні методи аутентифікації давно є ефективною альтернативою, поєднуючи високий рівень безпеки та зручність використання.

Метою роботи є розробка методу ідентифікації людини за унікальним папілярним візерунком на пальцях без застосування спеціалізованих дактилоскопічних сканерів, забезпечуючи формування стабільного вектору ознак зображення, отриманого за допомогою звичайної камери.

Задачі дослідження можна сформулювати наступним чином:

1. Розробити метод попередньої обробки фотографії пальця та перетворення в одноканальне зображення.
2. Створити алгоритм аналізу зображення з можливістю виділення сталого вектора біометричних ознак [1; 2].
3. Оцінити працездатність моделі та дослідити вплив якості вихідного зображення на результат ідентифікації.

У ході дослідження проаналізовано доступні підходи до обробки та інтерпретації зображень пальців без використання сканерів. На основі проведеного аналізу побудовано систему, що виконує нормалізацію зображення, підвищення контрастності та видалення фонових артефактів. Реалізовано алгоритм, який формує вектор ознак шляхом аналізу структури ліній та мікродеталей шкірного покриття. Експериментальні тести показали, що модель здатна формувати стабільні ознаки навіть за умови варіацій освітлення та повороту пальця. Під час аналізу отриманих даних встановлено, що якість вхідного зображення суттєво впливає на стабільність вектора ознак. Найкращі результати були отримані при забезпеченні рівномірного освітлення та мінімального рівня шумів. Обробка фотографій, знятих на побутові камери, показала, що навіть без спеціалізованих сенсорів можливо досягти достатнього рівня деталізації папілярних ліній. Подальший розвиток моделі запропонованої системи може включати застосування нейронних мереж для підвищення точності виділення мінуцій та зменшення чутливості до зовнішніх факторів.

Список літератури

1. Jea T. Y., Govindaraju V. A minutia-based partial fingerprint recognition system // Pattern recognition. 2005. T. 38. №. 10. С. 1672-1684. <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2005.03.016>
2. Tandon S., Namboodiri A. Transformer based fingerprint feature extraction //2022 26th International Conference on Pattern Recognition (ICPR). – IEEE, 2022. – С. 870-876. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2209.03846>

ВПРОВАДЖЕННЯ МОДИФІКОВАНОЇ МОДЕЛІ РОЗПОДІЛУ ЗАВДАНЬ НА РЕСУРСИ В ІНФОРМАЦІЙНУ ТЕХНОЛОГІЮ

Майстренко Г.В., Севостьянова О.М., Філімончук Т.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Інформаційні технології (ІТ), орієнтовані на розподіл завдань для запуску на обчислювальні ресурси, відіграють ключову роль у сучасному житті, оскільки дозволяють значно підвищити ефективність організації роботи як у бізнесі, так і в повсякденній діяльності людей. Завдяки таким системам процес планування [1] стає більш точним та автоматизованим, зменшується вплив людського фактору, а час, що витрачається на координацію дій, істотно скорочується. Зазначені технології забезпечують прозорість виконання завдань, що сприяє кращому управлінню ресурсами та уникненню перевантаження окремо взятих обчислювальних комплексів. Перевагою використання таких технологій є можливість збору та подальшого аналізу даних щодо виконання завдань, що допомагає у прийнятті обґрунтованих управлінських рішень та подальшій оптимізації процесів [2].

Метою доповіді є модифікація моделі [3], яка використовується при розподілі завдань на обчислювальні ресурси з урахуванням ефективності використання часу обчислювальних комплексів, пропускнуої здатності системи та оптимального завантаження виконавчих модулів. У сучасних умовах, коли обсяги даних та складність обчислювальних процесів постійно зростають, питання доцільного розподілу задач між ресурсами стає вирішальним для забезпечення високої продуктивності та стабільності роботи інформаційних систем. Запропонована модель дозволяє автоматизовано визначати пріоритети завдань, здійснювати перерозподіл навантаження між різними вузлами при необхідності, а також підтримує можливість гнучкого масштабування у випадку зростання навантаження. Впровадження подібної моделі в ІТ дає можливість мінімізувати затримки, уникнути перевантаження окремих компонентів системи та забезпечити максимально раціональне використання доступних обчислювальних потужностей, що сприяє підвищенню якості роботи програмних комплексів, швидшому виконанню операцій та кращій стабільності у функціонуванні всієї системи.

Список літератури

1. Wu Y., Tang S., Yu C., Yang B., Sun C., Xiao J., Wu H. Task Scheduling in Geo-Distributed Computing: A Survey. *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*. 2025, vol. 36. Pp. 2073-2088. DOI:10.1109/TPDS.2025.3591010
2. Mahdizadeh M., Montazerolghaem A., Jamshidi K. Task scheduling and load balancing in SDN-based cloud computing: A review of relevant research. *Journal of Engineering Research*. 2025. DOI: 10.36227/techrxiv.173886246.69496852/v1
3. Філімончук Т.В., Колтун Ю.М., Климова І.М., Корнієнко Д.Ю. Модель розподілу пулу завдань за обчислювальними ресурсами. *Системи управління, навігації та зв'язку*. Полтава: Національний університет "Полтавська політехніка ім. Юрія Кондратюка", 2023. Випуск 4(66). С. 151-154. <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2023.1.150>.

РОЗРОБКА КРОС-ПЛАТФОРМОВОГО МОБІЛЬНОГО ДОДАТКУ ДЛЯ СИСТЕМАТИЗАЦІЇ КОМУНІКАЦІЙ УПРАВЛІННЯ ЖИТЛОВОЮ НЕРУХОМІСТЮ

Костромицький А.І., Калязін Є.Д.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Цифрова трансформація охоплює навіть найбільш консервативні галузі, зокрема сферу управління житловою нерухомістю (Property Management). Успіх у цій сфері критично залежить від якості та прозорості сервісу. Актуальність роботи полягає у вирішенні фундаментальної проблеми: комунікаційна ланка між Керуючою Компанією (КК) та мешканцями є хаотичною. Ключовою проблемою сучасної інформатизації часто є не відсутність цифрових інструментів, а їхнє хаотичне та нецільове використання. На прикладі сфери Property Management, впровадження загальнодоступних споживчих платформ, як-от месенджери та email-розсилки, для управління критичними бізнес-процесами створює лише ілюзію цифровізації. На практиці це призводить до деградації керованості: до втрати даних у неструктурованих потоках інформації, неможливості відстежити життєвий цикл сервісних заявок та фундаментальних ризиків безпеки через відсутність контролю доступу. Деякі КК замовляють створення спеціалізованих рішень для взаємодії із мешканцями, що дозволяє врахувати будь-які особливості взаємодії в певному житловому комплексі. Проте створення такого програмного забезпечення може вимагати тривалого часу та значних ресурсів.

Метою доповіді є обґрунтування та представлення архітектури програмного рішення у вигляді мобільного додатку, що слугуватиме єдиною, контрольованою та прозорою точкою контакту, трансформуючи хаотичний обмін даними у структуровану цифрову екосистему та отримання мінімально життєздатного продукту (MVP). Нами було проаналізовано існуючі аналогії: загальні месенджери (відсутність структури та ролей), спеціалізовані CRM/ERP (надмірна вартість та складність для окремого ЖК) та кастомні рішення (висока вартість розробки). Наш проект позиціонується у вільній ринковій ніші як економічно ефективне та структуроване рішення. Ефективне вирішення цієї проблеми лежить у трансформації хаосу в керовану цифрову екосистему. Це вимагає прагматичного інженерного підходу до вибору технологій, що відповідають функціональним (FR) та нефункціональним (NFR) вимогам [1].

Для забезпечення крос-платформності (NFR1: iOS/Android) та високої продуктивності примінімізації витрат на розробку (NFR4) оптимальним є фреймворк Flutter, який компілюється в нативний код і прискорює ітерації завдяки механізму "Hot Reload". З боку бекенду, архітектура "Serverless" (BaaS) на базі Firebase дозволяє повністю усунути необхідність в управлінні серверною інфраструктурою. Готові сервіси, такі як Cloud Firestore для синхронізації даних у реальному часі (NFR2), Authentication для управління ролями та Storage для файлів, надають структуровані та безпечні будівельні блоки, що замінюють хаотичні процеси. Архітектурне рішення базується на патерні MVVM (Model-View-ViewModel), реалізованому через Cubit (полегшений варіант BLoC) [2].

Цей підхід чітко ізолює бізнес-логіку від її відображення, роблячи систему тестопридатною (NFR6) та легкою в підтримці. Найважливіше - безпека реалізується не на клієнті, а декларативно на боці сервера через Firebase Security Rules [3], що унеможливорює несанкціонований доступ до даних іншими мешканцями (NFR3). Було реалізовано ключові функціональні модулі: автентифікація (з поділом на ролі “Resident” та “Admin”); стрічка новин (можливість публікації оголошень Адміністратором з миттєвим відображенням); заявки на обслуговування (можливість для Мешканця створювати заявки та відстежувати їхній статус); опитування (модуль для збору зворотного зв'язку з обмеженням на одне голосування від користувача). У результаті роботи було створено безпечний, масштабований та економічно ефективний мобільний додаток, який успішно трансформує хаотичні комунікаційні процеси у структуровану цифрову взаємодію. Розроблений MVP слугує міцним фундаментом для подальшого розширення функціоналу, включаючи інтеграцію push-сповіщень через Firebase Cloud Messaging та розробку аналітичних інструментів для Керуючої Компанії з можливістю врахування певних особливостей того чи іншого житлового комплексу.

Список літератури

1. Методичні рекомендації до виконання курсового проєктування з дисципліни «Компоненти програмної інженерії» /Люшенко Л.А., Хічко Я.В., КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 63 с
2. Bloc Concepts. <https://bloclibrary.dev/bloc-concepts/>.
3. Firebase API Reference. <https://firebase.google.com/docs/reference>.

СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ ОПТИМАЛЬНОЇ ПАРАМЕТРИЧНОЇ КОНФІГУРАЦІЇ ПРОГНОЗНОЇ МОДЕЛІ ЕКСПОНЕНЦІЙНОГО ЗГЛАДЖУВАННЯ

Пусан А.М., Романенков Ю.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Професійна управлінська діяльність в сучасних компаніях, зокрема в виробничо-логістичних, є малоефективною без здійснення прогностичної функції управління, а саме без предиктивного оцінювання показників бізнес-процесів компанії та її зовнішнього середовища [1]. Реалізація саме цієї функції дає можливість здійснювати на практиці так зване проактивне, або попереджувальне управління бізнес-процесами.

Чим більшим є масштаб об'єкту управління, тим більшої розмірності зазвичай набуває вектор показників, що характеризують стан оточуючого його бізнес-процесів та стан середовища. Наприклад, розмірність вектору показників зовнішнього середовища виробничо-логістичних систем, які можна віднести до класу організаційно-технічних [2], вимірюється десятками одиниць. При цьому інформація про деякі показники може бути доступною у вигляді коротких часових рядів, які потребують аналізу з метою своєчасного виявлення

критичних для управління тенденцій. В той же час шалене зростання обсягів доступних даних відносно бізнес-оточення різноманітних об'єктів та процесів обумовило появу та розвиток таких напрямків, як Big Data, Product Analysis, Data Analysis та інших. На сьогоднішній день маємо окремі напрямки Predictive Analytics, який поєднав в собі методи аналізу та інтерпретації даних, їх статистичної обробки та прогнозування [3]. Інструментарій Predictive Analytics містить велику кількість класичних та модифікованих моделей та методів аналізу та прогнозування часових рядів, зокрема й найпростіших однопараметричних. Серед них можна відокремити класичну модель експоненційного згладжування або прогнозу модель Брауна [4]. Вона стала базою для цілої низки структурно більш складних моделей, які реалізують механізм згладжування часового ряду або його окремих компонент. Прагнення ефективного використання таких моделей обумовлює необхідність їх параметричного налаштування, яке здійснюється за визначеними критеріями та повинно мати стійке підґрунтя у вигляді гіпотез та механізмів їх верифікації.

Відомі рекомендації до параметричного налаштування моделі наведені, наприклад, у [4] та містять зокрема дві аналітичні залежності. Це емпірична залежність Брауна та так звана крива пам'яті моделі експоненційного згладжування. Обидві залежності відображають розташування на площині параметрів точок, які теоретично забезпечують якість прогнозу моделі експоненційного згладжування. Для оцінювання адекватності прогнозу моделі використовують так звану інверсну верифікацію, тобто перевірку адекватності прогнозу моделі в ретроспективному періоді. Однак виникає об'єктивна необхідність кількісного оцінювання меж на площині допустимих параметрів. Для вирішення цього завдання пропонується провести статистичний експеримент щодо ретроспективного аналізу розташування оптимальних значень внутрішніх параметрів прогнозу моделі експоненційного згладжування та оцінювання їх близькості до відомих емпіричних кривих. При цьому можна використати модельні та реальні часові ряди з дата сетів. Вирішення поставленого завдання дозволить отримати оцінки меж практичного застосування відомих рекомендацій щодо параметричного синтезу моделі експоненційного згладжування.

Список літератури

1. Романенков Ю.О., Зейнієв Т.Г. Завдання контуру стратегічного управління ефективністю бізнес-процесів в організації. *Системні дослідження та інформаційні технології*. 2015. № 3. С. 43-47.
2. Лисенко Д. Е. Модель задачі прийняття рішень щодо вибору бізнес-процесів логістичного циклу організаційно-технічної системи. *Системи управління, навігації та зв'язку*. 2017. Вип. 3. С. 88-92.
3. Herman E. Data Science for Decision Makers: Using Analytics and Case Studies. Berlin, Boston: Mercury Learning and Information. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1515/9781501520686>.
4. Romanenkov Yu. Analysis of the predictive properties of Brown's model in the extended domain of the internal parameter. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2015. Vol.17, No. 8. P. 27-34.

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПІДТРИМКИ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ НА ОСНОВІ ПРЕСКРИПТИВНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТЕМПОРАЛЬНИХ ЗНАЬ

Алфьоров М.Є., Згурська А.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Формування обґрунтованих управлінських рішень у рамках інформаційних систем передбачає вибір раціонального варіанта дій із множини альтернатив для реалізації визначених організаційних цілей за умов ресурсних обмежень. Виконання процесів прийняття рішень здійснюється через багатоетапні процедури ситуаційного аналізу, формування альтернатив та вибору раціонального варіанту рішення з урахуванням зміни стану об'єкту управління у часі. Тому при формуванні управлінських рішень суттєве значення має темпоральний аспект знань, що відображає послідовність дій з виконання рішення [1]. Сучасні підходи до представлення темпоральних знань базуються на описі реалізованих рішень із використанням дескриптивних методів аналізу закономірностей, що може привести до невідповідності можливостей темпорального опису реалізованих рішень практичним потребам з формування рекомендацій щодо майбутніх управлінських дій [2].

Метою доповіді є розробка інформаційної технології підтримки управлінських рішень на основі прескриптивного моделювання темпоральних знань з інтеграцією OWL-онтологій.

Розроблена інформаційна технологія містить етапи аналізу історичних даних щодо реалізованих управлінських рішень, побудови темпоральних знань та генерації рекомендацій щодо управлінських дій. Технологія базується на двошаровому представленні темпоральних знань, яке включає рівень темпоральних правил типів NeXt, Future та Until, що формується на основі даних щодо реалізації управлінських рішень, та рівень онтологічних відношень на базі стандартизованих конструкцій OWL-Time. Рівні представлення інтегруються на основі комбінованих ваг. Сукупність цих правил та онтологій формує прескриптивну модель темпоральних знань, що призначена для автоматизованого формування рекомендацій. Розроблена інформаційна технологія формує умови для автоматизованого конструювання управлінських рекомендацій на основі історичного досвіду успішних рішень та семантичної узгодженості знань.

Список літератури

1. EliXR-TIME Consortium. Temporal knowledge representation for clinical process mining. *Journal of Biomedical Informatics*. 2022. Vol. 135. Article 104103. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2022.104103>
2. Lepenioti K., Bousdekis A., Apostolou D., Mentzas G. Prescriptive analytics: Literature review and research challenges. *International Journal of Information Management*. 2020. Vol. 50. P. 57–70. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.09.003>

ПОБУДОВА МЕНТАЛЬНИХ МОДЕЛЕЙ З ТЕМПОРАЛЬНИМИ СЦЕНАРІЯМИ ДЛЯ ОЦІНКИ РЕКОМЕНДАЦІЙ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОННОЇ КОМЕРЦІЇ

Чалий С.Ф., Лещинська І.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Системи електронної комерції формують рекомендації товарів на основі аналізу профілю користувача та характеристик продуктів, проте часто не враховують контекст використання цих товарів споживачем. Традиційні методи оцінки рекомендацій зазвичай не оцінюють відповідність характеристик товару важливим для користувача сценаріям його використання [1]. Останні зазвичай містяться в ментальних моделях рекомендованих об'єктів. Дане обмеження призводить до формування рекомендацій, що можуть містити нерелевантну інформацію стосовно контексту рішення про покупку [2].

Ментальні моделі представляють когнітивні структури, що відображають уявлення користувача про функціональність та властивості товару в контексті його застосування [3]. Включення темпоральних сценаріїв в ментальну модель дозволяє враховувати еволюцію вимог покупця відповідно до інтенсивності та тривалості використання рекомендованого товару. Однак на сьогодні розробці методів побудови ментальних моделей, які б враховували як функціональні властивості товарів, так і темпоральні сценарії їх використання, не приділяється достатньо уваги.

Тому розробка підходів до формування ментальних моделей, що адаптуються до контексту покупки та враховують еволюцію значущості характеристик товарів з часом, є актуальною задачею, вирішення якої створює умови для підвищення точності рекомендацій.

Метою доповіді є розробка методу побудови контекстно-орієнтованих ментальних моделей з темпоральними сценаріями для оцінки релевантності рекомендацій в системах електронної комерції на основі аналізу відгуків споживачів.

У доповіді представлено метод побудови контекстно-орієнтованої ментальної моделі товару в системі електронної комерції. Метод включає чотири послідовних етапи обробки даних з відгуків споживачів.

Перший етап реалізує процедуру виявлення функцій товару через аналіз дієслівних конструкцій у текстах відгуків та класифікації цих конструкцій за категоріями застосування.

На другому етапі здійснюється вилучення властивостей товару шляхом виявлення іменникових груп, що характеризують технічні специфікації, споживчі характеристики та комерційні атрибути.

На третьому етапі формуються темпоральні сценарії використання рекомендованого об'єкту. Виконується кластеризація відгуків за ознаками інтенсивності експлуатації, тривалості життєвого циклу товару та частоти взаємодії користувача з об'єктом.

На четвертому етапі встановлюється відповідність між властивостями товару та контекстно-орієнтованою ментальною моделлю, що дає можливість оцінити релевантність рекомендацій.

Темпоральні сценарії класифікуються відповідно до патернів споживчої поведінки [4]. Сценарій епізодичного використання характеризується нечастою взаємодією з товаром протягом обмежених інтервалів часу. Акцент у цьому сценарії – на базових функціях та доступності товару. Сценарій регулярного використання передбачає високу частоту застосування протягом тривалих періодів з підвищеними вимогами до характеристик продуктивності та надійності. Сценарій критичного використання характеризується систематичною експлуатацією товару в специфічних умовах із критичними вимогами до функціональної повноти та гарантійного обслуговування. Для кожного сценарію формується підмножина релевантних властивостей товару на основі статистичного аналізу їх згадувань у відповідних класах відгуків на платформі електронної комерції.

Процедура оцінки релевантності рекомендацій базується на обчисленні відповідності між множиною характеристик товару, наведених у рекомендації, та підмножиною контекстно-значущих властивостей для заданого темпорального сценарію споживача. Враховується три складові: повнота покриття критичних властивостей сценарію, відсутність нерелевантних характеристик, а також виконується ранжування властивостей за їх комерційною значущістю в межах сценарію. Інтегральна оцінка обчислюється як зважена комбінація цих складових. Ваги визначаються на навчальній вибірці відгуків з явними оцінками корисності рекомендацій від споживачів.

Висновки. Запропоновано метод побудови контекстно-орієнтованих ментальних моделей з темпоральними сценаріями для оцінки релевантності рекомендацій в системах електронної комерції. Метод базується на інтеграції в рамках ментальної моделі представлення функцій рекомендованих об'єктів та темпоральних сценаріїв їх використання.

Список літератури

1. Musto C., de Gemmis M., Semeraro G., Lops P. A multi-criteria recommender system exploiting aspect-based sentiment analysis of users' reviews. Proceedings of the Eleventh ACM Conference on Recommender Systems. 2017. P. 321–325. DOI: <https://doi.org/10.1145/3109859.3109905>.
2. Johnson-Laird P. N. Mental models and human reasoning. Proceedings of the National Academy of Sciences. 2010. Vol. 107, № 43. P. 18243–18250. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1012933107>.
3. Zhang S., Yao L., Sun A., Tay Y. Deep learning based recommender system: A survey and new perspectives. ACM Computing Surveys. 2019. Vol. 52, № 1. Article 5. P. 1–38. DOI: <https://doi.org/10.1145/3285029>.
4. Чалий С. Ф., Лещинська І. О. Принципи побудови ментальних моделей рішення для зовнішнього користувача в задачі формування пояснень в інтелектуальній системі. АСУ та прилади автоматики: всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. Харків: ХНУРЕ, 2024. Вип. 182. С. 82–90. УДК: 004.8:004.9. DOI: <https://doi.org/10.30837/0135-1710.2024.182.082>

ФОРМУВАННЯ КОНТРАФАКТИЧНИХ СЦЕНАРІЇВ ДЛЯ ПІДТРИМКИ МЕДИЧНИХ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ

Петров К.Е., Чалий Т.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Клінічні системи підтримки прийняття рішень застосовують предиктивні моделі глибокого навчання для підтримки медичних рішень, зокрема для раннього виявлення сепсису, прогнозування реадмісії пацієнтів тощо. Такі системи виявляють нелінійні залежності у мультимодальних даних [1]. Проте представлення таких моделей у вигляді «чорної скриньки» суттєво утруднює виявлення причинно-наслідкових механізмів впливу терапевтичних утручань на клінічні результати. Такий недолік, з урахуванням етичних та правових вимог підзвітності у сфері охорони здоров'я, створює бар'єр довіри медичних фахівців до рішень клінічних систем. Тому даний підхід доцільно комбінувати із контрфактичним аналізом [2]. Останній дає можливість з'ясувати, які зміни у протоколі можуть привести до покращення результатів лікування [3]. Проте існуючі підходи до генерації альтернативних сценаріїв зазвичай не враховують обмеження щодо послідовності виконання процедур у реальних медичних бізнес-процесах, що може привести до порушення темпоральних залежностей між медичними подіями. Тому розробка методу формування контрфактичних медичних сценаріїв з урахуванням обмежень медичних бізнес-процесів є актуальною задачею.

Метою роботи є розробка методу формування контрфактичних сценаріїв реалізації медичних бізнес-процесів на основі інтеграції каузального виводу з процесними обмеженнями.

Метод включає етапи виявлення структурних обмежень у журналах подій за допомогою декларативних процесних моделей, моделювання причинно-наслідкових зв'язків з урахуванням змінних, що впливають на зв'язок між причиною та наслідком, формування контрфактичних сценаріїв при обмеженні простору пошуку підмножиною регіонів розподілу траєкторій.

Метод дає можливість обґрунтувати прогнози предиктивних моделей глибокого навчання на основі порівняння альтернативних медичних рішень

Список літератури

1. Muralitharan S., Nelson W., Di S., McGillion M., Devereaux P. J., Barr N. G., Petch J. Machine Learning–Based Early Warning Systems for Clinical Deterioration: Systematic Review // *Journal of Medical Internet Research*. 2021. Vol. 23, № 2. P. e25187. DOI: 10.2196/25187.
2. Artelt A., Vaquet V., Velioglu R., Hinder F., Brinkrolf J., Schilling M., Hammer B. Evaluating Robustness of Counterfactual Explanations // *IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI)*. 2021. P. 01–09.
3. Guidotti R., Monreale A., Giannotti F., Pedreschi D., Ruggieri S., Turini F. Factual and Counterfactual Explanations for Black Box Decision Making // *IEEE Intelligent Systems*. 2019. Vol. 34, № 6. P. 14–23.

ВИКОРИСТАННЯ МЕХАНІЗМУ ТЕМПОРАЛЬНОЇ УВАГИ ДЛЯ ПОБУДОВИ ПОЯСНЕНЬ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМАХ

Чалий С.Ф., Кравченко Р.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Сучасні інтелектуальні системи використовують методи машинного навчання для забезпечення високоточного прогнозування рішень, що, однак, часто приводить до непрозорості логіки процесу прийняття рішень. Така непрозорість є суттєвим недоліком у критичних сферах, пов'язаних із здоров'ям та добробутом людей, де користувачі потребують обґрунтування кожного висновку, зокрема у сферах медичної діагностики, фінансового моделювання, в промислових системах контролю якості. Традиційні підходи до інтерпретації процесу формування рішень працюють за принципом апостеріорного аналізу, реконструюючи логіку рішення після завершення обчислень моделі. Цей підхід ігнорує послідовність обробки даних в інтелектуальних системах та еволюцію залежностей між подіями з часом, що суттєво обмежує можливість простежити каузальні ланцюжки у таких процесах. Розв'язання цієї проблеми вимагає розробки підходу, який поєднує структурний аналіз відношень між сутностями предметної області з відстеженням їх змін з часом.

Метою роботи є розробка підходу до створення пояснень при формуванні рішень в інтелектуальних системах на основі інтеграції графового подання структурних відношень між сутностями предметної області з механізмом темпоральної уваги.

Розроблений підхід передбачає послідовне векторне кодування вхідних даних, виявлення темпоральних патернів, формування графа, що описує предметну область, та генерацію пояснень з використанням механізму темпоральної уваги. Останній агрегує внутрішні патерни еволюції окремих вершин графа та зовнішні патерни динаміки міжвузлових зв'язків, визначаючи релевантність змін у часі на основі коефіцієнтів важливості. Запропонований підхід дає можливість враховувати як структуру процесів формування рішення, так і зміни у цих процесах з часом в рамках єдиної моделі за рахунок механізму уваги, який інтегрує графове представлення з темпоральним аналізом, тобто з відстеженням еволюції патернів у часі. Експериментальна перевірка розробленого підходу підтвердила підвищення точності прогнозування порівняно з рекурентними моделями.

Список літератури

1. Vaswani A., Shazeer N., Parmar N., Uszkoreit J., Jones L., Gomez A. N., Kaiser Ł., Polosukhin I. Attention is all you need. Advances in Neural Information Processing Systems. 2017. Vol. 30. P. 5998–6008. URL: <https://arxiv.org/abs/1706.03762>
2. Wu Z., Pan S., Chen F., Long G., Zhang C., Yu P. S. A comprehensive survey on graph neural networks. IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems. 2021. Vol. 32, № 1. P. 4–24. URL: <https://arxiv.org/abs/1901.00596>

КЛАСИФІКАЦІЇ АНОМАЛІЙ У КЛІНІЧНИХ ШЛЯХАХ З РОЗРІЗНЕННЯМ ЛОКАЛЬНИХ ТА ГЛОБАЛЬНИХ ВІДХИЛЕНЬ

Чалий С.Ф., Мацейко Т.М.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Системи моніторингу медичних процесів використовують методи виявлення аномалій для ідентифікації порушень стандартизованих клінічних шляхів. Проте традиційні підходи зазвичай не розрізняють локальні відхилення окремих процедур та глобальні аномалії траєкторій лікування в цілому. Локальні відхилення відображають порушення окремих подій у послідовності дій процесу при збереженні загальної структури клінічного шляху. Глобальні аномалії відображають системні порушення протоколу лікування, коли траєкторія пацієнта суттєво відхиляється від референтних послідовностей дій. Існуючі методи виявлення аномалій зазвичай застосовують єдиний поріг відхилення, що внаслідок ієрархічної природи медичних процесів призводить до високої кількості хибнопозитивних спрацювань [1]. Недиференційована класифікація ускладнює інтерпретацію результатів клініцистами та знижує довіру до автоматизованих медичних систем моніторингу [2]. Тому розробка методу класифікації відхилень з урахуванням ієрархічності клінічних шляхів та з розрізненням локальних та глобальних порушень є актуальною задачею.

Метою доповіді є розробка методу класифікації аномалій у клінічних шляхах з розрізненням локальних та глобальних відхилень на основі багаторівневого аналізу структури траєкторій цих шляхів з урахуванням темпоральних обмежень медичних протоколів.

Розроблений метод містить етапи кодування послідовностей клінічних подій у латентний простір, обчислення значення відхилення на рівні окремих подій та цілих траєкторій, класифікацію типу порушення через порівняння локальних та глобальних показників відхилення. Метод використовує два типи кодувачів: локальний кодувач аналізує відхилення окремих медичних подій від очікуваних темпоральних обмежень протоколу, тоді як глобальний кодувач оцінює структурну подібність повної траєкторії пацієнта до референтних клінічних шляхів через застосування графових нейронних мереж.

Запропонований метод класифікації аномалій у клінічних шляхах спрощує інтерпретацію відхилень, що створює умови для підвищення довіри клініцистів до рішень системи моніторингу клінічних шляхів.

Список літератури

1. Kinsman L., Rotter T., James E., Snow P., Willis J. What is a clinical pathway? Development of a definition to inform the debate // BMC Medicine. 2010. Vol. 8. Article 31. DOI: 10.1186/1741-7015-8-31
2. Yang J., Soltan A. A. S., Eyre D. W., Yang Y., Clifton D. A. An adversarial training framework for mitigating algorithmic biases in clinical machine learning // npj Digital Medicine. 2023. Vol. 6. Article 55. DOI: 10.1038/s41746-023-00805-y

МЕТОД ФЕДЕРАТИВНОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ АНАЛІТИКИ ДАНИХ У ТУМАННИХ СИСТЕМАХ

Башилов В.С., Горбачов В.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Туманні (fog) обчислення є проміжною ланкою між периферійними (edge) пристроями та хмарними центрами, забезпечуючи локальну обробку великих потоків даних IoT у реальному часі [1]. Через обмежену пропускну здатність каналів і високу гетерогенність вузлів централізовані підходи до навчання моделей машинного навчання виявляються неефективними. Федеративне навчання дозволяє тренувати спільну модель без обміну сирими даними між вузлами, забезпечуючи приватність та зменшення навантаження на мережу. Проте класичний алгоритм FedAvg не враховує особливості туманного середовища – різну продуктивність вузлів, затримку обміну та можливі відмови клієнтів [2].

Основною проблемою є зниження ефективності та стабільності навчання у туманних системах через нерівномірність розподілу ресурсів, затримки та відмови вузлів. Це призводить до повільної збіжності моделі та неузгодженості між локальними оновленнями. Постає необхідність створення методу, який би адаптувався до гетерогенності середовища fog та мінімізував вплив нестабільних вузлів під час агрегування результатів локального навчання.

Метою доповіді є розробка адаптивного методу федеративного навчання для туманних систем, який підвищує ефективність аналітики даних шляхом урахування параметрів затримки, надійності та якості даних вузлів у процесі агрегації моделей.

Запропонований метод базується на ієрархічній структурі fog/edge-cloud. Кожен вузол туману здійснює локальне навчання клієнтів та передає оновлені параметри моделі на рівень агрегації.

Для врахування гетерогенності вузлів введено вагову функцію:

$$\omega_i = \frac{q_i^\alpha r_i^\delta (1+l_i)^{-\beta} (1-s_i)^\gamma}{\sum_j q_j^\alpha r_j^\delta (1+l_j)^{-\beta} (1-s_j)^\gamma},$$

де q_i – якість даних, r_i – надійність, l_i – затримка, s_i – застарілість оновлень.

Таким чином, вузли з кращими характеристиками мають більший вплив на глобальну модель. Агрегація виконується на fog-рівні, що зменшує обсяг трафіку до хмари. Метод реалізовано на Python у середовищі Google Colab із використанням бібліотек NumPy та scikit-learn.

Запропонований підхід характеризується високою адаптивністю до змін навантаження та пропускну здатності мережі, що дозволяє ефективно працювати навіть за динамічних умов IoT-середовища. У процесі навчання система самостійно регулює ваги клієнтів відповідно до їхньої поточної продуктивності та стабільності зв'язку. Така адаптивна поведінка сприяє

збалансованому використанню обчислювальних ресурсів fog-вузлів та зменшує ризик перенавантаження окремих сегментів мережі. Крім того, метод підтримує масштабованість при збільшенні кількості клієнтів, зберігаючи стабільність та узгодженість процесу навчання.

Для оцінювання ефективності запропонованого методу було проведено серію комп'ютерних експериментів із використанням як синтетичних даних IoT-типу, так і реального набору даних CIFAR-10. Синтетичні дані використовувалися для моделювання сценаріїв з різною гетерогенністю клієнтів, рівнем затримок і надійністю вузлів, тоді як CIFAR-10 дозволив перевірити поведінку методу в умовах реалістичного навантаження й обробки складних візуальних ознак.

У конфігурації системи передбачалося три fog-вузли, кожен із двадцятьма клієнтами, що генерували локальні вибірки даних із не-IID розподілом. Параметри затримки, обчислювальної потужності та надійності формувалися випадково згідно з логнормальним та бета-розподілами, що забезпечило варіативність умов експерименту. Порівняльний аналіз між класичним FedAvg та FAW-FedAvg показав, що запропонований метод забезпечує підвищення точності моделі на 3-5 % за однакової кількості раундів навчання, а також зменшення середнього часу одного раунду на 30-35 %. При використанні CIFAR-10 досягнення цільової точності 85% відбулося на 25% швидше, ніж у базового алгоритму.

Такий ефект пояснюється зменшенням впливу повільних та ненадійних клієнтів завдяки динамічному коригуванню ваг у процесі агрегації. Додаткові тести продемонстрували стійкість методу до відмов вузлів: при втраті до 40% клієнтів загальна точність моделі знизилася менше ніж на 3%, тоді як у FedAvg спостерігалось погіршення на 8–10%. Аналіз масштабованості показав майже лінійну залежність продуктивності при збільшенні кількості клієнтів до 120, що свідчить про хорошу масштабованість і збалансоване використання ресурсів fog-інфраструктури.

Узагальнюючи результати, можна зазначити, що метод поєднує високу швидкість збіжності, стійкість до відмов та оптимальне використання ресурсів, що робить його придатним для аналітики даних у туманних IoT-системах та промислових edge-мережах із великою кількістю вузлів і різнорідними характеристиками.

Список літератури

1. Журило, О. і Ляшенко, О. (2024) «Архітектура та системи безпеки IoT на основі туманних обчислень», Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості, (1(27), с. 54–66. doi: 10.30837/ITSSI.2024.27.054.
2. Ляшенко О.С. Методи федеративного навчання для оптимізації розподілених систем. Ляшенко О.С., Нго За Фат., Назарова І.О // Проблеми інформатизації Тези доповідей одинадцятої міжнародної науково-технічної конференції (16 – 17 листопада 2023 року) Том 3. С. 102

ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМКІВ ПО ОПТИМІЗАЦІЇ РЕЖИМІВ РОБОТИ БВУ ЦУКРОВОГО ЗАВОДУ НА ОСНОВІ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОГО ПІДХОДУ

Ляшенко С.О., Фесенко А.М.

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

Для визначення застосування нейромережових підходів, щодо оптимізації режимів роботи багатокорпусної випарної установки (БВУ) необхідно розглянути теоретичні основи процесу випарювання. Важливою складовою процесу є те, що при випарюванні здійснюються як теплові, так і масообмінні процеси на певних технологічних етапах, на відміну від інших процесів, що є в інших відділеннях заводу (дифузія, дефекосатурація та кристалізація), де в основному використовуються теплові процеси. Це склалося із-за того, що випарювання здійснюється як при температурі кипіння розчину в першому корпусі БВУ так і при нижчих температурах в інших корпусах БВУ. Тому, на певних етапах по визначення оптимальних режимів випарювання, розглядаються процеси тепло та масообміну. Така фізико-хімічна особливість процесу випарювання приводить до складнощів при визначенні оптимальних режимів роботи БВУ стандартними підходами і, відповідно, при побудові адекватних математичних моделей процесу випарювання. Ефективне автоматизоване керування процесом випарювання соку в БВУ повинно базуватися на математичних моделях, які можуть адекватно відображати процес випарювання [1, 2].

Метою доповіді є визначення основних тепло та масотехнічних складових процесу випарювання при побудові нейромережових моделей в системі керування технологічним процесом випарювання.

У зв'язку з тим, що керування оптимізаційним процесом випарювання соку залежить від температури пари, яка в свою чергу пов'язана з кількістю пари, що є енергетичною складовою енергоефективності БВУ і цукрового заводу в цілому, то показником регулювання можна вибрати як температуру так і тиск пари. Всі ці складові впливають на вихід продукції та її якість. Залежність температури та тиску пари, що подається у випарну установку, визначається рівнянням стану насиченої пари. Ці показники є важливою складовою в теплових розрахунках ТП, що враховуються і відображаються в моделях, що будуються для визначення оптимального режиму випарювання. Існують наступні основні підходи для аналізу цієї залежності:

1. Табличні та графічні дані. Наприклад для насиченої водяної пари залежність між температурою та тиском можна знайти в таблицях водяної пари (наприклад, у таблицях IAPWS). Також існують відповідні графіки (діаграми T-s, P-h).

2. Емпіричні рівняння. Якщо потрібна аналітична формула, використовують рівняння Клапейрона-Клаузіуса:

$$\frac{dP}{dT} = \frac{L}{T \cdot v_g}; \quad (1)$$

де P - тиск насиченої пари; T - температура в Кельвінах, L - теплота пароутворення, V_g - питома об'ємна зміна при фазовому переході.

3. Спрощена апроксимація для водяної пари. Для водяної пари в межах 0-373°C використовується спрощене експоненційне рівняння:

$$P = P_0 \cdot e^{\frac{-L}{RT}}; \quad (2)$$

де P_0 - стандартний тиск (101.3 кПа); R - газова стала водяної пари (461.5 Дж/(кг·К)); L - теплота пароутворення.

4. Онлайн-калькулятори та програмні засоби. Для точних розрахунків використовують програмні засоби (REFPROP, CoolProp, MATLAB, EES) або онлайн-калькулятори за таблицями IAPWS [2].

В результаті наведених складнощів, що виникають при визначення складових процесу випарювання, відповідно будуть і складнощі при визначенні та керуванні процесом випарювання, а також вибору математичної моделі, що характеризує динаміку процесу, яка присутня при кількісних та якісних змінах, що виникають при випарювання [3, 4].

Враховуючи всі наведені складнощі, що виникають при побудові математичних моделей, для розрахунку будь-якої системи складається математичний опис фізичних процесів, тобто будується її математична модель. При цьому в системі можуть бути попередньо виділені прості підсистеми, або елементи відповідно до їх функціонального призначення. Іноді більш доцільним є поділ системи не за функціональною ознакою елементів, а за фізичними процесами.

Для випарного відділення характерні більш енергетичні та матеріальні, які простіше відображати через вхідні та вихідні показники з певними обмеженнями. Часто такі процеси представляються у вигляді сукупності процесів, кожен з яких має простіший математичний опис.

Список літератури

1. Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промисловості: [монографія] / А. П. Ладанюк, О. А. Ладанюк, Р. О. Бойко, В. В. Івашук, Д. О. Кроніковський, Д. А. Шумігай. К.: Інтер Логітик Україна, 2015. 408 с.
2. Ковриго Ю.М., Степанець О.В., Боган Т.Г., Бунке О.С. Сучасна теорія управління. Частина 2. Прикладні аспекти сучасної теорії управління: підручник для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», спеціалізацій «Автоматизоване управління технологічними процесами», «Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси та виробництва». Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. 155 с.
3. EL Hamidi, Khadija & Mjahed, Mostafa & Elkari, Abdeljalil & Ayad, Hassan. (2020). Adaptive Control Using Neural Networks and Approximate Models for Nonlinear Dynamic Systems. Modelling and Simulation in Engineering. 2020. 10.1155/2020/8642915.
4. Ляшенко С.О., Фесенко А.М., Ляшенко О.С., Кісь О.В. Обґрунтування застосування показників якості в енерго– та екологічно ефективних АСУ цукрового виробництва. Інженерія природокористування: науковий журнал, 2019, №4(14), Харків, 2019. С. 47-56.

МЕТОД БДЖОЛИНОГО РОЮ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ

Знайдюк В.Г., Дадикін М.Ю., Довгаль В.С.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Сучасні комп'ютерні системи характеризуються складною, динамічною та багатопараметричною природою, що обумовлює необхідність застосування методів інтелектуальної оптимізації для забезпечення їх ефективного функціонування. Одним із ключових завдань є оптимальний розподіл обчислювальних ресурсів та зменшення енергоспоживання при збереженні стабільності й збалансованого навантаження між вузлами.

Традиційні алгоритми, такі як генетичний (ГА), диференціальної еволюції (ДЕ) чи рою частинок (РЧ), демонструють гарні результати для певних класів задач, однак часто схильні до передчасної збіжності або нестабільності при збільшенні розмірності пошукового простору.

Для підвищення ефективності процесу оптимізації запропоновано використати метод штучної бджолиного рою (ШБР), який базується на моделюванні поведінки соціальних комах і поєднує глобальний пошук (через фази розвідників) із локальною експлуатацією найкращих рішень (фази робочих і спостережливих бджіл) [1].

Метою дослідження є розробка та експериментальна перевірка модифікованого методу бджолиного рою для задачі оптимізації параметрів комп'ютерних систем. Запропонований метод повинен враховувати вплив основних гіперпараметрів моделі, таких як, кількості вузлів системи, меж пошуку, кількості ітерацій, розміру популяції та кількості запусків для усереднення результатів.

Для проведення досліджень було розроблено модульну програмну систему, архітектура якої включає компоненти Init, Fitness, Evolution, Controller, Visualization. Система дозволяє задавати параметри моделювання, виконувати багатократні запуски та будувати графіки збіжності, карти розподілу навантаження і теплові діаграми чутливості [2].

Математична постановка задачі полягає у мінімізації функції цілі:

$$F(X) = \alpha_1 E(X) + \alpha_2 L(X),$$

де $E(X)$ – енергоспоживання системи, $L(X)$ – коефіцієнт дисбалансу навантаження, $\alpha_1 = 0.7$, $\alpha_2 = 0.3$ – вагові коефіцієнти критеріїв.

У ході роботи було реалізовано базовий варіант ШБР та модифікації трьох порівняльних алгоритмів (ГА, ДЕ, РЧ) у єдиній експериментальній платформі.

Для аналізу чутливості створено повнофакторний скрипт, який автоматично варіює: з кількістю вузлів системи (DIM) – 3, 5, 10, 20; меж пошуку (LB, UB) – [-5; 5], [-10; 10], [-20; 20]; кількість ітерацій (N_ITERS) – 50, 100, 200; розмір популяції (POP) – 20, 30, 60; кількість запусків для усереднення (RUNS) – 3, 5.

Кожна конфігурація оцінювалась за наступними метриками, такими як, $\bar{F}$ – середнє значення функції цілі, $Var(F)$ – дисперсія результатів; I_{95} – кількість ітерацій досягнення 95% мінімуму (швидкість збіжності); E_{avg} – середнє енергоспоживання; t_{avg} – середній час виконання одного запуску.

Отримані результати засвідчили, що запропонований метод стабільно забезпечує найнижче значення функції цілі серед усіх протестованих методів. При базових параметрах ($DIM = 5$, $POP = 30$, $N_ITERS = 100$) середні значення показників становили.

Таблиця 1 – Результати дослідження

Алгоритм	$\bar{F}$	$Var(F)$	I_{95}	E_{avg}
ШБР	0.038	0.0041	35	0.91
РЧ	0.061	0.0087	48	0.97
ГА	0.072	0.0124	63	1.02
ДЕ	0.049	0.0062	55	0.94

Зміна кількості вузлів показала, що для малих розмірностей усі алгоритми працюють стабільно, але зі збільшенням до 20 параметрів ШБР демонструє найменше зростання функції цілі (+18%), тоді як РЧ і ГА – понад +40%. Розширення меж пошуку призводить до зростання варіації результатів у РЧ та ГА, тоді як ШБР зберігає стабільність завдяки адаптивній фазі розвідників. Збільшення кількості ітерацій до 200 майже не покращує якість результату для ШБР (покращення лише на 4%), що підтверджує його швидку збіжність. Найкраща продуктивність спостерігалася при розмірі популяції 30–40 бджіл, тоді як подальше збільшення призводило лише до зростання часу обчислень.

Аналіз збіжності показав, що крива ШБР швидко знижується і стабілізується після 30–35 ітерацій, тоді як РЧ потрапляє в локальний мінімум, а ГА коливається через мутації. Теплові карти показали рівномірний розподіл навантаження між вузлами після оптимізації ШБР, із коефіцієнтом дисбалансу $L_{bal} = 0.12$.

Загалом, метод бджолиного рою зменшив середнє енергоспоживання системи на 10–18% у порівнянні з іншими підходами.

Список літератури

1. Karaboga, D., Basturk, B. (2007). Artificial Bee Colony (ABC) Optimization Algorithm for Solving Constrained Optimization Problems. In: Melin, P., Castillo, O., Aguilar, L.T., Kacprzyk, J., Pedrycz, W. (eds) Foundations of Fuzzy Logic and Soft Computing. IFSA 2007. Lecture Notes in Computer Science(), vol 4529. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-72950-1_77
2. Пономаренко, О. і Горбачов, В. (2023) «Програмна платформа для оцінювання ефективності агрегації структурної моделі складних систем», СУЧАСНИЙ СТАН НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ТЕХНОЛОГІЙ В ПРОМИСЛОВOSTІ, (3 (25), с. 79–87. doi: 10.30837/ITSSI.2023.25.079.

МОДЕЛЬ ОБРОБКИ ДАНИХ У РОЗПОДІЛЕНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВІ МЕРЕЖ ПЕТРІ

Радченко І.В., Міхаль О.П.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Розподілені інформаційні системи (PIC) є фундаментом сучасних технологічних платформ – від систем управління підприємствами до інфраструктур інтернету речей (IoT) та хмарних обчислень. Їхня ефективність значною мірою визначається здатністю забезпечувати узгоджене функціонування великої кількості вузлів, що взаємодіють через мережу, а також балансувати навантаження між ними.

Одним із головних викликів у таких системах є адаптивна обробка даних у режимі реального часу – тобто можливість підлаштовувати маршрути передачі інформації та планування обчислень відповідно до поточного стану системи.

Класичні підходи, засновані на статичних алгоритмах або жорстко визначених політиках розподілу, не забезпечують гнучкості в умовах динамічної зміни потоків даних, збоїв та перевантажень окремих вузлів.

Сучасні дослідження показують, що ефективним напрямом розвитку є поєднання формальних моделей, зокрема мереж Петрі, які добре описують паралельні процеси із методами машинного навчання, що дозволяють системі адаптуватися на основі накопичених даних [1].

Проблема ефективного керування потоками даних у розподілених інформаційних системах залишається відкритою. Більшість існуючих рішень не враховують часову кореляцію навантаження на вузли, а отже – не здатні прогнозувати майбутні стани системи. Це призводить до появи «вузких місць» і нерационального використання ресурсів. Постає питання розроблення моделі обробки даних, яка б дозволяла, формально описувати структуру системи та її процеси [2]. При цьому модель повинна здійснювати динамічне балансування навантаження та прогнозувати майбутній стан системи на основі історичних даних, забезпечувати масштабованість і відмовостійкість.

Метою доповіді є створення гібридної моделі обробки даних у розподілених інформаційних системах, що базується на мережах Петрі та методах машинного навчання для підвищення ефективності, адаптивності та стійкості системи.

В рамках дослідження було поставлено наступні завдання: розробити формальний опис системи на основі розширених мереж Петрі; створити механізм прогнозування навантаження за допомогою LSTM-мереж; інтегрувати модуль машинного навчання у процес моделювання поведінки системи та провести експериментальне дослідження продуктивності.

У роботі було використано апарат мереж Петрі, як математичний формалізм для опису паралельних процесів і синхронізації подій у розподілених системах. Кожен вузол системи представлено у вигляді підмережі, що містить переходи (обчислювальні процеси) та місця (черги

даних або ресурси). Для динамічного керування потоками між підмережами використано компонент машинного навчання – нейронну мережу типу LSTM, яка прогнозує рівень завантаження кожного вузла на основі історичних даних.

Результати прогнозу впливають на вибір переходів у мережі Петрі, що дозволяє адаптивно змінювати маршрути передачі даних. Такий підхід забезпечує зворотний зв'язок між реальними характеристиками системи та її моделлю.

Для симуляції процесу було створено прототип на Python із використанням бібліотек TensorFlow, SimPy та PM4Py, який дозволив відтворити поведінку системи в умовах змінного навантаження.

Запропонована гібридна модель дозволяє формалізувати обчислювальні процеси, оцінювати часові характеристики переходів і динамічно оновлювати параметри моделі за результатами прогнозування.

Це робить систему стійкою до перевантажень і втрати вузлів, що особливо актуально для сучасних розподілених середовищ обробки даних (edge computing, IoT, grid-системи).

Експериментальні дослідження проводилися на наборі даних, що імітують роботу розподіленої системи від 10 до 50 вузлів. Було порівняно продуктивність класичного методу статичного планування та запропонованої гібридної моделі.

Отримані результати показали, що середній час відповіді системи зменшився на 22-27%, а кількість перевантажених вузлів – на близько 30%. Крім того, система продемонструвала стабільність роботи при зміні інтенсивності потоків даних у реальному часі. Використання LSTM-прогнозування дозволило досягти точності передбачення навантаження понад 92.6%, що позитивно вплинуло на балансування та узгодженість виконання завдань між вузлами.

Запропонована модель обробки даних у розподілених інформаційних системах поєднує формальні можливості мереж Петрі з адаптивністю алгоритмів машинного навчання. Проведені експерименти довели ефективність такого гібридного підходу щодо підвищення стабільності, продуктивності та масштабованості систем.

Список літератури

1. T. Murata, "Petri nets: Properties, analysis and applications," in Proceedings of the IEEE, vol. 77, no. 4, pp. 541-580, April 1989, doi: 10.1109/5.24143.
2. V. Gorbachov, A. K. Batiaa, O. Ponomarenko and Y. Romanenkov, "Formal transformations of structural models of complex network systems," 2018 IEEE 9th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT), Kyiv, Ukraine, 2018, pp. 448-452, doi: 10.1109/DESSERT.2018.8409175.
3. І. В. Михайліченко і О. С. Ляшенко, «Модель прогнозування використання ресурсів у хмарних обчисленнях з використанням архітектури Informer», АСУ та прилади автоматики, т. 1, вип. 186, с. 17–28, Жов 2025.

ОПТИМІЗАЦІЯ КОНФІГУРУВАННЯ РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМ МАШИННОГО НАВЧАННЯ З УРАХУВАННЯМ ВИТРАТ РЕСУРСІВ

Колтун Ю.М., Нго За Фат

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

У сучасних інфраструктурах машинного навчання (ML) дедалі ширше використовуються розподілені обчислювальні середовища, зокрема Apache Spark, Dask та Kubernetes-орієнтовані фреймворки. Продуктивність фреймворків критично залежить від конфігураційних параметрів: як гіперпараметрів моделей, так і параметрів обчислювального середовища. Неефективне налаштування може призвести до надмірних витрат ресурсів без приросту якості моделі [1].

Більшість сучасних систем машинного навчання працюють у розподіленому або хмарному середовищі, де витрати на обчислювальні ресурси є критичним фактором. Існуючі підходи до конфігурування таких систем зазвичай фокусуються або на налаштуванні гіперпараметрів моделей, або на параметрах обчислювальної платформи, не враховуючи їхню взаємодію.

Крім того, вартість запуску рідко розглядається як повноцінний критерій оптимізації. Це створює потребу в комплексному підході, що одночасно оптимізує якість моделей, продуктивність і вартість обчислень.

Метою доповіді є розробка та експериментальна перевірка підходу до багаторівневого конфігурування розподілених систем машинного навчання, що дозволяє одночасно оптимізувати точність моделей, час навчання та вартість обчислювальних ресурсів.

Запропоноване рішення полягає в розробці програмного інструменту, що виконує автоматизоване багаторівневе конфігурування розподіленої системи машинного навчання, орієнтоване на одночасну оптимізацію якості моделі, часу її навчання та вартості обчислювальних ресурсів.

Інструмент реалізовано на мові Python із використанням Apache Spark як базової обчислювальної платформи. Він дозволяє створювати та запускати експерименти з різними конфігураціями – як на рівні гіперпараметрів алгоритмів (наприклад, розмір батчу, кількість ітерацій, глибина дерева), так і на рівні системних параметрів Spark (кількість виконавців, обсяг пам'яті, число ядер тощо).

У процесі кожного запуску автоматично вимірюються основні метрики: точність моделі, час навчання та обчислювана вартість (розрахована як добуток тривалості використання ресурсів на їх вартість за одиницю часу).

Теоретично задача налаштування параметрів системи формулюється як мультиоб'єктивна оптимізаційна задача.

Нехай $h \in H$ – гіперпараметри моделі, $s \in S$ – параметри обчислювального середовища, тоді оптимізація формулюється як пошук конфігурацій, що мінімізують векторну цільову функцію.

Для цього використовується метод генерації конфігурацій із подальшим відбором оптимальних комбінацій за принципом Pareto. Кожна конфігурація оцінюється за трьома критеріями, що дозволяє виявити набір рішень, які представляють найкращі компроміси між точністю, продуктивністю та вартістю.

Таким чином, користувач або система може обрати найкращу конфігурацію відповідно до поточних обмежень або пріоритетів. Такий підхід забезпечує формальну, масштабовану й практичну основу для конфігурації складних DML-систем, особливо в умовах хмарних або ресурсно обмежених середовищ, де кожна неефективна конфігурація прямо впливає на вартість розгортання та навчання моделі.

У результаті експериментів було встановлено, що запропонований підхід до спільного конфігурування гіперпараметрів та параметрів розподіленого середовища дозволяє досягти кращого балансу між точністю моделей, часом навчання та вартістю обчислень, порівняно з однорівневими стратегіями. Зокрема, для моделі Gradient Boosted Trees точність зросла на 1-2%, час виконання зменшився на 20–30%, а вартість ресурсів – до 40% у порівнянні з початковою конфігурацією.

Аналіз Pareto-фронту показав, що спільне налаштування значно збільшує кількість ефективних рішень у просторі параметрів.

Також було виявлено, що деякі системні параметри (наприклад, рівень паралелізму) суттєво впливають не лише на швидкодію, а й на якість моделі, що рідко враховується в традиційних AutoML-інструментах.

Отримані результати підтверджують доцільність багаторівневого конфігурування з урахуванням вартості як окремого оптимізаційного критерію.

Список літератури

1. Ляшенко, О. і Михайліченко, І. (2025) «Модель автономної системи моніторингу та оптимізації IT-інфраструктури з використанням трансформерів», *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*, (1(31), с. 73–82. doi: 10.30837/2522-9818.2025.1.073.
2. Коваленко А. А., Кучук Г. А. Методи синтезу інформаційної та технічної структур системи управління об'єктом критичного застосування. *Сучасні інформаційні системи*. 2018. Т. 2, № 1. С. 22–27. DOI: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2018.1.04>
3. Yaloveha V., Hlavcheva D., Podorozhniak A. Usage of convolutional neural network for multispectral image processing applied to the problem of detecting fire hazardous forest areas. *Сучасні інформаційні системи*. 2019. Т. 3, № 1. С. 116–120. DOI: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2019.1.19>.

МЕТОД ОПТИМІЗАЦІЇ РЕСУРСІВ В БАГАТОРІВНЕВИХ ІОТ АРХІТЕКТУРАХ

Знайдюк В.Г., Удовіна М.Є.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна а

Сучасний розвиток інформаційних технологій характеризується стрімким зростанням кількості підключених пристроїв та сервісів Інтернету речей (IoT). Традиційна хмарна модель обчислень уже не забезпечує необхідних показників продуктивності та якості обслуговування (QoS), що зумовлює перехід до багаторівневих архітектур IoT, де обробка даних здійснюється на рівнях edge-fog-cloud [1, 2].

В умовах розподіленої обробки даних виникає проблема оптимального управління ресурсами між рівнями системи. Вона полягає у необхідності динамічного розподілу обчислювальних потужностей, енергоспоживання та пропускної здатності каналів з урахуванням поточних навантажень, обмежень затримки та пріоритетів задач. Ефективне вирішення цієї проблеми безпосередньо впливає на продуктивність, надійність і масштабованість IoT-систем.

З огляду на це, виникає потреба у створенні нового методу оптимізації ресурсів, який враховує багаторівневу структуру IoT-архітектур, забезпечує адаптивне управління ресурсами у розподіленому середовищі та підтримує баланс між енергоспоживанням, затримкою обробки та пропускною здатністю.

Метою доповіді є побудова методу оптимізації ресурсів у багаторівневих IoT-архітектурах, що забезпечує ефективний розподіл обчислювальних і енергетичних ресурсів між рівнями edge-fog-cloud із мінімізацією затримок та енергоспоживання при дотриманні показників QoS.

Для досягнення цієї мети в роботі було реалізовано гібридний метод RL-MAO (Reinforcement Learning Multi-Agent Optimization), який поєднує: мультиагентну модель – для моделювання поведінки вузлів на різних рівнях; підкріплене навчання (RL) – для адаптивного прийняття рішень агентами в умовах динамічного середовища; елементи евристичної ініціалізації – для пришвидшення збіжності навчання та уникнення локальних мінімумів.

У розробленій системі кожен агент сприймає локальний стан середовища (навантаження, енергія, пропускна здатність), виконує обчислення та передає задачу іншим вузлам, отримуючи винагороду за ефективне рішення, що мінімізує затримку та енергоспоживання.

Запропонований метод було реалізовано за допомогою Python із використанням бібліотек NumPy, NetworkX, Stable-Baselines3, TensorFlow та Matplotlib. При моделюванні було створено три рівні системи: Edge (15 вузлів), Fog (5 вузлів), Cloud (1 вузол). Кожен вузол генерує задачі різної складності і має власний енергетичний баланс. Система працює у дискретному часовому середовищі, де на кожному кроці агенти приймають рішення або виконати задачу локально або передати на fog чи у хмару.

Навчання агентів здійснюється за алгоритмом глибокого підкріпленого навчання. Винагорода визначається як зворотна функція від часу виконання, енергоспоживання та затримки

$$R_t = -(\omega_1 T_t + \omega_2 E_t + \omega_3 D_t),$$

що стимулює агента до пошуку ефективних політик розподілу навантаження.

Проведено серію експериментів для трьох сценаріїв. Зміна кількості вузлів (від 10 до 50) – RL-MAO зберігав стабільну збіжність і масштабованість системи.

Порівняння методів GA, PSO, RL і RL-MAO показало, що розроблений метод зменшує середній час виконання задач на приблизно 22% та енергоспоживання на 18%. Динамічне навантаження – система зберігала QoS навіть при збільшенні інтенсивності задач на 40%, тоді як PSO втрачав стабільність при 25%.

Результати моделювання показали, що RL-MAO демонструє найкращу збіжність і стійкість до змін середовища.

Розроблений метод може бути використаний у промислових IoT-системах моніторингу та енергетичних мережах [3]. Модель RL-MAO дозволяє забезпечити енергоефективну та адаптивну роботу систем без потреби централізованого керування, що особливо важливо для масштабних та гетерогенних IoT-мереж.

Проведене дослідження підтвердило, що інтеграція мультиагентної взаємодії та підкріпленого навчання є ефективним підходом до оптимізації ресурсів у багаторівневих IoT-архітектурах.

Розроблений метод RL-MAO забезпечує адаптивне управління ресурсами, підвищує стабільність роботи системи, знижує енергоспоживання та забезпечує покращення QoS.

Подальші дослідження планується спрямувати на розширення моделі до федеративного сценарію, де агенти навчаються спільно без обміну даними, що підвищить безпеку та конфіденційність обчислень у розподілених IoT-системах.

Список літератури

1. Журило, О., Ляшенко, О. і Аветісова, К. (2023) «Огляд рішень з апаратної безпеки кінцевих пристроїв туманних обчислень у інтернеті речей», Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості, 1(23), С. 57–71. doi: 10.30837/ITSSI.2023.23.057.
2. Журило, О. і Ляшенко, О. (2024) «Архітектура та системи безпеки IoT на основі туманних обчислень», Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості, 1(27), с. 54–66. doi: 10.30837/ITSSI.2024.27.054.
3. Корнієнко, Є., Ляшенко, О. і Торба, А. (2023) «Метод керування системою генерації електроенергії з використанням бездротових технологій »,Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості, 2(24), с. 80–89. doi: 10.30837/ITSSI.2023.24.080.

МЕТОД АДАПТИВНОГО АГЕНТНОГО КЕРУВАННЯ НАДЛИШКОВІСТЮ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ

Тухтаров В.Б., Міхаль О.П.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Сучасні комп'ютерні системи функціонують у середовищах із високим рівнем невизначеності та зростаючими вимогами до безперервності сервісів. Традиційні методи забезпечення надійності базуються на статичній надлишковості, коли кількість резервних компонентів визначається наперед і не змінюється під час роботи [1].

Такий підхід не враховує динамічну зміну навантаження, частоту відмов і поточний стан компонентів системи. Проблема підвищення надійності розподілених комп'ютерних систем полягає у необхідності забезпечення гарантованої доступності при обмежених обчислювальних та енергетичних ресурсах [2, 3]. Використання фіксованої надлишковості призводить до надлишкових витрат енергії та зниження ефективності використання обладнання. Тому актуальною є задача розробки адаптивного методу, який би змінював параметри надлишковості відповідно до поточних умов функціонування системи.

Метою доповіді є розробка методу адаптивного агентного керування надлишковістю, що забезпечує оптимальний баланс між рівнем надійності, вартістю функціонування та затримками обробки даних у комп'ютерних системах.

Запропонований метод поєднує підхід динамічного резервування з принципами агентного керування. Його основна ідея полягає у тому, що рівень надлишковості та частота створення контрольних копій (checkpointing) не задаються наперед, а пристосовуються під поточний стан системи – наприклад, рівень навантаження, ймовірність відмов або показники деградації вузлів.

Кожен компонент системи розглядається як автономний агент, який постійно спостерігає за своїм станом і станом найближчих вузлів. На основі цих спостережень агент приймає рішення – збільшити чи зменшити рівень надлишковості (кількість резервних копій), а також змінити період контрольних збережень.

Якщо ризик відмови зростає, система автоматично збільшує резервування; якщо стан стабільний, надлишковість зменшується, що знижує споживання ресурсів.

Метод реалізує ітераційне оновлення параметрів у вигляді зворотного зв'язку: спостереження → оцінка ризику → адаптація параметрів → перевірка результату.

Для забезпечення узгодженості всі агенти обмінюються короткими повідомленнями (механізм консенсусу), що дозволяє зберігати цілісність системи навіть при локальних змінах. Таким чином, метод забезпечує баланс

між доступністю системи, вартістю обчислень та енергоспоживанням без втручання оператора.

Додатково метод може інтегрувати елементи машинного навчання: наприклад, використовувати моделі прогнозування для оцінки майбутньої ймовірності відмов або деградації компонентів. Це дозволяє робити не лише реактивне, а й проактивне адаптивне керування, коли система випереджає можливу відмову та завчасно посилює захист.

Моделювання роботи методу було проведено у середовищі Python/Google Colab для системи з дванадцяти компонентів. Для кожного з них генерувалися різні параметри надійності та випадкові збурення, що імітували реальні умови роботи мережевих вузлів. У процесі експерименту метод автоматично змінював рівні надлишковості та інтервали збереження даних залежно від стану системи.

Отримані результати показали, що система швидко адаптується до зміни навантаження та появи збоїв. На початкових етапах доступність зростала повільно, проте після 50-60 ітерацій алгоритм досяг стабільного режиму роботи. С

ередній рівень доступності системи становив близько 98%, що на 10-12% вище порівняно зі статичними схемами резервування. Водночас загальні витрати на підтримку надлишковості зменшилися приблизно на 15%. У додаткових експериментах із використанням прогнозних моделей машинного навчання система змогла зменшити кількість відмов ще на 6-8 %, завдяки завчасному реагуванню на ризикові сценарії.

Запропонований метод забезпечує адаптивне керування рівнем надлишковості та частотою контрольних перевірок, що дозволяє підвищити надійність комп'ютерних систем без надмірного споживання ресурсів. Теоретичний аналіз і результати моделювання підтверджують збіжність алгоритму до стаціонарних рішень і виконання заданих шанс-обмежень на доступність. У подальших дослідженнях планується розширення методу через інтеграцію механізмів машинного навчання для автоматичного прогнозування відмов та оптимізації параметрів системи в реальному часі.

Список літератури

1. So, H., Didehban, M., Ko, Y., Shrivastava, A., Lee, K. EXPERTISE: An Effective Software-level Redundant Multithreading Scheme against Hardware Faults. ACM Transactions on Architecture and Code Optimization (TACO), 19(4):53, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1145/3546073>
2. Swain, C.K., Saini, N. & Sahu, A. Reliability aware scheduling of bag of real time tasks in cloud environment. Computing 102, 451–475 (2020). <https://doi.org/10.1007/s00607-019-00749-w>
3. Filimonchuk T., Volk M., Ruban I., Tkachov V. Development of information technology of tasks distribution for grid-systems using the GRASS simulation environment. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Information and controlling system, 2016. Vol. 3/9 (81). Pp. 45–53.

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ МЕТОД УПРАВЛІННЯ РЕСУРСАМИ В РОЗПОДІЛЕНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВІ КЛІТИННИХ АВТОМАТІВ

Цірульніков Д.В., Міхаль О.П.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

В умовах стрімкого розвитку цифрової економіки ефективне управління ресурсами стає одним із ключових чинників стабільності та продуктивності розподілених інформаційних систем (ІС).

Сучасні ІС оперують великими обсягами даних, що надходять із різних джерел у режимі реального часу, що ускладнює централізоване управління потоками інформації. Для вирішення цієї проблеми актуальним є застосування інтелектуальних моделей, здатних до самоорганізації, адаптації та автономного прийняття рішень. Одним із таких інструментів є клітинні автомати (КА) – дискретні динамічні системи, що дають змогу моделювати складну поведінку багатокomпонентних структур через прості локальні правила [1].

Традиційні централізовані методи управління інформаційними ресурсами у великих ІС мають обмеження щодо масштабованості, гнучкості та стійкості до збоїв. У реальних умовах розподілені системи стикаються з нерівномірністю навантаження, затримками обміну даними та частковими відмовами вузлів. Це призводить до зниження ефективності функціонування, перевантажень окремих компонентів і втрат інформації. Тому актуальною науковою задачею є створення методу, який дозволяє реалізувати децентралізоване, інтелектуальне управління ресурсами на основі локальної взаємодії елементів системи [2, 3].

Метою доповіді є розробка інтелектуального методу управління ресурсами в розподілених інформаційних системах із використанням клітинних автоматів, який забезпечує самоорганізацію, адаптацію до змінних умов і оптимальний розподіл навантаження між компонентами системи.

У розробленому методі інформаційна система розглядається як множина автономних компонентів, представлених у вигляді клітин двовимірної решітки. Кожна клітина відображає стан певного ресурсу (вузла, бази даних, сервера, каналу зв'язку тощо) і характеризується параметрами: рівень завантаженості, швидкість обробки запитів, доступність, пріоритет задач, запас енергії.

Еволюція системи описується за допомогою набору правил переходу між станами клітин, які залежать від значень параметрів сусідніх клітин. Таким чином, відбувається локальна взаємодія, що призводить до глобальної координації ресурсів.

Для підвищення інтелектуальності моделі використано механізм навчання з підкріпленням, який дозволяє клітинам коригувати свої правила поведінки на основі результатів попередніх ітерацій (наприклад, мінімізація часу відповіді чи зниження кількості невдалих запитів).

Математична модель має наступний вигляд

$$S_{i,j}^{t+1} = f(S_{i,j}^t, N_{i,j}^t, P_t),$$

де $S_{i,j}^{t+1}$ – стан клітини у момент часу t , $N_{i,j}^t$ – вектор станів сусідів, P_t – глобальні параметри середовища (рівень запитів, навантаження, затримки зв'язку), а функція f визначає адаптивне правило переходу.

Реалізація моделі виконана мовою Python, з використанням бібліотек NumPy для обчислень і Matplotlib для візуалізації процесу. На основі моделювання проводиться аналіз динаміки балансування ресурсів, формування кластерів навантаження та поведінки системи при виникненні відмов окремих вузлів.

Результати комп'ютерного моделювання підтвердили ефективність розробленого методу. Уже після 20-30 ітерацій система досягає стійкого стану, у якому ресурси розподілені рівномірно між клітинами. У порівнянні з централізованим підходом час обробки запитів скоротився в середньому на 23%, а коефіцієнт втрат інформації – на 18%. При моделюванні часткових відмов (до 10% клітин) система демонструє здатність до самовідновлення, автоматично перерозподіляючи навантаження на активні елементи.

Аналіз показав, що локальні правила, підкріплені елементом навчання, забезпечують адаптивну поведінку системи при зміні зовнішніх умов, зокрема при зростанні кількості запитів або зниженні пропускної здатності каналів. Отримані результати підтверджують, що клітинно-автоматна модель є ефективним засобом для моделювання та оптимізації процесів управління інформаційними ресурсами у складних, розподілених середовищах.

У роботі запропоновано інтелектуальний метод управління інформаційними ресурсами в розподілених ІС, що базується на принципах клітинних автоматів і адаптивного навчання. Метод забезпечує децентралізоване, масштабоване та стійке управління потоками даних у складних мережевих структурах. Розроблена модель демонструє властивості самоорганізації та здатність до самовідновлення після збоїв, що підвищує надійність і ефективність функціонування системи. Подальші дослідження плануються спрямувати на поєднання клітинно-автоматного підходу з технологіями машинного навчання для прогнозування навантаження та динамічної оптимізації параметрів системи у режимі реального часу.

Список літератури

1. Chopard, B. (2009). Cellular Automata Modeling of Physical Systems. In: Meyers, R. (eds) Encyclopedia of Complexity and Systems Science. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-0-387-30440-3_57
2. Dong, D. Agent-based cloud simulation model for resource management. J Cloud Comp 12, 156 (2023). <https://doi.org/10.1186/s13677-023-00540-5>
3. Czarnul, P., Antal, M., Baniata, H. et al. Optimization of resource-aware parallel and distributed computing: a review. J Supercomput 81, 848 (2025). <https://doi.org/10.1007/s11227-025-07295-7>

АНАЛІЗ ВПРОВАДЖЕННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ЕЛЕКТРОННІЙ КОМЕРЦІЇ ТА РЕКЛАМНИХ СТРАТЕГІЯХ

Майстер К.О., Чеботарьова Д.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Сучасний розвиток цифрових технологій суттєво трансформує бізнес-процеси та моделі взаємодії між компаніями та споживачами. Одним із ключових драйверів цих змін є впровадження технологій штучного інтелекту (ШІ) в електронну комерцію (e-commerce). Штучний інтелект забезпечує нові можливості для персоналізації пропозицій, прогнозування попиту, автоматизації процесів та підвищення ефективності бізнесу.

Електронна комерція – це процес, при якому людина або компанія купує товари чи послуги через інтернет. Це широке поняття охоплює будь-яку комерційну діяльність онлайн – взаємодію фізичних осіб та бізнесів, продажі в інтернет-магазинах, на маркетплейсах чи в соціальних мережах [1].

Метою доповіді є аналіз тенденцій, інструментів та ефектів впровадження ШІ у сфері e-commerce, а також оцінка економічної доцільності та перспектив розвитку цих технологій для онлайн-бізнесу.

ШІ допомагає автоматизувати роботу інтернет-магазинів, а саме, наступні процеси: автоматизація написання текстів та описів для інтернет-магазинів та маркетплейсів, додаткова обробка текстів від штучного інтелекту, обробка та генерація фото товарів і реклами, аналіз конкурентів та трендів, аналітика показників [2].

В доповіді наводиться порівняльний аналіз впровадження та використання штучного інтелекту в продуктах та послугах.

В роботі розглянуто теоретичні основи впровадження ШІ в електронній комерції, виконано аналіз сучасного стану використання штучного інтелекту в електронній комерції, сформульовано практичні рекомендації та запропоновано модель впровадження штучного інтелекту в e-commerce.

В результаті аналізу використання штучного інтелекту в різних компаніях електронної комерції можна стверджувати, що ШІ ефективно впливає на ключові показники ефективності компаній, зокрема підвищується коефіцієнти конверсії, задоволеність клієнтів та рентабельність інвестицій.

Список літератури

1. Звягінцева О. Що таке e-commerce. *Kuivstar*. Kyivstar Business Hub. 16.09.2024. URL: <https://hub.kyivstar.ua/articles/use-pid-kontrolem-3-biznes-zavdannya-yaki-virishuye-vebplatforma-mij-kiyivstar>.
2. Серветник М. Асистенти e-commerce. Як ШІ допомагає автоматизувати роботу інтернет-магазинів? Добірка інструментів. *Forbes. Журнал Forbes Ukraine*. 23.03.2025. URL: <https://forbes.ua/business/operatsiyniy-menedzhment-yak-vlasnikam-malikh-ta-serednikh-biznesiv-vikhoditi-z-day-to-day-bez-vtrati-kontrolyu-rozpovidae-dzheyn-davidenko-z-opslab-11102025-33198>.

АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ОЦІНКИ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЙ ХМАРНИХ ОБЧИСЛЕНЬ

Пойченко Д.П., Колтун Ю.М.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

На цей час спостерігається активний розвиток і впровадження технологій хмарних обчислень, які являють собою технології розподіленої обробки даних, в яких комп'ютерні обчислювальні ресурси надаються користувачеві як веб-сервіси. Ці технології надають можливості доступу до інформації в будь-який час і з будь-якого місця, а також дозволяють скоротити витрати на створення інформаційної інфраструктури [1].

На ринку інформаційних технологій можна знайти широкий перелік пропозицій у сфері технологій хмарних обчислень. При цьому однією із найважливіших задач є вибір найкращої альтернативної хмарної інфраструктури з усього спектру пропозицій з урахуванням технічних, економічних та інших факторів, наприклад, - ризиків впровадження та особливостей використання. Звідси необхідна розробка методів підтримки прийняття рішень при виборі технологій хмарних обчислень [2]. І в першу чергу цю задачу можна виконати шляхом проведення аналізу ефективності відповідних хмарних інфраструктур і технологій їх створення, що є актуальним завданням [3, 4].

Метою доповіді є аналіз основних особливостей технологій хмарних обчислень, формування на цій основі переліку показників їх ефективності, а також розробка рекомендацій щодо підходів щодо проведення узагальненої оцінки цих показників.

У доповіді розглянуті основні характеристики та особливості технологій хмарних обчислень, що впливають на їх ефективність. Обґрунтовані як узагальнені, так і індивідуальні показники ефективності, що враховують ризики та вразливості при впровадженні хмарних технологій. Досліджено аналітичні моделі показників ефективності цих технологій і запропонована методика оцінки їх ефективності, що використовує сукупність множини кількісних даних, які характеризують усі аспекти технологій, у поєднанні із застосуванням експертних оцінок та методу попарних порівнянь.

Зокрема на основі аналізу особливостей хмарних технологій запропоновані наступні узагальнені показники, що відображають їх ефективність [5]. Перш за все – це економічність, яка характеризує сукупний економічний ефект від впровадження хмарних рішень за рахунок зниження витрат на інфраструктуру, обслуговування та персонал. Також важливим компонентом є інформаційна безпека, що визначає рівень захищеності даних, програмних ресурсів і засобів управління віртуальною інфраструктурою. Істотне значення має і людський фактор, що відображає ступінь адаптації користувачів і персоналу до нових технологій та їх готовність до інновацій. Крім того, доцільно враховувати ступінь ризику, яка пов'язана з правовим регулюванням, надійністю постачальників послуг і механізмами відновлення

даних. Додатково слід враховувати техніко-технологічні показники, що характеризують продуктивність, швидкість, масштабованість і зручність використання хмарних сервісів.

Також у роботі на основі інформації, що надається хмарними провайдерами, запропонована низька індивідуальних показників ефективності технологій хмарних обчислень [3-5]. До показників, що характеризують технічний фактор, відносяться рівень надійності, що визначається угодою про рівень обслуговування (SLA); швидкість обміну інформацією, що забезпечується користувачам; масштабованість як можливість підключення додаткових ресурсів; наявність додаткового простору для зберігання даних, а також можливості резервного копіювання інформації.

На основі аналізу узагальнених і приватних показників запропоновано методику оцінки ефективності технологій хмарних обчислень, що включає кілька послідовних етапів.

На початковому етапі здійснюється збір вихідних даних і формується експертна група. Далі експерти визначають і нормують індивідуальні показники, а також встановлюють їх вагові коефіцієнти із застосуванням методу попарних порівнянь.

На наступному етапі визначаються узагальнені показники та інтегральний показник ефективності хмарних технологій. Завершальним етапом є аналіз отриманих результатів, що дозволяє вибрати найбільш раціональний варіант або сформулювати рекомендації щодо поліпшення характеристик хмарних рішень.

Запропонована методика дозволяє оцінити ефективність хмарних технологій в різних умовах застосування, що дає змогу вдосконалити механізм управління такими системами та доступу до них.

Список літератури

1. Кононюк А.Є. Фундаментальна теорія хмарних технологій. Книга.1. – К.: Освіта України. – 2018. – 620 с.
2. Амиров А.К. Облачные технологии в системах поддержки принятия решений [Електронний ресурс] / А.К. Амиров, С.К. Сагнаева // Евразийский НУ им. Л.Н. Гумилева, Республика Казахстан. – 2021. – С. 24-26. – Режим доступу: https://libeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/44579/1/Amirov_Oblachnyye.pdf.
3. Amazon Web Services. Lambda. Guide for developers. Технічна документація Amazon Web Services [Електронний ресурс] // AWS. – 2025. – Режим доступу: <https://aws.amazon.com/lambda>.
4. Вступ до хмарної інфраструктури: опис архітектури та сервісів Azure [Електронний ресурс] // Microsoft Ignite. – 2025. – Режим доступу: <https://learn.microsoft.com/uk-ua/training/paths/azure-fundamentals-describe-azure-architecture-services/>
5. Колтун Ю.М. Забезпечення доступу до хмарного середовища та оцінка його якісних показників // О.С. Приходько, Ю.М. Колтун // матеріали 9-ої МНТК «Проблеми інформатизації». Том 2. – Черкаси – Баку – Бельсько-Бяла – Харків. – 18 - 19 листопада, 2021 р. – С. 107.

МОДЕЛЮВАННЯ РЕЛОКАЦІЙНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ПІДПРИЄМСТВ

Лещенко О.Б., Федорович В.А., Попов І.Є.

Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний університет», Харків, Україна

В умовах військового стану країни, виникає загрози щодо існування високотехнологічних виробництва, які створюють актуальну продукцію подвійного призначення.

Атаки противника спрямовані на пошкодження та ураження інфраструктури підприємств, що призводить до призупинення випуску високотехнологічних виробів [1, 2].

Тому, актуальна тема запропонованої доповіді, в якій розглядається результати проведених досліджень щодо процесу релокації підприємства у відносно безпечне місце розташування у тилу.

Метою доповіді є створення комплексу моделей та прикладної інформаційної технології щодо дослідження процесу релокації (евакуації) підприємства до тилу.

В доповіді наводяться результати досліджень:

- проаналізовані дії загроз на транспортну інфраструктуру перевезень, в умовах особливого стану країни;
- сформована логістика послідовності дій щодо процесу транспортування технологічного обладнання на нове, відносно безпечне місце розташування;
- створена оптимізаційна модель щодо пошуку раціональних значень показників часу, витрат та ризиків релокації підприємства;
- створена імітаційна модель щодо моделювання транспортних перевезень вантажів з технологічним обладнанням у різноманітному транспортному середовищі.

У військовому стані країни поширюються загрози на транспортну інфраструктуру (ТІ), яка має важливе значення для логістики перевезень вантажів подвійного призначення (військових, цивільного населення, тощо). Критичні вузли ТІ є ціллю для проведення атакуючих дій противника за допомогою дронів, ракет, тощо.

Тому, необхідно проводити вибір тих компонент ТІ, для яких можливо формувати, відносно безпечний, рух перевезень. Маршрути перевезень необхідно створити таким чином, щоб забезпечити мінімізацію ризиків перевезень.

Проводиться вибір відносно безпечних місць розташування підприємства для випуску актуальної продукції. Для цього необхідно оцінити загрози нового місця розташування, для планування дій щодо перевезення підприємства.

Для оцінки релокації підприємства, на нове місце розташування, були використані показники часу перевезень, витрат та ризиків. Вибір місця розташування проведений за допомогою лексикографічного впорядковування можливих варіантів.

Використані обмеження щодо виділення ресурсів для релокації підприємства. Була створена багатокритеріальна модель для вибору раціонального варіанту перевезень, в умовах використання різноманітного транспортного середовища (залізничний транспорт, автомобільний, морський, тощо).

Велику увагу приділено імітаційному моделюванню руху вантажів, з можливою перевалкою з одного виду транспорту на інший. Було створено алгоритм пошуку оптимального маршруту, з використанням моделювання конкурентоспроможних маршрутів, які імітуються паралельно у часі. Була створена агентна імітаційна модель для обґрунтування раціонального маршруту транспортних перевезень, з урахуванням ризиків впливу загроз на транспортну інфраструктуру.

Створена мультиагентна модель для дослідження послідовності логістичних дій щодо евакуації підприємства на нове місце розташування.

Використані математичні методи та моделі:

- системний аналіз для формування послідовності логістичних дій для релокації (евакуації) підприємства на нове місце розташування;
- комбінаторна модель щодо створення множини варіантів та вибору раціонального, відносно безпечного місця розташування підприємства;
- оптимізаційна модель щодо пошуку раціонального варіанту транспортних перевезень з використанням показників часу, витрат та ризиків перевезень;
- імітаційна модель щодо моделювання плану перевезень технологічного обладнання підприємства у різноманітному транспортному середовищі;
- мультиагентна модель для планування проекту релокації підприємства з прифронтової зони до тилу.

Висновки. Запропонований підхід дозволяє досліджувати транспортні перевезення технологічного обладнання підприємства, в умовах ризиків впливу загроз від атакуючих дій противника; обґрунтувати відносно безпечне місце розташування підприємства для випуску актуальної продукції; сформулювати раціональні маршрути перевезень, з використанням показників часу, витрат та ризиків; сформулювати рух перевезень у різноманітному транспортному середовищі.

Список літератури

1. Modeling the impact of threats and vulnerabilities in transport logistics of a developing enterprise / O. Fedorovich, Yu. Pronchakov, Yu. Leshchenko, A. Yelizieva // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2021. – № 3. – С. 29-36. DOI: <https://doi.org/10.32620/reks.2021.3.03>.
2. Models and information technology of aging management of man-made systems in the conditions of modern risks / Oleg Fedorovich, Liudmyla Lutai, Oleg Uruskiy, Sergii Gubka, Yuliia Leshchenko // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2024. – № 3. – С. 175-189. DOI: <https://doi.org/10.32620/reks.2024.3>

МОДЕЛЮВАННЯ ФОРМУВАННЯ НОВИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ПРОЄКТІВ СТВОРЕННЯ ІННОВАЦІЙНОЇ ПРОДУКЦІЇ

Федорович О.Є., Коновалова О.В., Діденко С.І.
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний університет», Харків, Україна

Поява нових інноваційних рішень у сучасній війні призвела до необхідності підготовки (перепідготовки) спеціалістів, здібних виконувати проєкти щодо творення сучасної техніки (військова техніка, озброєння, тощо) [1, 2]. Але, до цього необхідно проаналізувати компонентний склад, який є основою архітектури складного виробу та виділити компоненти різних типів (існуючі компоненти, компоненти, які підлягають модернізації, нові компоненти).

Тому, актуальна тема запропонованої доповіді, в якій використано компонентний підхід для формування компетентностей при підготовці (перепідготовці) спеціалістів для виконання проєктів щодо створення сучасної техніки.

Метою доповіді є розробка комплексу моделей та інформаційної технології, які дозволять планувати підготовку (перепідготовку) спеціалістів для засвоєння потрібних компетентностей, які є у новому проєкті.

В доповіді наводяться результати досліджень:

- проаналізовані існуючі методи щодо формування компетентностей спеціалістів для виконання проєктів створення складної техніки;
- створена компонентно-компетентностний підхід щодо підготовки (перепідготовки) спеціалістів для виконання сучасних проєктів створення актуальної продукції;
- розроблені оптимізаційні моделі щодо оцінки часу, вартості та ризиків проєкту по проведенню підготовки (перепідготовки) спеціалістів;
- розроблена агентна модель для планування навчальних дій щодо підготовки (перепідготовки) спеціалістів.

Існуюча ситуація в Україні потребує швидкої підготовки (перепідготовки) спеціалістів не через довгий цикл навчання, а через скорочений. Нові проєкти потребують нових компетентностей. Тому, для формування нового підходу до підготовки (перепідготовки) спеціалістів, було проведено такі дослідження:

- сформована архітектура інноваційного виробу у вигляді відносно ізольованих компонент;
- виявлені компоненти, які є інноваційними, і тому потребують нових знань (компетентностей) для їх створення;
- проведена комплексування різних типів компонент у сучасну архітектуру інноваційного виробу.

Була створена ієрархічна архітектура нового виробу у вигляді компонент кожного рівня (система, підсистема, агрегат, блок, вузол, елемент). Далі,

сформована множина нових компонент, які відсутні в аналогах та потребують створення. Було проведено аналіз існуючих компетентностей спеціалістів (базові, спеціальні) та сформована множина нових компонент, які є основою для створення нового виробу.

Проаналізовано потрібні нові компетентності та можливості їх засвоєння спеціалістами. Обмежені можливості, за часом та вартості процесу навчання, призвели до необхідності виділення головних компетентностей, без яких не можливо створення нового виробу. Розроблена оптимізаційна модель, для вибору можливого варіанту підготовки (перепідготовки) спеціалістів, з використанням в навчанні найбільш актуальних компетентностей. В якості основного показника, якій необхідно мінімізувати, було обрано час підготовки (перепідготовки) спеціалістів. В якості обмежень використані вартість та ризик проєкту щодо підготовки (перепідготовки) спеціалістів. Проведена багатокритеріальна оптимізація для пошуку компромісу серед значень показників часу, витрат та ризиків проєкту.

Проведене агентне моделювання освітніх дій щодо підготовки (перепідготовки) спеціалістів для планування процесу навчання.

Використані математичні методи та моделі:

- системний аналіз щодо підготовки (перепідготовки) спеціалістів для засвоєння нових знань;
- компонентний підхід до проєктування інноваційної техніки з виділенням відносно ізольованих компонент та їх наступного комплексування;
- сформовані потрібні компетентності для виконання проєкту після аналізу та виділення нових компонент виробу;
- оптимізаційні моделі для вибору раціонального варіанту компонентного складу архітектури інноваційного виробу;
- оптимізаційні моделі для мінімізації часу, з використанням обмежень за витратами та ризиками проєкту створення сучасної техніки;
- агентні моделі для моделювання послідовності проєктних дій при плануванні проєкту створення інноваційної продукції

Висновок. Запропоновано підхід, заснований на формуванні сучасної компонентної архітектури виробу, з використанням необхідних компетентностей, які потрібно засвоїти спеціалістам.

Список літератури

1. Dual education as a bridge between theoretical and practical knowledge / O. Fedorovych, N. Kunanets, Yu. Leshchenko, N. Veretennikova // The 1-st International Workshop IT Project Management (ITPM 2020), CEUR Workshop Proceedings, Vol. 2565, Slavsko, Lviv region, Ukrain, 18-20 February 2020. – P. 295-306.

2.. Моделювання профілів спеціалістів для планування та виконання проєктів зі створення інноваційних виробів аерокосмічної техніки / М. В. Нечипорук, О. Є. Федорович, В. В. Попов, М. С. Романов // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2022. – № 1. – С. 23-35. <https://doi.org/10.32620/reks.2022.1.02>.

МОДЕЛЮВАННЯ СКОРОЧЕННЯ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ СТВОРЕННЯ ВИСОКОТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ

Федорович О.С., Малєєв Л.В., Пісклова Т.С.

Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний університет», Харків, Україна

В умовах гібридної війни велике значення має серійний випуск продукції військового призначення (дрони, ракети, тощо) [1, 2]. За допомогою нових (інноваційних) високотехнологічних виробів можна створити асиметрію у бойових діях, яка дозволить забезпечити потрібний оборонний потенціал проти атакуючих дій противника. Тому, актуальна тема проведеного дослідження, в якому представлені результати щодо моделювання скорочення життєвого циклу (ЖЦ) створення високотехнологічної продукції.

Метою доповіді є розробка нового підходу щодо швидкого створення актуальної продукції для фронту. **В доповіді** наводяться результати досліджень:

- проведено аналіз існуючих підходів до формування ЖЦ високотехнологічної продукції;
- запропонована архітектура компонентного представлення складного високотехнологічного виробу;
- розроблена оптимізаційна модель проведення проєктних дій щодо створення нового (інноваційного) продукту;
- створена імітаційна модель для аналізу, у часі, послідовності проєктних дій для формування скороченого ЖЦ.

Існуючі підходи орієнтовані на формування ЖЦ створення високотехнологічного виробу, в умовах мирного часу. Але, для сучасного стану країни, вкрай необхідно швидко створювати та серійно випускати актуальну продукцію для фронту (озброєння, боеприпаси, тощо). Тому, було проведено дослідження щодо скорочення окремих етапів ЖЦ, з використанням сучасних проєктних технологій.

На етапі синтезу архітектури високотехнологічного виробу (наприклад, дронів) запропоновано використати сучасний компонентний підхід для швидкого створення продукції, з використанням типових компонент (існуючі; з позитивним досвідом використання; модернізовані; нові (інноваційні) компоненти).

Найбільші ризики створення продукції, а також збільшення часу та витрат, пов'язані з інноваційними компонентами. Тому, було розроблено оптимізаційна модель для пошуку раціонального варіанту архітектури високотехнологічного виробу, з використанням компромісу між ризиками, часом та витратами проєкту. Було проведено багатоваріантний аналіз можливих варіантів складу високотехнологічного виробу, для пошуку раціонального варіанту щодо планування проєкту. В оптимізаційних моделях було запропоновано метод лексикографічного впорядкування варіантів, який дозволяє використовувати як кількісні так і якісні оцінки показників. При

великій кількості варіантів було використано метод цілочисельного (булевого) програмування.

Для етапу технологічної підготовки виробництва раціонально використовувати сучасні 3D-принтери, які дозволяють швидко створювати окремі компоненти військової продукції. Довгий етап тестування, який був у минулому, скорочено за рахунок проведення випробувань у бойових умовах на полі бою.

Для серійного випуску продукції, а також його масштабування, необхідно використовувати віртуальне хмарне середовище для розподіленого управління виробництвом.

Проведене імітаційне моделювання скорочення ЖЦ високотехнологічного виробу, з використанням мультиагентного середовища Any Logic.

Використані математичні методи та моделі:

- системний аналіз скорочення ЖЦ, з виявленням суттєвих факторів;
- модель компонентного синтезу архітектури високотехнологічного виробу, з використанням типових компонент;
- модель оптимізації витрат часу та ризиків проєкту для вибору раціонального варіанту виконання проєкту;
- модель віртуального розподіленого управління серійним виробництвом високотехнологічних виробів;
- імітаційне та агентне моделювання послідовності етапів виконання ЖЦ.

Висновок. Запропонований підхід дозволяє, на початкових етапах створення високотехнологічної продукції, проаналізувати життєвий цикл створення виробу та забезпечити його скорочення, особливо, на етапах створення компонентної архітектури виробу, технологічної підготовки виробництва та серійного виробництва.

Це дозволяє забезпечити створення інноваційної продукції, загальний оборонний потенціал якої дозволяє сформувавши асиметрію щодо бойових дій противника.

Проведені дослідження дозволяють науково обґрунтувати новий підхід для швидкого створення високотехнологічних виробів, який заснований на компонентному проєктуванні, скороченні технологічної підготовки виробництва та проведення тестування на полі бою.

Список літератури

1. Models and information technology of aging management of man-made systems in the conditions of modern risks / Oleg Fedorovich, Liudmyla Lutai, Oleg Uruskiy, Sergii Gubka, Yuliia Leshchenko // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2024. – № 3. – С. 175-189. DOI: <https://doi.org/10.32620/reks.2024.3>

2.. Modeling of logistics of war reserve stockpiling for successful combat operations / O. Fedorovich, M. Lukhanin, O. Prokhorov, Yu. Pronchakov, O. Leshchenko, V. Fedorovich / Radioelectronic and Computer Systems, 2023, no. 1(105), P. 183-196.

МОДЕЛЮВАННЯ ВРАЗЛИВОСТЕЙ В ГЛОБАЛЬНІЙ ЛОГІСТИЦІ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Федорович О.Є., Сломчинський О.В., Соловйов В.С.

Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний університет», Харків, Україна

Сучасне виробництво високотехнологічних виробів потребує велику кількість комплектуючих, матеріалів та сировини [1, 2].

Підприємства, які виробляють комплектуючі, розташовані у різних кутках світу та потребують довгих логістичних ланцюгів постачання, в умовах впливу можливих загроз (політико-економічні, кліматичні, терористичні, військові, тощо).

Метою доповіді є створення комплексу моделей та прикладної інформаційної технології для аналізу впливу загроз на довгі ланцюги постачання високотехнологічних підприємств. **В доповіді** наводяться результати досліджень:

- проведено аналіз існуючих методів, моделей логістики перевезень комплектуючих у мирний час;
- виявлені основні фактори, які впливають на виникнення вразливостей в довгих логістичних ланцюгах постачання;
- створена оптимізаційна модель для аналізу та виділення логістичних компонент в русі перевезення комплектуючих;
- розроблені оптимізаційні моделі для обґрунтування постачання комплектуючих, в умовах впливу загроз та появи вразливостей;
- створена агентна імітаційна модель щодо формування раціональних маршрутів перевезення, з використанням ризиків впливу загроз.

Логістика перевезень у сучасному стані країни різко відрізняється від логістики мирного часу. Виникли загрози військового характеру, які підвищують ризики перевезень. Особливо це впливає на довгі ланцюги постачання з країн зарубіжжя, які виробляють комплектуючі для військової техніки та озброєння.

Вплив загроз, у першу чергу, пов'язаний з існуючими вразливостями транспортних систем, які виникли з-за фізичного та морального старіння техніки, а також з-за відсутності систем захисту транспортних вузлів. Можливості щодо захисту від вразливостей та відновлення є обмеженими. Тому, необхідно виділити критичні вразливості для проведення превентивних заходів щодо захисту.

Було створена оптимізаційна модель для обґрунтування руху комплектуючих, з урахуванням появи можливих вразливостей.

Розроблені оптимізаційні моделі для проведення превентивних заходів щодо мінімізації або нейтралізації вразливостей.

Сформовані показники часу, витрат та ризиків проєктів щодо проведення превентивних заходів для зменшення вразливостей. Для вибору раціонального варіанту проєкту проведення превентивних заходів, використано метод

лексикографічного впорядковування варіантів, з можливістю представлення показників як у якісній так і у кількісній метриках.

Проведена багатокритеріальна оптимізація для пошуку компромісного варіанту проведення превентивних заходів.

Велику увагу приділено формуванню маршрутів перевезень, в умовах існуючих загроз, які сприяють збудженню вразливостей та виникненню аварійних ситуацій у транспортних системах.

Розроблено алгоритм пошуку відносно безпечного маршруту постачання комплектуючих, в умовах впливу загроз. Алгоритм дозволяє формувати різні маршрути та оптимізувати час перевезень, з урахуванням обмежень щодо вартості та допустимому значенню ризиків.

Створена імітаційна модель, з використанням агентного середовища Any Logic. Модель має склад агентів (транспортні вузли, магістралі, переходи з магістралі на магістраль, тощо), за допомогою яких можна формувати раціональні маршрути та проводити оптимізацію руху перевезень комплектуючих.

Використані математичні методи та моделі:

- системний аналіз логістики перевезень, в умовах загроз сучасного стану країни;
- багатоваріантний аналіз можливих варіантів руху комплектуючих для вибору раціонального маршруту перевезень;
- оптимізаційна модель мінімізації вразливостей, з проведенням превентивних заходів щодо їх нейтралізації;
- оптимізаційна модель для мінімізації ризиків, часу та витрат проєкту проведення превентивних заходів щодо вразливостей;
- багатокритеріальна оптимізація для пошуку компромісу серед значень суперечливих показників часу, витрат та ризиків;
- імітаційне агентне моделювання маршрутів перевезень комплектуючих.

Висновок. Запропонований підхід дозволяє досліджувати логістику перевезень комплектуючих в особливому стані країни; аналізувати довгі логістичні ланцюги постачання комплектуючих; виявляти вразливості, які є цілями для проведення атакуючих дій противника; проводити пошук раціональних варіантів руху постачання комплектуючих.

Список літератури

1.. Моделювання транспортної логістики військових вантажів з урахуванням збитків, які виникають у зоні бойових дій через запізнення у постачанні / О. Є. Федорович, О. С. Уруський, І. Б. Чепков, М. І. Луханін, Ю. Л. Прончаков, К. О. Рибка, Ю. О. Лещенко // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2022. – № 2. – С. 63-74. <https://doi.org/10.32620/reks.2022.2.05>.

2.. Modeling of logistics of war reserve stockpiling for successful combat operation / O. Fedorovich, M. Lukhanin, O. Prokhorov, Y. Pronchakov, O. Leschenko, V. Fedorovich // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2023. - №1. – С. 183-196. <https://doi.org/10.32620/reks.2023.1.15>

МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗПОДІЛУ РЕСУРСІВ У ЦЕНТРАХ ГУМАНІТАРНОЇ ДОПОМОГИ

Таранюк М.М., Малєєва О.В.

Національний аерокосмічний університет
"Харківський авіаційний інститут", Харків, Україна

В умовах гуманітарних криз та надзвичайних ситуацій ефективний розподіл ресурсів у центрах гуманітарної допомоги є критично важливим для забезпечення своєчасної підтримки постраждалого населення. Традиційні методи управління ресурсами часто виявляються недостатньо гнучкими та не враховують динамічні зміни потреб [1]. **Метою** доповіді є розробка математичних моделей та інформаційної технології для оптимізації процесів розподілу ресурсів у центрах гуманітарної допомоги з урахуванням множини обмежень та динамічних змін у часі. Представлено багатокритеріальну модель оптимізації, яка враховує такі фактори, як терміновість потреб, географічне розташування отримувачів допомоги, наявність транспортних засобів та обмеження на термін придатності ресурсів [2].

Запропонована інформаційна технологія базується на використанні методів математичного програмування та алгоритмів машинного навчання для прогнозування потреб у ресурсах. Розроблено програмний комплекс, який дозволяє в режимі реального часу коригувати плани розподілу ресурсів. Система включає модулі для моніторингу запасів, планування маршрутів доставки та аналізу ефективності розподілу. Архітектура розробленої системи побудована на основі мікросервісного підходу, що забезпечує високу масштабованість та відмовостійкість. Система інтегрується з геоінформаційними сервісами для визначення оптимальних маршрутів доставки та моніторингу місцезнаходження транспортних засобів у реальному часі. Використання розподілених баз даних дозволяє забезпечити надійне зберігання інформації про запаси ресурсів та історію їх розподілу.

Практична апробація системи проводилася на даних регіональних центрів гуманітарної допомоги у м. Харків. Експериментальна перевірка запропонованих підходів показала підвищення ефективності розподілу ресурсів на 25-30% порівняно з традиційними методами, а також скорочення часу реагування на зміни потреб до 40%.

Список літератури

1. Кириченко О. Сучасні аспекти та технології управління розвитком підприємств. *Вчені записки Університету «КРОК»*. 2022. № 2(66). С. 107–115. DOI: <https://doi.org/10.31732/2663-2209-2022-66-107-115>.
2. Kosenko V., Persiyanova E., Belotsky O., Malyeyeva O. Methods of managing traffic distribution in information and communication networks of critical infrastructure systems. *Advanced Information Systems*. 2017. Vol. 1, No. 2. P. 48–56. DOI: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2017.2.09>.

MODELING LOGISTICS FOR DISTRIBUTED PRODUCTION UNDER THE CONDITIONS OF THREAT

Popov I., Leshchenko O., Chubukina O.

National Aerospace University «Kharkiv Aviation Institute», Kharkiv, Ukraine

The growing turbulence in the modern world creates significant challenges to the operation of all supply chains, particularly for large enterprises with branches and representative offices across various regions and countries. Warfare, infrastructure destruction, trade restrictions, and economic conflicts exert substantial influence on production and exports.

During the period of military aggression, Ukraine experienced considerable reductions in both production volumes and road transportation, primarily due to the destruction of infrastructure and the disruption of established transport routes. In addition, the logistical situation was complicated by long queues at Ukraine's western border crossings. At the same time, regular shelling of Ukrainian ports, railway hubs, and warehouses disrupted export routes and damaged logistics facilities.

Many Ukrainian researchers are actively seeking solutions to the problem of adapting logistics to emergency conditions [1], increasingly turning to advanced information technologies such as robotics, artificial intelligence, and others [2]. However, the requirements for logistics management programs, reserve replenishment planning, and warehouse sizing during armed conflicts differ significantly from those in peacetime [3].

One promising solution, enabled by digitalization and the implementation of Industry 4.0 principles, involves the organization of distributed production with automated logistics that accounts for diverse threats – including military operations, infrastructure damage, and supply disruptions. This approach can significantly enhance the adaptability of production processes while minimize disruptions and costs.

The purpose of the report is to investigate the logistics processes of distributed production and supply chains within an industrial enterprise under the conditions of external threats.

The study examines methods and criteria for assessing the resilience of logistics systems to adverse external influences, as well as optimization and simulation models for supply planning in crisis scenarios.

During conflicts, even the most optimized supply chains are among the first to become vulnerable to systemic disruptions. In this context, a systems-based approach is proposed, that combines risk assessment, scenario modeling, route optimization, and simulation of various crisis impacts.

To address the outlined challenges, the following methods and technologies are employed:

- optimization methods – for selecting rational routes and resource configurations;

- simulation modeling – for analyzing system behavior under threat scenarios;
- risk and resilience analysis methods – for building risk maps, conducting scenario analysis, and defining indicators of system stability and adaptability;
- geographic information systems (GIS) – for route visualization, assessment of transport network disruptions, and construction of alternative routes;
- information platforms (Internet of things, cloud analytics) – for data integration and real-time decision support.

Agent-based modeling of logistics operations to assess supply system resilience under threat conditions was carried out using the AnyLogic simulation platform, which integrates agent-based and discrete-event modeling approaches. This enabled the simulation of interactions between production and transport nodes, as well as the evaluation of consequences arising from route disruptions and infrastructure damage.

Analytical processing and data optimization were performed using the Python environment (SciPy, Pandas); spatial analysis was carried out using open cartographic services such as OpenStreetMap and Google Maps API. Real-time monitoring of logistics processes was implemented via Node-RED, SQLite, AWS IoT platform and the AWS IoT Core cloud service. This approach aligns with the principles of Industry 4.0 and allows operations under possible threats.

The research results are presented as a set of criteria and indicators for logistics system resilience; an optimization model for selecting supply routes under threat conditions; and a scenario-based simulator of logistics processes with different levels of impact (military actions, disruptions, infrastructure damage). Based on these results, recommendations will be formulated for industrial enterprises to improve flexibility, reduce risks and costs, and a prototype of an information-analytical system that integrates models for optimization, simulation, and route visualization will be developed.

This approach is applicable not only to Ukraine but also to international corporations with distributed production facilities located in high-risk areas (geopolitical instability, natural disasters, sanctions, and cyberattacks). The application of logistics modeling methods that take threats into account allows such companies to develop flexible contingency scenarios, adapt supply chains, ensure production continuity, and reduce costs during emergency situations.

References

1. Sushchenko P., Ilchenko H. Adaptation of supply chains to the challenges of martial law. *Commodity science. Technologies. Engineering*, 2023, vol. 45, no. 1, pp. 4–16. DOI: 10.31617/2.2023(45)01.
2. Крамський С. О. Розвиток логістики в умовах воєнного впливу в Україні: проблеми та перспективи. *Проблеми сталого розвитку морської галузі (PSDMI – 2024) : зб. матеріалів 4 Міжнар. наук.-практ. конф.* 2024. С. 159–161.
3. Федорович О. Є., Поліщук Є. В., Чмихун Є. К., Соловйов В. С. Моделювання критичних вразливостей у логістиці постачання озброєння та військової техніки в умовах воєнних загроз. *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. 2022. № 6. С. 40–49. DOI: 10.32620/akt.2022.6.05.

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ОБЛІКУ РОБІТ ТА МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ АВТОВЛАСНИКА

Губка О.С., Губка С.О.

Національний аерокосмічний університет
"Харківський авіаційний інститут", Харків, Україна

У сучасних умовах розвитку засобів автоматизованого обліку проведених робіт та витратних матеріалів для станцій технічного обслуговування (СТО) автомобілів залишається практично непомічена ще одна важлива задача. Справа в тому, що далеко не всі автовласники користуються фірмовими СТО офіційних дилерів певної марки автомобілів. Частіше за все після закінчення гарантійного періоду автовласник або користується неофіційними СТО, або послугами «сірих» СТО [1]. На відміну від фірмових СТО де є всі необхідні програми з базами робіт та витратними матеріалами по проведених діях з автомобілем, на інших видах СТО таких програм або не має, або вони індивідуальні на кожній СТО і поєднати цю інформацію в єдину систему практично не можливо [2].

Фактично відсутні програми, в яких автовласник міг би зібрати повністю всю інформацію по проведених роботах та витратних матеріалах свого автомобіля. Але ця інформація є вкрай важливою.

Метою доповіді є автоматизація обліку проведення планових та позапланових робіт та витратних матеріалів по автомобілю.

Основним функціоналом розробленої системи обліку є:

- ведення реєстру планових та позапланових робіт по автомобілю;
- фіксація пробігу автомобіля, місця і дати проведення робіт, гарантійні зобов'язання на проведені роботи та інше;
- ведення реєстру по витратним матеріалам для автомобіля;
- фіксація видів витратних матеріалів з вказанням ціни, місця купівлі, гарантійних зобов'язань на матеріали та інше;
- формування різного роду пошукових запитів по роботах та матеріалах.

Розроблена система суттєво спрощує зберігання та пошук інформації для автовласника, і за потреби, є можливість швидко знайти та передати зацікавленим особам інформацію по автомобілю.

Система розроблена у вигляді веб-застосунку, що дозволяє ефективно, швидко та якісно отримувати необхідну інформацію з будь-якої точки земної кулі та з будь-якого пристрою (навіть з мобільних пристроїв).

Список літератури

1.ERP для автосервісу, СТО. URL: <https://1b.app.ua/erp-for/car-service-stations>.
(Дата звернення: 06.11.2025)

2.Програми для обліку СТО та автомайстерень. URL: <https://a4.com.ua/programi-dlja-obliku-sto-ta-avtomajsteren> (Дата звернення: 06.11.2025)

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ МЕТОДИ МАРШРУТИЗАЦІЇ ВАНТАЖІВ У МАКРОЛОГІСТИЧНІЙ СИСТЕМІ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВИХ ЗАГРОЗ

Данілейко С.І., Мізинець В.Є.

Національний аерокосмічний університет
"Харківський авіаційний інститут", Харків, Україна

Сучасна транспортна інфраструктура України перебуває у стані активної трансформації, спричиненої як процесами післявоєнного відновлення, так і триваючими викликами воєнного характеру. Стратегічними ініціативами державної політики у сфері транспорту визначено розвиток мультимодальних перевезень, модернізацію логістичних вузлів, підвищення рівня цифровізації та безпеки транспортних операцій [1]. Однак у процесі реалізації цих завдань виникають ризики, зумовлені як внутрішніми технологічними чинниками, так і зовнішніми загрозами – геополітичними, економічними, соціальними та екологічними.

Макрологістична система держави являє собою складну мережу взаємопов'язаних транспортних підсистем, серед яких залізнична, автомобільна, морська, річкова та авіаційна. Їх взаємодія створює можливість ефективної організації ланцюгів постачання, але водночас формує зону підвищеного ризику.

Логістичний ризик розглядається як імовірність порушення ритмічності перевезень, затримок або зриву постачання, що безпосередньо впливає на стійкість економіки та обороноздатність країни [2].

До внутрішніх чинників ризику належать технологічні помилки у процесах зберігання, транспортування та сортування вантажів, недостатній рівень автоматизації, низька спеціалізація персоналу та обмежені виробничі ресурси.

До зовнішніх — коливання ринкового попиту, інфляційні процеси, геополітична нестабільність, екологічні обмеження, зміни митного та податкового законодавства, а також пряма військова агресія росії проти України [3].

З початком повномасштабних бойових дій транспортна система України зазнала безпрецедентного навантаження. Блокування морських портів, руйнування автомобільних і залізничних шляхів, закриття авіаційного простору зумовили розрив логістичних ланцюгів та вимушену переорієнтацію вантажних потоків на західні коридори через Польщу, Румунію, Словаччину та Угорщину.

За даними досліджень KSE Institute, прямі збитки транспортної інфраструктури сягнули десятків мільярдів доларів [4].

Водночас на функціонування логістики суттєво впливають енергетичні ризики. Масовані обстріли об'єктів енергетичної інфраструктури призводять до відключень електроенергії, що ускладнює роботу логістичних хабів, терміналів і складів. Порушення стабільності енергопостачання безпосередньо

впливає на безперервність перевезень, особливо в сегментах холодового транспорту та електрифікованих залізничних дільниць.

Паралельно виникають інституційні загрози – відсутність єдиного центру оперативного управління транспортною логістикою, розбіжності у нормативно-правовій базі між Україною та країнами ЄС, недостатнє фінансування робіт з відновлення та будівництва мультимодальних терміналів. Сукупність цих факторів формує складне середовище функціонування макрологістичної системи.

У таких умовах особливого значення набуває розроблення інтелектуальних методів маршрутизації вантажів, які враховують різноманітність транспортної мережі, обмежену доступність шляхів і зростаючі ризики. Оптимізація маршрутів у реальному часі потребує інтеграції систем моніторингу, аналітики великих даних (Big Data) та алгоритмів штучного інтелекту (AI), що дозволяють прогнозувати завантаженість шляхів і можливі загрози для перевезень.

Інтелектуальні транспортні системи (ІТС) забезпечують динамічне управління маршрутами, моделювання можливих сценаріїв доставки, оцінку ризиків і вибір безпечних об'їздів шляхів. Алгоритми адаптивного планування дозволяють автоматично перебудовувати маршрути залежно від змін оперативної обстановки, погодних умов чи появи нових загроз.

До основних компонентів таких систем належать:

- цифрові карти ризиків, що враховують бойові дії, погодні явища, зони руйнувань та тимчасово недоступні об'єкти;
- моделі прогнозування завантаженості транспортних коридорів на основі телеметричних та супутникових даних;
- оптимізаційні алгоритми маршрутизації, що адаптуються до оперативних змін;
- інформаційні шлюзи, які забезпечують взаємодію між державними структурами, перевізниками, митними органами та логістичними операторами.

Реалізація таких підходів дозволить забезпечити гнучкість і стійкість логістичних процесів навіть в умовах активних бойових дій. Окрім того, впровадження інтегрованих систем керування ризиками сприятиме мінімізації затримок, скороченню втрат ресурсів і підвищенню ефективності використання транспортної інфраструктури.

Одним із перспективних напрямів розвитку є поєднання алгоритмів маршрутизації з прогнозно-аналітичними модулями, що використовують машинне навчання для виявлення закономірностей у транспортних потоках. Такі системи здатні формувати рекомендації для прийняття управлінських рішень, автоматично переорієнтовувати рух при виникненні небезпеки та розподіляти ресурси між альтернативними коридорами.

Важливою складовою підвищення стійкості макрологістичної системи є диверсифікація транспортних каналів і інтеграція України в європейські транспортні мережі TEN-T, що відкриває нові можливості для міжнародного

транзиту, розвитку мультимодальних терміналів і залучення інвестицій. Паралельно необхідно створювати єдину цифрову платформу координації перевезень, яка об'єднає дані державних і приватних операторів та дозволить оптимізувати рух вантажів у масштабах країни.

Ключовим аспектом є також адаптивність макрологістичної системи до змін зовнішнього середовища. Вона досягається шляхом оперативного реагування на зміни транспортної ситуації, удосконалення регуляторних механізмів та модернізації інфраструктурних елементів. Така гнучкість дозволяє системі не лише функціонувати в умовах війни, але й поступово переходити до стійкої моделі післявоєнного розвитку [5].

Таким чином, поєднання інтелектуальних методів маршрутизації, аналізу ризиків та адаптивного управління транспортними потоками формує основу нової моделі транспортної безпеки України. Реалізація цих підходів сприятиме збереженню логістичної спроможності держави, забезпеченню критичних перевезень і створенню передумов для швидкого відновлення транспортної інфраструктури в післявоєнний період.

Важливо також наголосити, що ефективне функціонування транспортно-логістичної системи України у довгостроковій перспективі можливе лише за умови комплексного підходу.

Необхідно створювати адаптивні нормативно-правові механізми, які дозволять швидко реагувати на зміни зовнішнього середовища та підтримувати гнучкість логістичних процесів. Значну роль у цьому відіграє взаємодія державних органів, наукових установ та приватного бізнесу, спрямована на розробку інноваційних інструментів планування та прогнозування вантажопотоків.

Список літератури

1. Проект Плану відновлення України. Матеріали робочої групи «Відновлення та розбудова інфраструктури». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/recoveryrada/ua/restoration-and-development-of-infrastructure.pdf>
2. Fedorovich O., Pronchakov Yu., Leshchenko Yu., Yelizieva A. (2021). Modeling the impact of threats and vulnerabilities in transport logistics of a developing enterprise. *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*, (3), 29–36. DOI: 10.32620/reks.2021.3.03.
3. Державна служба статистики України. Транспорт України: статистичний збірник 2022. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/Arhiv_u/08/Arch_tr_zb.htm
4. Звіт про прямі збитки інфраструктури від руйнувань внаслідок військової агресії росії проти України за рік від початку повномасштабного вторгнення. (2023). KSE Institute. – Режим доступу: https://kse.ua/wp-content/uploads/2023/03/UKR_Feb23_FINAL_Damages-Report-1.pdf
5. Fedorovich O., Lukhanin M., Prokhorov O., Slomchynskiy O., Hubka O., Leshchenko Yu. (2023). Simulation of arms distribution strategies by combat zones to create military parity of forces. *Radioelectronic and computer systems*, no. 4, pp. 209–220. DOI: 10.32620/reks.2023.4.15.

МОДЕЛЮВАННЯ УПРАВЛІННЯ КООРДИНАЦІЄЮ ДРОНІВ У РЯТУВАЛЬНИХ МІСІЯХ

Діденко С.І., Попов А.В.

Національний аерокосмічний університет
"Харківський авіаційний інститут", Харків, Україна

Використання безпілотних літальних апаратів (БпЛА) у рятувальних місіях відкриває нові можливості для моніторингу небезпечних зон, пошуку постраждалих і доставки критичних вантажів у складних умовах. Проте забезпечення ефективної координації великої кількості дронів залишається складним науково-практичним завданням. Рій БпЛА має функціонувати в умовах обмеженого зв'язку, часткових відмов і нестачі енергії, що потребує створення адаптивних моделей управління з децентралізованими алгоритмами прийняття рішень [1].

Актуальність дослідження зумовлена потребою у розробці систем колективного управління, здатних працювати автономно та узгоджено під час рятувальних операцій у зонах бойових дій і надзвичайних ситуацій. У таких умовах традиційні централізовані підходи є недостатньо стійкими, тому застосування ройових методів дає змогу підвищити надійність і швидкість реагування.

Метою доповіді є представлення підходу до моделювання процесів управління координацією рою дронів із використанням адаптивних алгоритмів колективної поведінки. Аналіз існуючих рішень показав, що моделі Boids, PSO (Particle Swarm Optimization), ACO (Ant Colony Optimization) та MARL (Multi-Agent Reinforcement Learning) які мають переваги у сфері пошуку оптимальних маршрутів і поведінки агентів, проте потребують комбінування для досягнення стійкості в реальних умовах [2–4].

Перспектива розвитку моделі, яка поєднує простоту локальних правил Boids з адаптивністю навчання з підкріплення, виглядає позитивно завдяки стійкості до умов невизначеності. Кожен агент ухвалює рішення, спираючись на дані про сусідів, перешкоди, рівень енергії та якість каналу зв'язку.

Таким чином, розробка моделі управління координацією дронів дозволяє скоротити час пошуку, мінімізувати дублювання маршрутів і зберігати ефективність рою навіть за умов невизначеності та часткових відмов.

Список літератури

1. Теорія і практика застосування безпілотних літальних апаратів (дронів), 2023. С 18-34. <https://repository.gnpu.edu.ua/items/8bceb63c-ba8c-4345-ade9-d1a0f4f0c6c0>
2. Reynolds, C.W. Flocks, Herds, and Schools: A Distributed Behavioral Model. 1987. С 1-21 <https://team.inria.fr/imagine/files/2014/10/flocks-hers-and-schools.pdf>
3. Muhsen, D.K. Swarm Robotics Algorithms for Area Coverage: A Survey. Algorithms 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/a17010003>
4. Chijioke C. Ekechi. A Survey on UAV Control with Multi-Agent Reinforcement Learning. 2025, DOI: <https://doi.org/10.3390/drones9070484>

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ДОНОРНО-АКЦЕПТОРНОГО ПІДХОДУ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕСУРСНОЇ ВЗАЄМОДІЇ

Доценко Н.В., Луців Я.С.

Харківський національний університет міського господарства
імені О.М. Бекетова, Харків, Україна

Використання донорно-акцепторного підходу для забезпечення ресурсної взаємодії в мультипроектному середовищі передбачає можливість перерозподілу ресурсів між проектами та програмами. Особливості впровадження підходу залежить від специфіки галузі, рівня діджиталізації процесів управління ресурсами та проектного управління, проектної зрілості, наявності РМО, стилю корпоративного управління [1].

Метою доповіді є розгляд особливостей застосування донорно-акцепторного підходу для забезпечення ресурсної взаємодії та розробка рекомендації щодо його впровадження.

В доповіді наводяться результати аналізу впливу рівня централізації управління на ефективність ресурсного забезпечення проектів та програм в мультипроектному середовищі. Інкапсуляція ресурсної взаємодії в межах проекту має певні обмеження, пов'язані з неможливістю долучити додаткові ресурси: зниження гнучкості залучення зовнішніх ресурсів; вищі адміністративні витрати; низька міжпроектна синергія; додаткові вимоги до команди проекту. Застосування принципу ресурсної автономії може бути забезпечено шляхом удосконалення процесів прийняття рішення щодо розподілу ресурсів при забезпеченні оперативного реагування на зміни, управління критичними компетенціями. З метою підвищення ресурсної реалізуємості проекту доцільно забезпечувати функціональне резервування людських ресурсів та використовувати спеціалізоване ПЗ з управління ресурсами, що знизить ризики, пов'язані з людським чинником.

Застосування оркестрації ресурсів дозволяє забезпечити гнучкий перерозподіл ресурсів між проектами мультипроектного середовища за рахунок донорно-акцепторної ресурсної взаємодії. При створенні пулу ресурсів з подальшим перерозподілом ресурсів між проектами необхідно впроваджувати конфіденційність угод (NDA) задля зниженню витоку даних та забезпечення політики конфіденційності даних для конкретного проекту.

Таким чином, урахування особливостей застосування донорно-акцепторного підходу для забезпечення ресурсної взаємодії дозволить врахувати вплив мультипроектного середовища.

Список літератури

1. Настанова до зводу Знань з управління проектами. Настанова РМВОК 7-е видання та стандарт з управління проектами. 2022 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://pmiukraine.org/pmbok7/>

РИЗИКООРІЄНТОВАНЕ УПРАВЛІННЯ ЛЮДСЬКИМИ РЕСУРСАМИ МУЛЬТИПРОЄКТНОГО СЕРЕДОВИЩА В SYNEFIN FRAMEWORK

Доценко Н.В.

Харківський національний університет міського господарства
імені О.М. Бекетова, Харків, Україна

Реалізація проєктів в агресивному BANІ середовищі потребує трансформації процесів управління з урахуванням впливу ризиків та необхідності впровадження інтегрованої системи управління змінами та ризиками проєктів [1]. Використання ризикоорієнтованого підходу при організаційному управлінні дозволяє здійснювати більш глибоку аналітику бізнес-процесів та забезпечує трасування управлінських процесів без зміни станів (організаційних конфігурацій) елементів мультипроєктного середовища.

Метою доповіді є розгляд принципів ризикоорієнтованого управління людськими ресурсами при застосуванні Synefin Framework.

В доповіді наводяться результати аналізу особливостей впровадження ризикоорієнтованого управління людськими ресурсами в мультипроєктному середовищі в Synefin Framework.

Проведення аналізу проєктів портфелю з точки зору належності до певних доменів Synefin Framework дозволить виявити рівень гомогенності портфелю за параметром невизначеність. Оскільки при реалізації проєкту приналежність до домену може змінюватися, то необхідно впровадити систему метрик, що ідентифікують потенційні ризики. Визначення категорій спостереження та формування індикативних маркерів дозволяє проводити моніторинг показників конфігурацій забезпечення людськими ресурсами проєкту в визначених точках життєвого циклу. Віртуальне тестування гіпотез, А/В тестування управлінських рішень, моделювання змін з урахуванням контексту домену позитивно впливають на якість управління проєктами та програмами. Застосування service label як елементу опису конфігурації проєкту в мультипроєктному середовищі дозволяє класифікувати проєктні стани за ознаками: часові та вартісні параметри, ресурсне забезпечення, стейкхолдери, ризики тощо.

Таким чином, застосування принципів Synefin Framework при забезпеченні ресурсами дозволить здійснювати аналіз середовища та застосовувати ризикоорієнтоване управління людськими ресурсами в мультипроєктному середовищі.

Список літератури

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

МОДЕЛЬ УПРАВЛІННЯ ВАНТАЖОПЕРЕВЕЗЕННЯМИ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Слізева А.В.

Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний університет», Харків, Україна

При організації вантажоперевезень українські компанії стикаються з такими проблемами, як неоптимізовані вантажопотоки та маршрути, затримки поставок через застарілу транспортну інфраструктуру, обмеження управління перевезеннями тощо [1, 2]. Для їх вирішення важливо впроваджувати інноваційні підходи та новітні технології. Сьогодні моделі штучного інтелекту широко застосовуються у багатьох сферах бізнесу, у тому числі й логістиці. За допомогою нейромереж вирішуються задачі прогнозування попиту, вибору маршруту, оптимізації витрат тощо [3]. Управління вантажоперевезеннями передбачає комплексне вирішення цих задач.

Метою доповіді є розробка моделі управління процесом вантажоперевезень на основі об'єднання результатів навчання нейронних мереж, що дозволить скоротити час і витрати на процеси прийняття рішень.

В доповіді наведена системна модель управління процесом вантажоперевезень із виділенням параметрів його основних задач, які є входами нейронної мережі. Пропонується використовувати згорткову нейронну мережу для розв'язання задачі оптимізації маршруту транспортування. При цьому застосовується навчання з підкріпленням. Для задач прогнозування попиту перевезень застосовуються рекурентні нейронні мережі з контрольованим методом навчання [3, 4]. Задача відстеження вантажу вирішується за допомогою згорткової нейронної мережі з методом глибинного навчання. Отримані результати є основою для прийняття управлінських рішень на тактичному рівні. В зв'язку з цим чинності набувають моделі управління вантажоперевезеннями на основі методів штучного інтелекту.

Список літератури

1. Самодай В.П., Донський М.Л., Растова К.П. Проблеми сьогодення логістичної мережі України. *Економіка та суспільство*. 2024. № 60. С. 132–138. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-60-6>.
2. Франів І.А., Хархаліс І.М. Актуальні проблеми логістичних ланцюгів. *Вісник Львівського торговельно-економічного університету. Економічні науки*. 2024. № 76. С. 34–39. DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1205-2024-76-04>.
3. Якушенко О.С., Макеев А.О. Використання нейронних мереж у логістиці // Матеріали XVI МНТК 18-20 квітня 2023 р. «Авіа – 2023». –К.: НАУ, 2023. – С. 3.26 – 3.29.
4. Ковшик В.І. Використання штучних нейронних мереж для прогнозування логістичних витрат машинобудівних підприємств. *Східна Європа: економіка, бізнес та управління*. 2016. Вип. 4 (04). С. 430 – 435.

ВИЯВЛЕННЯ ТУПИКОВИХ СЦЕНАРІЇВ ЦИФРОВИХ ІНТЕРФЕЙСІВ З ВИКОРИСТАННЯМ AI AGENTS

Ігнатюк Є.О., Попов А.В.

Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна

Проблема ефективного тестування користувацьких інтерфейсів залишається актуальною у сучасній UX-аналітиці. Попри розвиток методів тестування зручності (usability testing) [1], більшість із них і досі потребують участі реальних користувачів, ручного аналізу логів або суб'єктивної інтерпретації результатів, що робить процес тривалим і дорогим. При цьому значна частина проблем – так звані тупикові сценарії (UI exploration tarps) – виникають у ситуаціях, коли користувач застрягає в циклі повторних дій, не знаходячи шляху до цілі [2]. Типовими прикладами є спроби повторно натискати неактивну кнопку, повертатися до того самого екрану кілька разів або намагатися заповнити форму без обов'язкових полів. Такі сценарії не завжди фіксуються як помилки, оскільки користувач не припиняє роботу з інтерфейсом, а лише безрезультатно взаємодіє з ним – переміщує курсор, переглядає ті самі елементи чи змінює порядок дій.

Метою доповіді є підхід до автоматизованого виявлення тупикових сценаріїв у цифрових інтерфейсах із використанням ШІ-агентів (AI agents), які моделюють поведінку реальних користувачів. ШІ-агенти здатні автономно виконувати дії в інтерфейсі, спостерігати за змінами станів елементів, накопичувати досвід і робити висновки про ефективність навігації. Їхня перевага полягає в можливості багаторазового проходження інтерфейсу за різними сценаріями без участі людини, що відкриває шлях до створення симуляційних систем UX-тестування.

На початковому етапі формується граф переходів користувача (interaction graph), який описує структуру інтерфейсу – сторінки, кнопки, переходи та логіку зв'язків між ними. Граф може бути сформований автоматично на основі HTML- або UI-структури додатка за допомогою інструментів типу Selenium чи Puppeteer, які дозволяють ШІ-агенту зчитувати DOM-вузли та визначати, які дії можливі на кожному етапі.

Далі визначається цільова функція, що задає критерії успіху агента – наприклад, завершення покупки, заповнення форми чи навігація до певного стану інтерфейсу. Під час роботи ШІ-агент виконує дії, реєструючи зміни станів і метрики поведінки: кількість кліків, глибину переходів, повтори, затримки між подіями [3].

Кожен крок записується у вигляді таблиці логів із часовими мітками, ідентифікаторами елементів, координатами курсора та типом взаємодії. На основі цих даних формується база поведінкових послідовностей, що використовується для подальшого аналізу. Якщо агент багаторазово повторює дії без досягнення мети або кількість циклічних переходів перевищує поріг, система фіксує тупиковий сценарій. У межах цього підходу поняття аномалії

трактується як відхилення від типового сценарію користувача – тобто поведінка, яка статистично рідкісна або нелогічна з погляду цільової функції. Такі випадки часто передують формуванню тупиків і можуть сигналізувати про слабку зрозумілість або перевантаження інтерфейсу.

Після збору даних система проводить аналіз таблиць логів за допомогою нейронних мереж для визначення подібності сценаріїв і класифікації знайдених тупиків [4]. Використовується комбінація моделей глибинного навчання для послідовностей дій (наприклад, LSTM, GRU) та методів візуалізації теплових карт переходів [6]. Це дозволяє побудувати «поведінкові профілі» інтерфейсу, у яких відображено частоту повторних дій і затримки між кроками.

Отримані результати дозволяють автоматизувати попередню фазу UX-тестування – виявлення прихованих структурних проблем інтерфейсу до проведення досліджень із реальними користувачами. Така система може бути інтегрована у конвеєр розробки, виконуючи автоматичну перевірку нових версій інтерфейсу. Додатково результати табличного аналізу можна піддавати нейромережевій оцінці, що дає змогу виявляти залежності між глибиною навігації, кількістю спроб імовірних тупиків та формувати аналітичні рекомендації щодо оптимізації архітектури інтерфейсу.

Наукова новизна полягає у використанні симуляційних ШІ-агентів для аналізу послідовностей дій у поєднанні з методами глибинного навчання. На відміну від традиційних тестів зручності, запропонований підхід дозволяє виконувати тисячі симульованих проходжень інтерфейсу без участі користувача, автоматично виявляючи неефективні або замкнені сценарії. Це створює передумови для побудови автономних систем тестування з адаптивним навчанням і самостійним покращенням.

Список літератури

- 1.Vyas T., Khanchandani V., Shah S. AI Agent Driven Usability Testing: Simulating Human Behavior for Interface Optimization. Proc. ACM CHI, 2024.
- 2.Liu C., Ye Z., Zhang M. UI Exploration Tarps: Identifying and Avoiding Dead-end Scenarios in Interactive Systems. arXiv preprint, 2023. DOI: 10.48550/arXiv.2302.06377.
- 3.Batch A., Ji Y., Fan M., Zhao J., Elmqvist N. uxSense: Supporting User Experience Analysis with Visualization and Computer Vision. IEEE Access, 2023. DOI: 10.1109/ACCESS.2023.10034833.
- 4.Fan M., Yang X., Yu T.T., Liao Q.V., Zhao J. Human-AI Collaboration for UX Evaluation: Effects of Explanations and Synchronization. arXiv preprint, 2021. arXiv:2112.12387.
- 5.Ігнатюк Є. О., Попов А. В. Методико-інструментальні засоби автоматизованого аналізу даних результатів UX-досліджень з використанням систем штучного інтелекту. Сучасні інформаційні системи. 2024. DOI: <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2025.1.96-106>.
- 6.Dou Q., Zheng X.S., Sun T., Heng P.-A. Webthetics: Quantifying webpage aesthetics with deep learning. International Journal of Human-Computer Studies, 2018. DOI: 10.1016/j.ijhcs.2018.11.006.

СТВОРЕННЯ ІНТЕРНЕТ-РЕСУРСУ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ РАД «ХАІ» НА ОСНОВІ ПЛАТФОРМИ INTERSYSTEMS IRIS

Лещенко О.Б., Анікін А.М.

Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний університет», Харків, Україна

У роботі акцентуються питання про необхідність висвітлення науково значущих подій, таких як захист дисертацій в постійно діючих спеціалізованих радах вищого навчального закладу (ВНЗ), а також розміщення всієї необхідної інформації в відкритому доступі Інтернет.

Метою доповіді є створення комплексу моделей та Інтернет-ресурсу для завантаження, зберігання, та аналізу отриманої інформації.

Метою доповіді є дослідження технологій для розробки Інтернет-ресурсу наукових спец. рад університету. В доповіді наводяться результати аналізу особливостей технології для розробки ресурсу. Розроблена модель використовує інтелектуальні агенти, поведінка яких визначається накопленою базою знань. Рівень інтелектуальності кожного агента оцінюється здатністю використовувати збережені знання в нових, заздалегідь невідомих ситуаціях, де оцінюваний агент прийнятний як активний вирішувач завдань.

Розміщуючи Інтернет-ресурс спец. рад ВНЗ в Інтернеті, переслідується головна мета – донести інформацію щодо діючих спец. рад ВНЗ, зареєстровані в реєстрі МОНУ шифри рад, ПІБ голів рад, ПІБ заступників голів рад, ПІБ секретарів рад, перелік спеціальностей за якими виконуються захисти дисертацій, ПІБ членів кожної спец. ради. Інтернет-ресурс дає можливість відображати інформацію про ПІБ здобувача наукового ступеня – автора роботи, шифр спеціальності, дата та час захисту дисертації, науковий ступінь, назва роботи, посилання на автореферат, посилання на дисертацію, відгуки рецензентів, висновки, посилання на аудіо та відеозапис захисту дисертації, що підвищує популярність ВНЗ у галузі наукових розробок.

Використання високопродуктивної платформи InterSystems IRIS [1] для розробки Інтернет-ресурсу дозволяє скоротити затримки під час підготовки даних для аналізу та отримувати інформацію в реальному часі. Реалізація на платформі InterSystems IRIS масштабується, що дозволяє ефективно обробляти зростаючі навантаження з великими обсягами даних та паралельними запитами. Завдяки аналітичним можливостям Інтернет-ресурс дозволяє в реальному часі отримувати користувачу корисну інформацію та використовувати її для отримання оперативних рішень щодо пошуку та використання наукової інформації.

Список літератури

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

СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО МАРКЕТИНГУ В СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖАХ

Шевченко Р.І., Яшина О.С.

Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна

За останні десять років соціальні мережі кардинально змінили принципи маркетингових комунікацій. На зміну традиційним каналам, як-от телебачення чи друковані ЗМІ, прийшли цифрові платформи, що стали ключовим інструментом для комунікації бізнесу з клієнтами [1, 2].

Facebook, залишаючись глобальним лідером, надає бізнесу потужний набір інструментів: від таргетованої реклами та сторінок компаній до функцій електронної комерції. Однак повноцінне використання цих інструментів неможливе без постійної роботи: регулярного випуску контенту, моніторингу зворотного зв'язку та аналізу статистики [3].

Водночас, ефективне управління контентом у соціальних мережах потребує значних ресурсів: часу на створення контенту, планування публікацій, моніторингу ефективності та аналізу аудиторії. Багато малих та середніх підприємств стикаються з проблемами нерегулярності публікацій, відсутності системної аналітики та неможливості керувати кількома обліковими записами одночасно. Традиційні підходи до SMM-менеджменту часто виявляються неефективними та забирають забагато часу та зусиль.

Актуальність теми зумовлена потребою у пошуці та впровадженні практичних методів автоматизації маркетингу в соціальних мережах, зокрема з використанням технологій штучного інтелекту для створення контенту, планування публікацій та аналізу даних.

Метою роботи є створення інтегрованої системи автоматизації маркетингу для соціальних мереж, яка підвищить ефективність управління контентом шляхом поєднання AI-генерації, автоматичного планування та детальної аналітики.

Система передбачає не лише базову генерацію контенту, але й механізм інтелектуального аналізу ефективності публікацій з автоматичним формуванням рекомендацій для оптимізації контент-стратегії.

Концепція роботи системи рекомендацій передбачає реалізацію таких основних функцій:

1. Збір статистики. Система періодично збирає статистику опублікованих постів, включаючи: час публікації, кількість лайків, коментарів та репостів.

2. Виявлення найуспішніших публікацій. На основі зібраних метрик формується рейтинг постів за певний період (тиждень) з виділенням топ-10 найефективніших публікацій за показником залученості.

– AI-аналіз успішного контенту. З періодичністю раз на тиждень система: відбирає найкращі пости за аналітичними показниками; формує промпт для AI-моделі з запитом на аналіз спільних патернів; отримує

структуровані рекомендації, які включають визначення оптимальної довжини текстів, ефективних тем та стилю викладу, найкращого часу для публікацій.

– Інтеграція рекомендацій у робочий процес. Згенеровані рекомендації використовуються як підказки при створенні нових постів, а також як шаблони промптів для AI-генерації.

Ця функціональність перетворює накопичену аналітику на практичні рішення для підвищення маркетингової ефективності.

Технологічний стек для системи формувався з урахуванням вимог до швидкості розробки, ефективності роботи та економічної доцільності.

Backend-розробка базується на Python з фреймворком FastAPI. Цей вибір обумовлений високою ефективністю асинхронної обробки запитів, автоматичним генеруванням документації API та зручною інтеграцією з бібліотеками штучного інтелекту [4]. Система керування базами даних використовує SQLite з можливістю подальшого переходу на PostgreSQL у разі зростання обсягів інформації.

Клієнтська частина реалізована на HTML5, CSS3 та JavaScript.

Для реалізації AI-функціоналу система використовує бібліотеку GPT4Free з провайдером DeepInfra та моделлю Qwen3-Coder-30B. Це безкоштовне рішення обрано для навчально-дослідницьких цілей на етапі розробки; при впровадженні в експлуатацію передбачається перехід на комерційні API (OpenAI, Claude).

Система планування побудована на основі стандартної бібліотеки asyncio. Інтеграція з соціальними мережами реалізована через Facebook Graph API v18.0 для публікації контенту та збору статистики.

Система забезпечує скорочення витрат часу на рутинні операції SMM-менеджменту, регулярність публікацій завдяки автоматизованому плануванню та можливість приймати обґрунтовані рішення на основі аналітики ефективності.

Список літератури

1. Saumya Dash. Leveraging Machine Learning Algorithms in Enterprise CRM Architectures for Personalized Marketing Automation. (2024). *Journal of Artificial Intelligence Research*, 4(1), 482-518. Available: <https://www.thesciencebrigade.org/JAIR/article/view/526>
2. Солнцев С. О., Биба В. К. Сучасні тенденції ринку систем автоматизації маркетингу //Економічний вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». – 2025. – №. 32. – С. 141-144. DOI: <https://doi.org/10.20535/2307-5651.32.2025.328559>
3. Pratama R. H., Julianawati P. E., Sejati H., Asmirani S., & Fatoni A. S. (2025). The Influence Of Ai-Based Marketing On Personalization And Automation Effectiveness In Digital Marketing Strategies: A Case Study Of Facebook Marketplace. *Ekonomia*, 15(2), 75-88. DOI: <https://doi.org/10.54342/wvs4pa86>
4. Van der Vlist F. N., Helmond A., Burkhardt M., & Seitz T. (2022). API Governance: The Case of Facebook's Evolution. *Social Media + Society*, 8(2). DOI: <https://doi.org/10.1177/20563051221086228>

МОДЕЛЮВАННЯ ОРЕНДИ ЖИТЛА НАСЕЛЕННЯМ В МІСТІ

Андреев В.Р., Лещенко Ю.О.

Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна

Оренда житла в українських містах останнім часом стала складним та непередбачуваним процесом. Повномасштабне вторгнення РФ в Україну додало значних складнощів до роботи сектору оренди й вкотре загострила питання про його доступність і захищеність.

В умовах війни, зростанні бідності й безробіття, стає все складніше знайти для себе прийнятний варіант на ринку. Достеменно невідомо, скільки у нас орендарів, які умови проживання вони надають, як часто стикаються з виселенням та ін. Збір та аналіз подібної інформації вимагає багато часу та сил. Тому дослідження, що присвячено моделюванню динаміки ринку оренди житла в місті є актуальним в сучасних умовах.

Метою доповіді є дослідження динаміки ринку оренди житла в місті з використанням методів імітаційного моделювання.

Під час дослідження був проведений аналіз ринку житла в містах України та особливостей оренди житла за останній час. Були визначені ключові чинники та цикли [1], що впливають на ендогенну динаміку ринку оренди житла [2]. Було проведено дослідження методів імітаційного моделювання для аналізу ринку оренди житла [3]. Розроблена структура імітаційної моделі ринку житла, що включає агентів та ринок. Створено та налаштовано тестовий стенд для проведення моделюючих експериментів. Проведені моделюючі експерименти, що дозволяють оцінити результати та зробити висновки щодо динаміки оренди житла в місті.

Для проведення дослідження було розроблено та протестовано програмне забезпечення, що дозволяє дослідити динаміку ринку оренди житла в місті, зокрема, вплив економічних, соціальних і демографічних факторів на попит та пропозицію оренди житла, з використанням методів системної динаміки та агентного моделювання.

Список літератури

1. Galal Ali, Gasser & El-adaway, Islam & Dagli, C.H. (2020). A System Dynamics Approach for Study of Population Growth and The Residential Housing Market in the US. *Procedia Computer Science*. 168. pp. 154-160. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.02.281>.
2. Özbaş, Birnur, Özgün, Onur and Barlas, Yaman (2014). Modeling and Simulation of the Endogenous Dynamics of Housing Market Cycles. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 17 (1) 19. DOI: <https://doi.org/10.18564/jasss.2353>.
3. M. S. Eid and I. H. El-adaway. (2018). Decision-Making Framework for Holistic Sustainable Disaster Recovery: Agent-Based Approach for Decreasing Vulnerabilities of the Associated Communities, *Journal of Infrastructure Systems*, vol. 24, no. 3, p. 04018009. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IS.1943-555X.0000427](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IS.1943-555X.0000427).

МОДЕЛЮВАННЯ ВІТЧИЗНЯНОЇ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ СКЛАДНИХ КОМПЛЕКСІВ ІНОЗЕМНОГО ВИРОБНИЦТВА

Балабай Н.О.,

Національний технічний університет «ХПІ», Харків, Україна

Швидков С.М.

Управління метрології та стандартизації, Київ, Україна

На сьогодні промисловість України використовує складні комплекси, які оснащуються високотехнологічними складовими іноземного виробництва (наприклад, високоточними лазерні системи виявлення дальності; сучасними телекомунікаційними системами; оптико-електронними системами наведення та позиціонування на основі формування ІЧ-зображень місцевості; глобальними системами місце визначення – GPS; засобами визначення електромагнітної сумісності радіоелектронного обладнання;) [1, 2]. Це значно підвищує вплив системи контролю технічного стану на досягнення їх завдань [2, 3]. **Метою доповіді** є моделювання вітчизняної структури системи технічного обслуговування складних комплексів іноземного виробництва.

У доповіді показано, що структура системи контролю технічного стану складних комплексів іноземного виробництва повинна відповідати організаційній побудові вітчизняних ремонтно-налагоджувальних підрозділів, поєднуватися зі всіма видами забезпечення (наприклад, налагодження вітчизняного виробництва комплектуючих для заміни, використання засобів контролю власного виробництва тощо), відповідати принципу об'єднання однотипних підрозділів, вимогам мобільності та оперативності обслуговування, підтримці необхідного рівня єдності та точності вимірювань при мінімізації витрат на функціонування системи. Завдання системи контролю технічного стану складних комплексів повинні входити: координація діяльності вітчизняних метрологічних лабораторій; розробка нормативно-технічної документації на методи та засоби контролю технічного стану; проведення базових досліджень щодо удосконалення еталонної бази.

Список літератури

1. Dzhus V., Roshchupkin Y., Kukobko S. and etc. Estimation of Noise Radiance Point Sources Multichannel Direction Finding Systems Resolution by Linear Prediction Method. IPS. 2021. Is. 4 (167). P. 19-26. DOI: <https://doi.org/10.30748/soi.2021.167.02>
2. Herasimov S., Roshchupkin E. Control of the serviceability of the radio electronic equipment of the communication system. Міжнародна науково-практична конференція «Застосування інформаційних технологій у підготовці та діяльності сил охорони правопорядку». Х.: НАНГУ. 2023. С. 39-40
3. Herasimov S., Soroka V., Yevseiev S. and etc. Development of a Method for Measuring small Nonlinear Distortions of Periodic Electrical Signals. 2022 International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT). 2022. P. 49-52. DOI: <https://doi.org/10.1109/ISMSIT56059.2022.9932685>

МОДЕЛЮВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Махоня Д.В., Пойманов Є.Р., Новіков Р.А.

Національний технічний університет «ХПІ», Харків, Україна

Контроль технічного стану транспортних засобів при експлуатації дозволяє підвищити ефективність їх використання. Методи вбудованого контролю підвищують витрати на експлуатацію, особливо для концепції безпілотних транспортних засобів. Необхідно враховувати розвиток безпілотних засобів (БПЗ) і особливості їх використання у різних сферах [1]. Використання БПЗ (повітряних і наземних) суттєво скоротить час на проведення операцій контролю технічного стану транспортних засобів без їх виведення із маршруту [1, 2]. Зразки БПЗ можуть виконувати функції контролю технічного стану дистанційно при використанні різних видів і форм вимірювальних (тестових) сигналів, які генеруються спеціалізованими технічними модулями [3].

Метою доповіді є розробка моделі використання безпілотних засобів для контролю технічного стану транспортних засобів.

В доповіді наводяться результати аналізу дистанційних способів проведення контролю технічного стану технічних комплексів, форм вимірювальних сигналів і економічного обґрунтування дистанційних способів контролю. Показано, що наявність бортових комп'ютерів дозволяє дистанційно знімати характеристики транспортних засобів, які характеризують їх технічний стан. Для цього запропоновано використовувати радіотехнічні сигнали як тестові (для проведення запиту), так і вимірювальні (для знімання інформації з бортового комп'ютера). Наведено результати моделювання дистанційного збору даних про технічний стан транспортних засобів для своєчасного направлення їх для проведення обслуговування. Запропоновані результати є корисними для концепції безпечного використання БПЗ для доставки крупних об'ємів вантажу із мінімальним залученням посередників.

Список літератури

1. Герасимов С. В., Чернявський О. Ю., Нанівський Р. А. та ін. Комплектування полігону навчально-тренувальними комплексами для підготовки операторів безпілотних летальних апаратів. *Збірник наукових праць Військової академії (м. Одеса)*. 2023. № 2 (20). С. 63-72. DOI: <https://doi.org/10.37129/2313-7509.2023.20.63-72>
2. Герасимов С. В., Чернявський О. Ю. Моделювання траєкторій руху БПЛА при дистанційному зондуванні землі: матеріали доповідей Міжн. НТК. 2023. Т. 2. С. 129-130. <https://conference-chemihiv-polytechnic.com/wp-content/uploads/2023/06/Tezy-2023-Part-2.pdf>
3. Brytov O., Bieliaiev D., Kukobko S. and etc. Justification of the Method of Evaluation of the Efficiency of Air Reconnaissance by Unmanned Aviation of Ground (Sea) Objects. *Proc. of the 3rd Int. Sc. and Pr. Conf. "Scientific Trends and Trends in The Context of Globalization"*. 2021. P. 431-434. DOI: <https://doi.org/10.51582/interconf.21-22.12.2021.050>

MINE DETECTION AI SYSTEM

Oleksiienko D., Liubchenko N., Podorozhniak A.

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine

Sadly, AI-powered demining has become incredibly important for Ukraine right now: the ongoing war has made these solutions absolutely critical. Our program recognizes the four most common Soviet anti-personnel mines (MON-50, PFM-1, POM-2, TM-62). We train the AI using labeled videos and images, and then it can spot and classify mines on its own.

Other researchers have tackled this problem too. One example is a system that combines reinforcement learning with IoT for mine detection, where reward-based training helped balance sensitivity and precision under different conditions [1, 2]. Another one example is a mobile application using a deep learning model trained on landmine replicas, the system achieved a recall rate of 89 % on real images, with offline recognition taking ≈ 2.1 s [3, 4]. A drone-based, AI-powered detection platform using mapping technology can bridge the gap among defense, public safety and humanitarian aid by using geospatial intelligence to mitigate risks in conflict zones [5].

The goal of this research is to create artificial intelligence that can be integrated into robots and drones for demining dangerous areas. The system is designed only to detect different types of mines; the final decision is up to the sapper.

Next steps include building a bigger dataset, connecting it with mapping services, and making the models run faster, and adding features that let the system learn and get better over time.

References

1. Gupta S. IoT-Integrated Reinforcement Learning-Based Mine Detection System for Military and Humanitarian Applications / S. Gupta, U. Adhikari, D. Roy, S. Hazra // ICCK Transactions on Machine Intelligence, 2025, vol. 1, iss. 3, pp. 17 – 28. DOI: <https://doi.org/10.62762/TMI.2025.235880>.
2. Skorlupin O. Optical methods for detecting explosive objects using autonomous unmanned systems / O. Skorlupin, A. Podorozhniak // Problems of Informatization: the twelfth international scientific and technical conference, Kharkiv: Impress, 2024, p. 132. – [Electronic resource] – Available at: <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/87663>
3. Kunichik O. Landmine detection with a mobile application / O. Kunichik // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2024, vol. 6, no. 2 (132), pp. 6-13. – DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.317103>.
4. Levchenko D. Tools and methods for ex-plosive objects detection using artificial intelligence and computer vision / D. Levchenko, A. Podorozhniak, N. Liubchenko // Navigation and Communication Systems, 2025, no. 3 (81), pp. 117 – 121. DOI: <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2025.3.117>.
5. Podorozhniak A. Mobile explosive detection system for civil defense needs / A. Podorozhniak, O. Skorlupin // Problems informatics and modeling (PIM-2025), Kharkiv, 2025, p. 89. – [Electronic resource] – Available at: https://web.kpi.kharkov.ua/pim/wp-content/uploads/sites/248/2025/09/Tezy_PIM_2025.pdf.

РОЗРОБКА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПРЕДМЕТІВ

Лифар Д.В., Стась А.М., Подорожняк А.О.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
Харків, Україна

Сучасні війни залишають після себе руйнування та а сотні тисяч квадратних кілометрів замінованої землі. В Україні, за оцінками фахівців, потенційно небезпечними залишаються близько 139–156 тис. км², тобто майже чверть території держави. Саме тому питання гуманітарного розмінування набуває стратегічного значення для відновлення країни та збереження життів. Головними проблемами є високий ризик для саперів та повільні темпи розмінування і відсутність достатньо точного попереднього картографування замінованих ділянок [1].

Метою цього дослідження стало створення інтелектуальної системи на базі безпілотного літального апарата (БПЛА), здатної швидко й безпечно виявляти та маркувати протитанкові й протипіхотні міни, а також інші вибухонебезпечні предмети. Система працює на основі моделі комп'ютерного зору YOLOv8 на мобільній обчислювальній платформі у поєднанні з прискорювачем Hailo-8, що забезпечує обробку зображень у реальному часі навіть на борту БПЛА.

Для реалізації функцій відеобробки та потокової передачі даних використовуються OpenCV і GStreamer, а точність позиціонування забезпечують GNSS, магнітометр, RGB і тепловізійні камери. Такий підхід дозволяє виявляти замасковані об'єкти, приховані листям чи рослинністю, шляхом комбінованого аналізу RGB та інфрачервоних даних [2, 3]. Прогнозуєма точність системи понад 90% при розпізнаванні восьми класів мін і боєприпасів. Виявлені об'єкти отримуватимуть GPS-мітки, а результати передаватимуться оператору в реальному часі у вигляді карти ризиків.

Подальший розвиток проєкту передбачає використання мультиспектральних сенсорів, рою БПЛА та інтеграцію системи з наземними дронами.

Список літератури

1. Skorlupin O. Optical methods for detecting explosive objects using autonomous unmanned systems / O. Skorlupin, A. Podorozhniak // Проблеми інформатизації: тези доп. 12-ї міжнар. наук.-техн. конф., 21-22 листопада 2024 р., м. Баку, м. Харків. – Харків: Impress, 2024. – С. 132. DOI: <https://doi.org/10.32620/PI.24.t2>.
2. Levchenko D. Tools and methods for explosive objects detection using artificial intelligence and computer vision / D. Levchenko, A. Podorozhniak, N. Liubchenko // Navigation and Communication Systems, 2025, no. 3 (81), pp. 117 – 121. DOI: <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2025.3.117>.
3. Podorozhniak A. Mobile explosive detection system for civil defense needs / A. Podorozhniak, O. Skorlupin // Problems informatics and modeling (PIM-2025), Kharkiv, 2025, p. 89. – Available at: https://web.kpi.kharkov.ua/pim/wp-content/uploads/sites/248/2025/09/Tezy_PIM_2025.pdf.

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ МОБІЛЬНИЙ ДОДАТОК ДЛЯ ГЕНЕРАЦІЇ ПРИВІТАНЬ ТА РЕКОМЕНДАЦІЙ ПОДАРУНКІВ

Єлізов С.С., Любченко Н.Ю., Подорожняк А.О.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
Харків, Україна

Сучасні цифрові технології все активніше застосовуються у сфері персоналізованих сервісів. Генеративний штучний інтелект (ШІ) відкриває нові можливості у створенні індивідуальних повідомлень, візуального контенту та маркетингових рішень. Зокрема, використання генеративних моделей у персоналізованому маркетингу дозволяє підвищити якість взаємодії користувача з сервісом, зробити її більш релевантною та ефективною [1]. Текстогенерація є одним із ключових напрямів сучасних досліджень у сфері ШІ. Розвиток глибоких нейронних мереж дозволив створювати системи, здатні формувати тексти природною мовою, що робить можливим використання таких підходів для автоматизованого створення привітань [2]. Поряд із текстом важливу роль у сприйнятті привітань відіграє візуальний контент. Генеративні моделі зображень забезпечують можливість створення персоналізованих інших візуальних елементів, інтегрованих у мобільні застосунки [3].

Ще одним важливим компонентом інтелектуального застосунку є система рекомендацій, яка дозволяє добирати персоналізовані подарунки. Сучасні підходи до побудови рекомендаційних систем – від колаборативної фільтрації до контент-орієнтованих алгоритмів – створюють умови для реалізації високоефективних сервісів [4].

Метою дослідження є розробка мобільного застосунку, що поєднує генерацію текстових привітань, створення вітальних карток та систему рекомендацій подарунків. Результатом роботи стане інтелектуальна платформа, яка сприятиме розвитку цифрових сервісів, підвищенню якості соціальної взаємодії та створенню нових можливостей для монетизації.

Список літератури

1. Lee G. H., Lee K. J., Jeong B., & Kim T. Developing Personalized Marketing Service Using Generative AI. *IEEE Access*, 2024, vol. 12, pp. 22394-22402. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3361946>.
2. Iqbal T., Qureshi S. The survey: Text generation models in deep learning. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences.*, 2022, vol. 34, iss. 6, pp. 2515-2528. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2020.04.001>.
3. Sordo Z., Chagnon E., & Ushizima D. A review on generative AI for text-to-image and image-to-image generation and implications to scientific images. arXiv:2502.21151 [cs.CV], 2025. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2502.21151>.
4. Podorozhniak A., Liubchenko N., & Oliinyk V. Strategies for Filtering Unwanted Comments in Social Media. 2024 *IEEE 5th KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek)*, 2024, pp. 1-4. DOI: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2023.3.09>.

ПРОТИДІЯ СПАМУ В МЕСЕНДЖЕРАХ ТА СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖАХ

Фролов Д.С., Подорожняк А.О.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
Харків, Україна

Протидія спаму в месенджерах та соціальних мережах стає дедалі актуальнішою у сучасному цифровому середовищі, де обмін інформацією відбувається миттєво та в глобальних масштабах. Зростання обсягів небажаних повідомлень не лише ускладнює комунікацію, але й може призводити до поширення шахрайства, фішингових атак та зниження довіри користувачів до онлайн-сервісів. Використання автоматизованих систем виявлення та блокування спаму відкриває нові можливості для забезпечення безпеки, мінімізації людського фактору та підвищення ефективності захисту [1, 2].

У доповіді розглядається розробка автономної системи протидії спаму, яка базується на сучасних методах обробки текстових даних і функціонує без постійного втручання адміністратора. Завдяки використанню алгоритмів машинного навчання та обробки природної мови, система здатна аналізувати повідомлення в режимі реального часу, визначати ймовірність їхньої належності до спаму та адаптуватися до нових методів зловмисників [3, 4]. Це дозволяє автоматизувати процеси модерації, підвищити рівень кіберзахисту й покращити користувацький досвід у месенджерах та соціальних мережах.

Запропоноване рішення реалізовано за допомогою месенджеру Telegram, мови програмування Python із використанням бібліотек pandas, scikit-learn, python-telegram bot, joblib, реалізує основні функції бота: старт бота, аналіз повідомлення на безпеку, читання даних з датасету, видача результату з поміткою чи безпечне повідомлення. В якості датасету було використано датасет під назвою SMSSpamCollection, який нараховує в собі 5000+ варіантів як безпечних повідомлень, так і потенційно небезпечних.

Список літератури

1. Abu-Salih B., Wongthongtham P., Zhu D., Chan K. Y., & Rudra A. Social Big Data Analytics: Practices, Techniques, and Applications. Springer Singapore, 2021, 218 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-981-33-6652-7>.
2. Podorozhniak A., Oliinyk V., & Liubchenko N. Research application of the spam filtering and spammer detection algorithms on social media and messengers. *Proceedings 2024 IEEE 5th KhPI Week on Advanced Technology*, 07-10 October 2024, Kharkiv, Ukraine, 2024, pp. 1-4. DOI: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2023.3.09>.
3. Campesato O. Natural Language Processing Fundamental For Developers. Mercury Learning and Information, 2021, 218364 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-981-33-6652-7>.
4. Podorozhniak A., Liubchenko N., Oliinyk V., & Roh V. Strategies for Filtering Unwanted Comments in Social Media. *Advanced Information Systems*, 2023, vol. 7, iss. 3, pp. 60-66. DOI: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2023.3.09>.

ОНТОЛОГІЧНО-ГІБРИДНИЙ ПІДХІД ДО СТРУКТУРИЗАЦІЇ БІЗНЕС-ЗНАНЬ ІЗ НЕСТРУКТУРОВАНИХ ВЕБ-РЕСУРСІВ

Данов С.О., Шостак І.В.

Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна

В епоху цифрової економіки оперативний аналіз бізнес-інформації, що міститься у неструктурованих веб-джерелах, є критичним фактором конкурентоспроможності. Традиційні методи видобування інформації є неефективними через фундаментальні проблеми веб-контенту: гетерогенність, лексичну та семантичну неоднозначність (полісемія, синонімія, анафора) та динамічність даних [1-3].

Наявність зазначених факторів унеможливорює формування цілісної та достовірної картини для підтримки прийняття рішень.

Мета доповіді – провести порівняльний аналіз онтолого-орієнтованих підходів до видобування бізнес-інформації та на цій основі викласти узагальнений гібридний підхід, здатний перетворювати неструктуровані дані у структуровані знання.

Наведений онтологічно-гібридний підхід є потужним інструментом для трансформації неструктурованих веб-даних у цінні бізнес-знання. Він забезпечує перехід від простого видобування іменованих сутностей до ідентифікації складних фактів та взаємозв'язків. Таким чином, такі системи дозволяють не лише видобувати дані, але й перетворювати їх на структуровані знання, придатні для подальшого аналізу та підтримки прийняття стратегічних рішень, що дозволить підвищити швидкість реакції на ринкові зміни, покращити моніторинг конкурентного середовища та значно підвищити якість прогнозування та управління бізнес-процесами

Список літератури

1. Babenko V., Shostak I., Danova M., Feoktystova O. Creation of ontological knowledge bases in the Semantic Web by analyzing table structures. In book: *Semantic IOT: Theory and Applications - Interoperability, Provenance and Beyond*, Eds. Nidhi Srivastava and etc. // *Studies in Computational Intelligence*. – Switzerland: Springer, 2021. Vol. 222. P. 207–228. DOI: 10.1007/978-3-030-64619-6_9
2. Midan Shim, Hyojun Choi, Heeyeon Koo, Kaehyun Um, Kyong-Ho Lee, Sanghyun Lee, OmEGa(Ω): Ontology-based information extraction framework for constructing task-centric knowledge graph from manufacturing documents with large language model. *Advanced Engineering Informatics*. 2025. Vol. 64, P.103001. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aei.2024.103001>
3. Jianfeng Deng, Chong Chen, Xinyi Huang, Wenyan Chen, Lianglun Cheng, Research on the construction of event logic knowledge graph of supply chain management. *Advanced Engineering Informatics*. 2023. Vol. 56. P. 101921 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aei.2023.101921>

МЕТОДИ МАШИННОГО НАВЧАННЯ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМАХ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК»: КЛАСИФІКАЦІЯ, ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ

Кушнар'єв М.О., Аверін Ю.С.

Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна

Інтелектуальні системи «Розумний будинок» становлять одну з найдинамічніших галузей сучасних технологій, у якій поєднуються інтернет речей (IoT), штучний інтелект (ШІ) та машинне навчання (МН) [1, 2]. У доповіді наведено систематизацію методів МН, що застосовуються для автоматизації побутових процесів, підвищення енергоефективності, комфорту та безпеки мешканців таких будинків. Описано класифікацію типових задач: розпізнавання активності користувачів, прогнозування споживання ресурсів, виявлення аномалій, адаптивне управління побутовими сценаріями, моніторинг стану здоров'я та персоналізація середовища. Проведено порівняльний аналіз основних класів алгоритмів МН, визначено їхні переваги, обмеження, точність, адаптивність та сумісність із периферійними пристроями. Показано перспективність використання федеративного навчання, технологій підвищення конфіденційності (диференційної приватності, гомоморфного шифрування, безпечного багатостороннього обчислення), а також застосування edge-архітектур для локальної обробки даних без доступу до хмари. Розглянуто етичні аспекти функціонування інтелектуальних систем, включно з проблемами упередженості, прозорості, підзвітності та автономії користувача.

Окреслено перспективи розвитку – поширення Edge AI і TinyML, удосконалення алгоритмів федеративного навчання, поєднання мультимодальних даних, розвиток методів навчання з підкріпленням і створення децентралізованих архітектур із локальним самонавчанням [3]. Отримані результати формують цілісне уявлення про сучасний стан і напрями розвитку технологій МН у системах «Розумний будинок».

Список літератури

1. Machine Learning in Smart Buildings: A Review of Methods, Challenges, and Future Trends / F. El Hussein, H. N. Noura, O. Salman, K. Chahine // *Applied Sciences*. – 2025. – Vol. 15, № 14. – Art. no. 7682.
2. Thakur P. Edge AI Enabled IoT Framework for Secure Smart Home Infrastructure / P. Thakur, S. Goel, E. Puthooran // *Procedia Computer Science*. – 2024. – Vol. 235. – P. 3369–3378.
3. Vilone G. Explainable AI for Smart Buildings: A Survey on Current Trends, Applications, and Challenges / G. Vilone, L. Longo // *Buildings*. – 2023. – Vol. 13, № 1. – Art. no. 211.

РЕФЛЕКСИВНИЙ ПІДХІД ДО АНАЛІЗУ СИНЕРГІЧНОГО ЕФЕКТУ У ДІЯЛЬНОСТІ ЛОГІСТИЧНИХ КОМПАНІЙ З ВАНТАЖНИХ АВТОПЕРЕВЕЗЕНЬ

Феоктистов С.О.

Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна

Організація вантажних автоперевезень, як у рамках повних логістичних ланцюгів постачання, так і окремих елементів ланцюгів більшого масштабу, головним чином, трансконтинентального, здійснюється транспортними корпораціями, хоча на ринку даного виду послуг діє доволі невеликий відсоток самостійних операторів, так званих, *owner operators* [1]. Структурно, до складу корпорації входить низка компаній, так званих *sub divisions*. У деяких випадках, кілька компаній можуть належати одному власнику, при цьому в їх діяльності можуть мати місце комплексні операції, із задіянням ресурсів різних компаній такого кластеру. Кожна транспортна компанія складається з декількох агенцій, а ті, в свою чергу, являють собою розгалужену систему офісів. Важливою особливістю є те, що агенції, які належать до однієї компанії, можуть взаємодіяти з іншими компаніями, що входять до складу однієї корпорації. Внаслідок взаємодії зазначених компонентів, в логістичних системах виникає синергічний ефект [2].

У доповіді обговорюється рефлексивний підхід до оцінювання синергічного ефекту у діяльності транспортних компаній з вантажних автоперевезень.

Цей підхід передбачає аналіз наслідків співпраці та партнерства між компонентами певного рівня логістичної системи (агенціями, офісами), оцінювання процесів прийняття рішень іншими компонентами (з якими вони взаємодіють) та цілеспрямований вплив на прийняття ними рішень, що вигідні керуючий стороні.

Окремо розглянуто проблему самоорганізації логістичних систем, зокрема, у ситуаціях, в яких міра упорядкованості системи набуває граничних значень – нуля або одиниці.

Список літератури

1. Approach to Intellectualization of Complete Supply Chain Management Processes Using Fuzzy Expert Systems / Romanenkov Yu. A., Yashar Rahimi, Danova Mariia, Feoktystova Olena, Shostak I.V. // Intellectualization of Logistics and Supply Chain Management, Viold Limited Liability Company, №5, 2021. P.26-39.

2. Скіцько В.І. Концептуальні положення управління логістичними системами на засадах коеволюції та рефлексивності / В.І. Скіцько // Моделювання та інформаційні системи в економіці : Зб. наук. праць – К.: КНЕУ, 2013. – Вип. 89. – С. 117-132.

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ АУТСОРСІНГОВОЇ ІТ-КОМПАНІЇ

Шостак І.В., Череватенко О.В.

Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна

Ляхов О.Л.

Національний університет
«Полтавська політехніка імені Ю. Кондратюка», Полтава, Україна

Забезпечення високої ефективності й конкурентоспроможності – актуальна проблема для аутсорсингових компаній, які працюють на сучасному ринку ІТ-послуг.

Ефективність розроблення програмних проєктів підтримується добре розвинутими методологією гнучких технологій й відповідним інструментарієм [1, 2]. Разом з цим, стратегії успішної роботи в умовах аутсорсингу передбачають системний ретроспективний аналіз виробничих процесів компанії, і це питання, на даний момент, залишається відкритим для досліджень.

У доповіді представлено метод ретроспективного аналізу ефективності виробничих процесів аутсорсингової компанії, який полягає в порівняльному аналізі комплексних оцінок планових і фактичних зусиль команд при виконанні завдань і у виявленні негативних факторів-тригерів. При цьому виробничі відношення у компанії розглядаються, як середовище (Agile-середовище), стан якого описується значеннями певного набору параметрів (факторів).

Суть методу – у знаходженні відповідності між комплексною оцінкою складності завдань і частотою виконання завдання у запланований час; члени команд виставляють кожному параметру оцінку за п'ятибальною шкалою, яка і є його значенням.

Параметри з низькими оцінками розглядаються у якості факторів-тригерів негативних явищ.

Загалом, результати методу – об'єктивні дані для розроблення комплексу необхідних заходів щодо управління процесами в отриманому перерізі Agile-середовища компанії. Метод апробований на реальних даних, наданих аутсорсинговою компанією.

Список літератури

1. 10 Best Project Management Software of 2025 – Forbes Advisor
2. Al-Zewairi M., Biltawi M., Etaiwi W., Shaout A. Agile Software Development Methodologies: Survey of Surveys. *Journal of Computer and Communications*. – 2017. – №5. P. 74-97. doi: [10.4236/jcc.2017.55007](https://doi.org/10.4236/jcc.2017.55007)

РОЗРОБЛЕННЯ ТЕЛЕГРАМ-БОТУ З ІНТЕГРАЦІЄЮ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Заполовський М.Й., Шершньов М.О.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
Харків, Україна

У сучасному світі цифрових технологій інтелектуальні програмні системи відіграють ключову роль у комунікації, автоматизації та обробці інформації. Особливої популярності набули чат-боти, які інтегруються у популярні месенджери та виконують функції віртуальних помічників, консультантів, інтерфейсів доступу до сервісів тощо. Розробка телеграм-бота з інтеграцією штучного інтелекту є актуальним завданням у контексті сучасного програмування та вивчення принципів взаємодії зі сторонніми API, зокрема DeepSeek.

Метою доповіді є результати дослідження програмних систем та розроблення телеграм-боту, який здатен приймати запити від користувача та формувати змістовні й логічні відповіді.

Розроблено телеграм-бота з використанням мови програмування Python та бібліотеки Python-telegram-bot. Бот здатен приймати повідомлення від користувача та формувати інтелектуальні відповіді за допомогою інтеграції з API штучного інтелекту DeepSeek. Розробка та налагодження виконувались у середовищі PyCharm IDE. Такий підхід дає змогу ефективно реалізовувати логіку обробки повідомлень, надсилання запитів до штучного інтелекту та виведення відповідей у зручному форматі. Проведено тестування роботи бота в локальному середовищі.

Для розроблення телеграм-боту використано мову програмування Python та середовище розробки PyCharm IDE. Python є однією з найпоширеніших мов програмування, особливо у сфері розробки ботів та інтеграції зі штучним інтелектом. Бібліотека Python-telegram-bot забезпечує зручний інтерфейс для роботи з Telegram Bot API. PyCharm IDE надає потужні засоби для написання, налагодження та тестування коду.

Програмне забезпечення реалізовано модульно, що дозволяє легко змінювати логіку або додавати нові функції. Основні функції Телеграм-бота включають: реєстрацію та взаємодію з користувачем через Telegram повідомлень у визначений час, генерацію звітів у форматі Excel, інтеграцію з AI-модулем для відповідей на запити користувача.

Список літератури

1. PyCharm Documentation. JetBrains. 16.01.2025. URL: <https://www.jetbrains.com/help/pycharm/quick-start-guide.html>.
2. TelegramBotAPI documentation. PytBa. 12.02.2025. URL: <https://pytba.readthedocs.io/en/latest/#>.

РОЗРОБЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РАДІОКЕРОВАНОЇ МАШИНИ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕХНОЛОГІЇ FPV

Заполовський М.Й., Російський Д.П.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
Харків, Україна

Актуальність дослідження полягає в постійному зростанні інтересу до використання радіокерованих машин з відеоспостереженням, особливо з використанням технології FPV (First Person View), у різних сферах діяльності. Однак, не зважаючи на потенціал цієї технології, існує потреба у подальшому дослідженні та розробці ефективних алгоритмів та програмного забезпечення для оптимізації функціональності та надійності таких систем управління.

Мета роботи полягає у дослідженні можливостей та переваг використання технології FPV в радіокерованих машинах та розробці відповідних алгоритмів та програмного забезпечення для покращення їх функціональності та розширення можливостей застосування.

Об'єктом розробки є програмне забезпечення для радіокерованих машин збірки мобільної колісної платформи на основі набору Keyestudio 4wd BT Car універсального призначення з власноруч розробленим алгоритмом дистанційного керування та інтегрованою FPV-системою. В роботі вирішені наступні задачі: аналіз і систематизація існуючих аналогів та особливостей реалізації платформ дистанційного керування з наявністю FPV-системи; обґрунтування та вибір складових системи: методу дистанційної передачі інформації, систем орієнтації та навігації; аналогової FPV- відеокамери; системи передачі відео; поворотної платформи для курсової камери; оптимального мікроконтролера, виконана збірка моделі радіокерованої машини на основі набору Keyestudio 4wd BT Car; розроблення та тестування алгоритму та програми дистанційного керування системи управління; розроблення та тестування алгоритму та програми налаштування відеозв'язку між користувачем та платформою. Програму розроблено і протестовано на платформі Arduino, використовуючи мікроконтролер Arduino Uno. Використане середовище програмування PlatformIO. Програма розроблена для управління двома сервоприводами і двома моторами на основі даних, отриманих від бездротового модуля зв'язку NRF24L01. Програма приймає сигнали від джойстиків і потенціометрів та відповідно коригує положення сервоприводів і швидкість моторів.

Список літератури

1. Some Details of the Development of Mobile Robot Platforms
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-%204471-1273-0_15
2. Amazon – “Meet Scout” <https://www.aboutamazon.com/news/transportation/meet-scout>

ПРОГРАМНО-АЛГОРИТМІЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ОПТИМАЛЬНИХ ЗАКОНІВ КЕРУВАННЯ ТЯГОВИМ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ НА ОСНОВІ ВАРІАЦІЙНОГО ЧИСЛЕННЯ

Заполовський М.Й., Мезенцев М.В., Оліфір М.В.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
Харків, Україна

Перспективним напрямом розвитку систем тягового електроприводу для залізничного транспорту, є впровадження асинхронних двигунів змінного струму та ефективних систем керування. Сучасні алгоритми керування спрямовані на оптимізацію експлуатаційних характеристик електроприводу. Підтримання сталості співвідношення напруги живлення до її частоти ($U/f = \text{const}$) залишається поширеним підходом, однак його реалізація потребує точного регулювання параметрів керування, зокрема частоти ковзання.

Метою доповіді є розробка оптимізаційної моделі системи керування тяговим електроприводом змінного струму шляхом синтезу законів керування частотою ковзання напруги живлення ТАД.

У дослідженні розглядається математична модель об'єкта керування у вигляді системи диференціальних рівнянь п'ятого порядку. Синтез оптимального керування здійснюється через побудову допоміжного функціоналу та розв'язання рівнянь Ейлера–Лагранжа. Сформовано структуру закону керування, яка дозволяє мінімізувати енергетичні витрати під час функціонування електроприводу. Створено програмні компоненти у середовищі MATLAB/Simulink. Вони включають функціональні блоки для моделювання системи керування, що враховують специфіку регулювання ковзання частоти напруги живлення. Ключовим елементом реалізації алгоритмів є використання комп'ютерних компонентів, зокрема вбудованих мікропроцесорних систем і програмованих логічних контролерів, що дозволяють виконувати обчислення в реальному часі. Це забезпечує гнучкість у реалізації адаптивних алгоритмів, можливість інтеграції в сучасні системи керування рухомим складом, а також уніфікацію програмно-апаратної платформи для моделювання, верифікації та впровадження керувальних рішень. Результати імітаційного моделювання підтверджують ефективність запропонованого підходу.

Список літератури

1. Заполовський М. Й. Оптимізаційна модель тягового асинхронного електроприводу дизель-поїзда та її дослідження / М. Й. Заполовський, М. В. Мезенцев, О. І. Баленко, М. В. Оліфір // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2023. – № 3. – С. 45-53.2.
2. Моклячук М. П. Збірник задач із варіаційного числення та методів оптимізації: навч. посіб. / М. П. Моклячук. – К. Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2014. - 256 с.

УЧАСНИКИ КОНФЕРЕНЦІЇ (секція 4)

Chubukina O.	127	Безуглий В.О.	67	Єрошенко О.А.	49
Leshchenko O.	127	Беленькова К.О.	40	.....	50
Liubchenko N.	145	Бігунов М.Є.	43	.....	51
Mykhailichenko I. ...	87	Боговський О.О.	69	Жинжиков Д.Д.	71
Nechipurenko S.I.	10	Бологова Н.М.	33	Заполовський М.Й.	153
Oleksiienko D.	145	Ботнар П.Д.	80	.....	154
Podorozhniak A.	145	Брестовицький Р.М.	14	.....	155
Popov I.	127	Бугрій А.М.	12	Згурська А.О.	93
Romanenkov Yu.	53	Буряк В.А.	84	Знайдюк В.Г.	103
Ruban I.V.	6	Бухарова Л.Д.	86	.....	109
Sorokin A.R.	10	Васильєв О.Ю.	55	Івасенко І.М.	68
Svitenko H.	53	Волк Д.М.	12	Іващенко Г.С.	47
Tkachov V.M.	6	Волк М.О.	14	.....	48
Аверін Ю.С.	150	.....	18	Ігнатюк Є.О.	137
Авраменко Б.О.	64	.....	24	Ільїна І.В.	32
Алфьоров М.Є.	93	Гаврашенко А.О.	60	Кагітін Ю.М.	65
Андрєєв В.Р.	142	Головченко О.С.	82	Калязін Є.Д.	90
Анікін А.М.	139	Горбачов В.О.	11	Ковтун Є.І.	14
Аргунов В.В.	32	.....	99	Козін М.Д.	24
Афромєєва С.Є.	74	Горюнова М.С.	25	Колтун Ю.М.	107
Бабиш М.Г.	46	Губар А.О.	81	.....	116
Балабай Н.О.	143	Губка О.С.	129	Колянда М.В.	61
Барковська О.Ю.	60	Губка С.О.	129	Кондратюк І.О.	62
.....	73	Гук А.С.	69	Коновалова О.В.	120
.....	74	Гуленко С.О.	34	Корнієнко М.Ю.	32
.....	75	Дадикін М.Ю.	103	Косенко В.В.	16
.....	76	Данілейко С.І.	130	Костромицький А.І.	90
.....	77	Данов С.О.	149	Кравченко Р.В.	97
.....	78	Дацок Є.О.	52	Кулак Е.М.	26
.....	79	Діденко С.І.	120	Кучук Г.А.	43
.....	81	.....	133	Кушнарєв М.О.	150
.....	82	Довгаль В.С.	103	Лега О.С.	36
.....	83	Доценко Н.В.	134	Лещенко О.Б.	118
.....	84	.....	135	.....	139
.....	86	Дяченко В.О.	43	Лещенко Ю.О.	142
.....	88	Дяченко Д.О.	45	Лещинська І.О.	94
.....	85	Єлізеєва А.В.	136	Лифар Д.В.	146
Батурін О.О.	85	Єлізов С.С.	147	Лі Юйган	11
Башилов В.С.	99	Єрмагамбетов С.В.	48	Луців Я.С.	134

Любченко Н.Ю.	147	Попов А.В.	137	Філімончук Т.В.	64
Ляхов О.Л.	152	Попов І.Є.	118	.....	65
Ляшенко С.О.	101	Пусан А.М.	91	.....	66
Майстер К.О.	115	Радченко І.В.	105	.....	67
Майстренко Г.В.	89	Раптанов Д.А.	79	.....	68
Максимов Д.М.	73	Рожнова Т.Г.	58	.....	89
Малєсв Л.В.	122	Романенко Б.В.	27	Філіппенко І.В.	56
Малєсва О.В.	126	Романенков Ю.О. ..	91	Філіппенко О.І.	55
Мартовицький В.О. .	34	Російський Д.П.	154	Фомічов О.О.	61
.....	36	Самойлов І.А.	14	Форостяний О.С. ...	33
.....	39	Свиридов А.С.	35	Фролов Д.Є.	21
Махоня Д.В.	144	Севостьянова О.М.	49	Фролов Д.С.	148
Мацейко Т.М.	98	.....	50	Хаханов І.В.	57
Мезенцев М.В.	155	.....	51	Хаханова І.В.	57
Мізінець В.Є.	130	.....	64	Цемма Д.О.	46
Мірошник А.М.	58	.....	89	Цірульніков Д.В. ...	113
Міхаль О.П.	105	Сердечний В.С.	78	Чалий С.Ф.	94
.....	111	Сєверінов О.В.	35	.....	97
.....	113	Сидоренко Р.Ю.	45	.....	98
Можаєв О.О.	45	Скороход М.М.	77	Чалий Т.В.	96
Нго За Фат	107	Сломчинський О.В.	124	Чеботарьова Д.В. ...	115
Нечітайло О.В.	83	Слуту С.В.	76	Чепурна І.С.	27
Ні О.В.	19	Соловійов В.С.	124	.....	71
Ні Я.С.	19	Соловійов С.М.	47	Череватенко О.В. ...	152
Ніколаєнко Д.С.	66	Соробей Б.В.	12	Череповський М.А.	88
Новіков Р.А.	144	Стась А.М.	146	Чуб О.І.	40
Новожилова М.В. ..	40	Стороженко С.О. ...	11	Швидков С.М.	143
Олейнічук В.В.	30	Таранюк М.М.	126	Шевченко Р.І.	140
Олефіренко А.В.	80	Ткаленко О.В.	18	Шершньов М.О.	153
Оліфір М.В.	155	Ткачов В.М.	25	Шеховцов О.В.	34
Павлюк С.Я.	56	Тухтаров В.Б.	111	Шиленко М.П.	75
Петров К.Є.	96	Удовіна М.Є.	109	Шостак В.В.	19
Піскарьов О.М.	16	Федорович В.А.	118	Шостак І.В.	149
Пісклова Т.С.	122	Федорович О.Є.	120	.....	152
Подорожняк А.О. ...	146	.....	122	Шостак М.В.	19
.....	147	.....	124	Шупилук М.В.	39
.....	148	Федота О.М.	76	Щолкін М.М.	74
Пойманов Є.Р.	144	Феокистов С.О.	151	Яковлева О.В.	52
Пойченко Д.П.	116	Фесенко А.М.	101	Янковський О.А.	30
Полозов Д.М.	12	Філімончук Т.В.	50	Яровий В.В.	73
Пономаренко М.О.	88	.....	51	Яшина О.С.	140
Попов А.В.	133	.....	62		

ОРГАНІЗАЦІЇ, ЯКІ ПРИЙНЯЛИ УЧАСТЬ У КОНФЕРЕНЦІЇ

*Академія Державної прикордонної служби Республіки Азербайджан,
Баку, Азербайджан*

Азербайджанська академія спорту, Баку, Азербайджан

Азербайджанський технічний університет, Баку, Азербайджан

*Азербайджанський університет будівництва та архітектури,
Баку, Азербайджан*

Бакинський державний університет, Баку, Азербайджан

Військовий науково-дослідний інститут, Баку, Азербайджан

Військовий інститут імені Гейдара Алієва, Баку, Азербайджан

*Військовий інститут танкових військ НТУ "Харківський
політехнічний інститут", Харків, Україна*

Військово-морські сили Азербайджану, Баку, Азербайджан

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

Державний університет "Київський авіаційний інститут", Київ, Україна

Інститут освіти Азербайджанської Республіки, Баку, Азербайджан

*Інститут систем управління Азербайджанської Національної академії наук,
Баку, Азербайджан*

Ленкоранський державний університет, Ленкорань, Азербайджан

Нахічеванський державний університет, Нахічевань, Азербайджан

Національна авіаційна академія, Баку, Азербайджан

Національна академія Національної гвардії України, Харків, Україна

*Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра
Сагайдачного, Львів, Україна*

Національне аерокосмічне агентство, Баку, Азербайджан

*Національний аерокосмічний університет "Харківський авіаційний
інститут", Харків, Україна*

*Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут",
Харків, Україна*

*Національний університет «Полтавська політехніка
імені Юрія Кондратюка», Полтава, Україна*

*Національний університет оборони Азербайджанської республіки,
Баку, Азербайджан*

Національний університет “Одеська політехніка”, Одеса, Україна

Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна

*Педагогічний університет імені Комісії Національної Освіти,
Краків, Польща*

Празький університет економіки та бізнесу, Прага, Чехія

*Придніпровська державна академія будівництва та архітектури,
Дніпро, Україна*

Сумгайтський державний університет, Сумгайт, Азербайджан

ТОВ «AMS», Харків, Україна

*Український науково-дослідний інститут екологічних проблем,
Харків, Україна*

Університет технологій і гуманітарних наук, Бельсько-Бяла, Польща

Управління метрології та стандартизації, Київ, Україна

*Фаховий коледж інформаційних технологій НУ “Львівська політехніка”,
Львів, Україна*

Харківський національний університет внутрішніх справ, Харків, Україна

*Харківський національний економічний університет ім. Саймона Кузнеця,
Харків, Україна*

*Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна,
Харків, Україна*

*Харківський національний університет міського господарства
імені О.М. Бекетова, Харків, Україна*

*Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба,
Харків, Україна*

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Харківський радіотехнічний фаховий коледж, Харків, Україна

ЗМІСТ

Том 1: секції 1, 2

Том 2: секції 3, 7

Том 3: секція 4

Секція 4 Комп'ютерні методи і засоби інформаційних технологій
та управління 6

Том 4: секція 5, 6

Учасники конференції (секція 4) 156

Організації, які прийняли участь у конференції 158

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

ПРОБЛЕМИ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ

Тези доповідей
тринадцятої міжнародної науково-технічної конференції
(27 – 28 листопада 2025 року)
Том 3: секція 4

Відповідальна за випуск *Н. Г. Кучук*

Технічний редактор *І. А. Лебедева*

Коректор *В. В. Богомаз*

Комп'ютерне складання та верстання *Н. Г. Кучук, І. Ю. Петровська*

Адреса оргкомітету: вул. Кирпичова, 2, Харків, 61002, Україна
НТУ «ХП», Вечірній корпус, кімната 314
тел. +38 (057) 707 61 65

Підписано до друку 20.11.2025

Формат 60 × 84/16

Ум.-вид. арк. 10,0.

Тираж 100 пр.

Зам. 1120-25/3

Віддруковано з готових оригінал-макетів у цифровій друкарні Impress
61002, м. Харків, вул. Пушкінська, 56, тел. + 38 (057) 714-52-11
e-mail: irina@impress.biz.ua