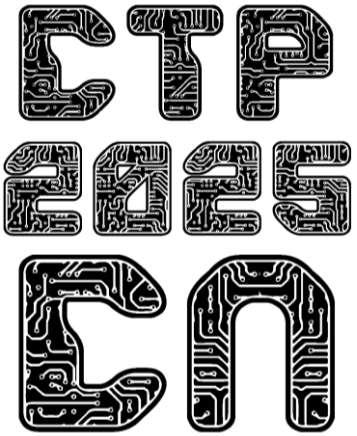
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«КИЇВСЬКИЙ АВІАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ»
Факультет комп'ютерних наук та технологій



СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ СИСТЕМНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

Тези доповідей науково-практичної конференції

20-21 листопада 2025 року

Київ 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Державний університет
«Київський авіаційний інститут»
Факультет комп'ютерних наук та технологій

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ СИСТЕМНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

Тези доповідей науково-практичної конференції

20-21 листопада 2025 року

Київ 2025

УДК 004.78(082)

Сучасні тенденції розвитку системного програмування: тези доповідей науково-практичної конференції, м. Київ. – 20-21 листопада 2025 р., Державний університет «Київський авіаційний інститут», – К.: ДУ КАІ, 2025. – 138 с.

Збірник містить тези доповідей, які були представлені на конференції «Сучасні тенденції розвитку системного програмування».

У доповідях розглянуті наукові, практичні та методичні питання системного програмування: розробка компонентних систем, систем штучного інтелекту, методи та алгоритми розподілу задач за рівнями реалізації та обчислювальними ресурсами, підвищення ефективності обміну інформацією та захисту даних в обчислювальних системах.

Для фахівців з програмування, електроніки та схемотехніки.

Редакційна колегія:

Нечипорук О.П. – д.т.н., професор, завідувач кафедри інтелектуальних кібернетичних систем, Факультету комп'ютерних наук та технологій ДУ КАІ (Україна, Київ);

Кучеров Д.П. – д.т.н., с.н.с., професор кафедри інтелектуальних кібернетичних систем, Факультету комп'ютерних наук та технологій ДУ КАІ (Україна, Київ);

Артамонов Є.Б. – к.т.н., доцент, доцент кафедри інтелектуальних кібернетичних систем, Факультету комп'ютерних наук та технологій ДУ КАІ (Україна, Київ).

Затверджено вченою радою факультету комп'ютерних наук та технологій Державного Університету «Київський авіаційний інститут» (протокол № 12 від 17.12.2025 р.)

© *Державний університет «Київський авіаційний інститут»*, 2025

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ 1. РОБОТОТЕХНІКА, ПРОГРАМУВАННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРІВ, СИСТЕМИ ОБРОБКИ ЗОВНІШНІХ ДАНИХ 8

Кучеров Д.П. Обробка інформації при кластерному управлінні мобільними роботами 8

Mashtaler B.O. External Data Processing Systems in Intelligent Information Environments 12

Мирошниченко І.В. Моделювання нейромережевого управління БПЛА 13

Студзінський Д.В., Дехтяренко Д.Т. Апаратно-програмна система контролю стану автомобіля на основі даних OBD-II 16

Самофал М.В., Грицай С.І., Дегтяр Ю.В. Програмна система дистанційного керування побутовими приладами в у домашніх мережах 18

Шелест А.А. Розробка інтелектуальної системи керування мікроробото на основі аналізу зовнішніх даних 20

Отеченко А. О. Оптимізація роботи мікроконтролерів iot систем за допомогою динамічного керування енергоспоживанням 21

Узлов Т.С. Операційна система реального часу для обробки даних від засобів РЕР 22

Дехтяренко А.Т., Козило О.О. Розробка системи автоматичного керування маніпулятором на основі мікроконтролера Arduino та датчиків положення 24

Lastivka O.I., Kashkevych S.O. Theoretical foundations for the development of external data processing systems in unmanned aerial vehicles 26

Марченко Н.Б. Інтелектуальна підтримка прийняття рішень у системах багаторівневого моніторингу на основі платіжних матриць 28

Бондар М.А. Інтелектуальна комп'ютерна система управління пристроями освітлення в системах «Розумний дім» 30

Якобчук І.О. Розробка прототипу цифрового пілотажно-навігаційного індикатора для бпла на базі платформи ESP32 32

Петренко С.О. Семантично-орієнтоване виявлення аномалій у динамічних сценах з рухомою камерою 34

СЕКЦІЯ 2. СИСТЕМНІ ПРОГРАМНІ РІШЕННЯ ДЛЯ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ 36

Вавіленкова А.І., Мамай С.В. Інформаційні роботизовані системи та їх роль для державної безпеки 36

Нечипорук В.В, Апенько В.В. Системні програмні підходи до побудови відмовостійких інформаційних систем критичної інфраструктури 38

Черкай В.С., Голего Н.М. Адаптивні механізми кіберзахисту критичної інфраструктури на основі компонентних систем та машинного навчання 40

Ковенько О.А. Стратегії попередньої фільтрації для виявлення причинно-наслідкових зв'язків у високовимірних даних 43

Присяжнюк О.О. Програмна система управління бізнес-процесами провайдерської компанії на основі моделей процесної інтеграції 45

Артамонов Є.Б. Структура інтелектуальної системи підготовки персоналу для критичної інфраструктури 47

Балабан В.О. Застосування алгоритмів комп'ютерного зору для автоматизації моніторингу технічних об'єктів 49

Войцехівський Т.М. Програмний комплекс діагностування технічних систем за допомогою глибинного навчання 51

Клименко А.О. Застосування технологій штучного інтелекту в автоматизованому управлінні інформаційними системами 53

Лузганова М.Є. Інтеграція штучного інтелекту в системне програмування: сучасні тенденції 54

Миколюк Д.І. Перспективи застосування нейромережевих моделей для виявлення змін 55

Рубіс Я.С. Інтелектуальна система рекомендації навчальних курсів студентам на основі їхніх академічних досягнень та інтересів 57

Русанов І.О., Брановицька І.В. Програмний комплекс збору, обробки та візуалізації даних з мобільних пристроїв користувачів 60

Сулима Д.С. Можливості використання Інструментів LLaMaS та AutoOS для спрощення налаштування ядра 62

Шкляр О.І. Алгоритм балансування навантаження на основі прогнозованого інтегрального індексу вузла 63

Юсупов О.О. Застосування контейнеризації та оркестрації у критичних системах 65

Капелюшна А.В. Принципи створення системних програмних рішень для критичної інфраструктури 66

СЕКЦІЯ 3. МУЛЬТИПЛАТФОРМЕННІ ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ, МОБІЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ.....68

Луцишин В.В., Халімон Н.Ф. Проектування сервісу для моніторингу та контролю витрат в AWS 68

Лубський І.І., Іскренко Ю.Ю. Централізована система керування розподіленими периферійними пристроями.....70

Гринюк С.О., Супрун О.М. Інтелектуальна LSTM-система для діагностики серця з використанням даних з переносних пристроїв....72

Plotytsia S.V. System-level principles of microservice architecture for scalable web systems 74

Шинкаренко Я. М., Апенько Н.В. Енергоефективне використання ESP32 при моніторингу PV-панелей 77

Слюсаренко О.К. Інтелектуальне керування роєм бпла на основі розподілених алгоритмів навчання.....79

Старенька К.О., Супрун О.М. Аналіз проблематики виявлення deepfake-відео 81

Коба О.В. Алгоритм статистичного моделювання систем обслуговування з потоком здвоєних заявок.....83

Fedytskyi R.A. System-level methods for version management in high-load distributed software systems 85

Войтех М.Ю. Програмний засіб для збирання та зберігання даних з розподілених сенсорних модулів 87

Головач Ю.Ю. Архітектура інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень для діагностики ракових захворювань.....88

Сябрук І.М. Паралельне програмування у Node.js 90

СЕКЦІЯ 4. СПЕЦІАЛІЗОВАНІ ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ 92

Побута О.М. Програмний засіб обробки відеосигналів у реальному часі в системах інтелектуального відеоспостереження.....92

Yanytska L.P. System-level architecture of linguistically oriented intelligent interfaces for complex software systems.....94

Красуляк А.Г., Голего Н.М. Система контролю та лімітування часу роботи в браузері.....97

Редька І.А. Інтелектуальні системи розпізнавання фейкових новин на основі наївного Байєса та дерев рішень.....99

Дорош О.І. Методи оцінки енергоефективності великих мовних моделей 101

Алькема В.В., Кудренко С.О., Гузій М.М. Формальна контейнерна модель цифрового двійника на основі мультисортних алгебр 104
Кухар Є.І. Методи адаптивного формування навчальних матеріалів у інтелектуальних освітніх платформах 106
Войтех М.Ю., Кравченко О.П. Симуляція польотів бпла з використанням Matlab Simulink 108
Подельський С.В. Технології смарт-контрактів для автоматизації фінансових операцій 110
Калашник М.О. Нейронні мережі для активного навчання даних у Tensorflow/Keras 112
Цюх Д.О., Марченко Н.Б. Методи та інструменти аналізу швидкодії графічних компонентів відеоігор у контексті оптимізації обчислювальних ресурсів 114
Сакура В.І., Сосновський Н.О. Програмна система синхронізації замовлень у ресторанній діяльності в умовах мультисервісної інтеграції 116
Приймак Є. В. Порівняльний аналіз продуктивності паралельних алгоритмів сортування у спеціалізованих програмних засобах 118
Усик М.А., Тупота К.Є. Інтелектуальні інформаційні чат-боти для підтримки інтерактивної взаємодії користувачів у сервісних та навчальних системах 119
Штирбулов О.Д. Застосування методу опорних векторів для раннього виявлення фінансових шахрайств 121
Приймак Я.С. Спеціалізований програмний засіб для моніторингу та блокування підозрілої активності процесів у Windows 122
Persunov D.O. Specialised software in intellectual information systems. 124
Скочинський Б.Д. Методи побудови навчальної платформи з персоналізованою взаємодією 125
Коломієць О.С. Програмні засоби моніторингу роботи компонентів IoT-систем 127
Пономар М.Ю., Голего Н. М. Інтелектуальна браузерна утиліта для виявлення медіа-маніпуляцій на основі LLM 128
Вітровчак А.В., Тупота Є.В. Програмний комплекс автоматичного порівняння цін онлайн-магазинів у мультиплатформенному середовищі 130
Артамонов Є.Б., Крант Є.В. Методи аналізу та вимірювання залученості студентів у навчальний процес 132

Радченко К.М. Методи автоматичного формування навчальних сценаріїв для користувачів з порушеннями зору в інклюзивних освітніх комп'ютерних системах 134
Лебідь О.О., Халімон Н.Ф. Проєктування програмного засобу для бронювання ресурсів у сфері надання послуг 136

СЕКЦІЯ 1. РОБОТОТЕХНІКА, ПРОГРАМУВАННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРІВ, СИСТЕМИ ОБРОБКИ ЗОВНІШНІХ ДАНИХ

УДК 681.5 (043.2)

Кучеров Д.П., д.т.н.
ДУ «Київський авіаційний інститут»

ОБРОБКА ІНФОРМАЦІЇ ПРИ КЛАСТЕРНОМУ УПРАВЛІННІ МОБІЛЬНИМИ РОБОТАМИ

Наявність великої кількості роботизованих засобів, які наразі в державі переважно використовуються в інтересах виконання військових завдань, вимагає застосування адекватного управління. До теперішнього часу погляд на їх дії вже є сформованим і використовується у вигляді централізованої схеми «явний/віртуальний лідер – наслідувачі», за децентралізованою схемою, що діє за принципом роя / стаї, консенсусної комунікації для виконання спільних дій.

Схема управління групою при цьому фокусується на рішенні диференційних рівнянь першого чи другого порядку за умови виключення зіткнень між собою та перепонами на маршруті і забезпеченні обраної конфігурації, що забезпечує виконання завдання за призначенням. Але при цьому природно виникає проблема щодо підтримки комунікації та забезпечення гнучкості управління при масштабуванні групи. Як одне з можливих рішень в такому випадку полягає в організації кластерного управління, що дозволить за допомогою єдиного інтерфейсу управляти великою кількістю роботів, які поділені на невеликі групи – кластери.

Постановка задачі щодо організації кластерного управління може бути сформульована так: вважається заданим кількість мобільних роботів N, які виконують рух за певним маршрутом на площині. Динаміка роботів описується диференційним рівнянням першого порядку виду

$$\dot{X}_i(t) = u_i(t)\,. \qquad (1)$$

В рівнянні (1) X – вектор координат i-го робота, що включає положення та швидкість, $X=(x_1,\ x_2)^T$, $x_2=dx_1/dt$, $X \in R^2$, які вимірюються без шуму. В інтересах безпечної дії роботів вводиться обмеження на швидкість окремого робота, тобто $|x_2| \le v_{макс}$, та управління $|u_i| \le U$, де U – максимально управління, яке фізично реалізується при управлінні роботом. Для виключення зіткнень

вводиться мінімальна відстань між роботами $r_{мін}$.

Ставиться завдання щодо побудови закону управління роботами X_i, динаміка яких подана рівнянням (1) з урахуванням введених обмежень на швидкість, наближення та мінімізацією витрат на управління.

Для рішення цієї задачі вводяться k кластерів: C_1, …, C_k, $k < N$, які характеризуються центром, що пов'язаний з координатами X_i i-того робота та розміром, що характеризується радіусом r_c.

В інтересах демонстрації обробки даних вимірів координат реалізований закон управління для кожного робота за принципом негативного зворотного зв'язку у вигляді

$$u_i(t) = -k_{конс} \sum_{i \in N_j} (X_i - X_j) - k_{прит}(X_i - R_{C_i}), \qquad (2)$$

де $t \in [0, T_{макс}]$ – інтервал управління кластерами, R_{C_i} - розмір кластера C_i за умови знаходження там робота з координатами X_i, $k_{конс}$ – коефіцієнт консенсусу, $k_{прит}$ – коефіцієнт притягування до центроїду.

Моделювання відбувалося в середовищі Spyder мовою Python за умовами: N=30, k=3, $r_{мін}$=0.6 *м*, $v_{макс}$=1.5 *м/с*, обробку вимірів при кластерному управлінні виконано за алгоритмом k-means, рис. 1.

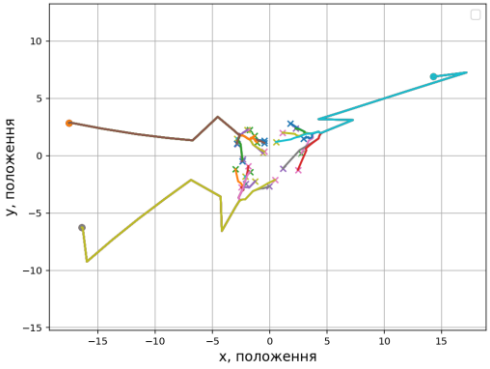


Рис. 1. Траєкторії центрів 3 кластерів при кластерному управлінні.

На рисунку початкові позиції роботів позначені ×, кінцеві позиції •. Початкові позиції згенеровані за випадковим законом з однорідним розподілом в інтервалі [-3, 3] площини *хоу*. Кінцеві позиції роботів задані станами (-5, 5), (5, 5), (-5, -5), час симуляції $T_{макс}$ = 20 *с*. Інтегрування (1) з метою визначення маршруту кожного робота здійснювалося за методом Ейлера з кроком dt = 0.05 с. Притягування до центроїду здійснювалося з коефіцієнтом $k_{прит}$ = 0.5, забезпечення консенсусу з коефіцієнтом $k_{конс}$ = 1.

UDC 004.932.2 (043.2)

Yudina L.H., Nechiporuk O.P., d.t.s., prof.
SU «Kyiv Aviation Institute»

THEORETICAL ASPECTS OF INFORMATION EXCHANGE IN UNMANNED AERIAL VEHICLE NETWORKS

Modern unmanned aerial vehicle (UAV) systems are characterised by high operational dynamics, limited network resources and the need to transmit heterogeneous data streams in real time. These streams include telemetry data, control commands, navigation information, payload data, as well as service and diagnostic messages. The intensity and structure of these streams are variable and depend on the flight mode, environmental conditions, network topology, and the number of active nodes.

UAV networks often use decentralised or partially self-organised architectures, where nodes dynamically change their position and communication channels have unstable characteristics. In such conditions, traditional static traffic management mechanisms based on fixed routing parameters or rigidly defined queues are not effective enough. They are unable to respond promptly to changes in network status and do not take into account the current structure of data flows.

Theoretical research in the field of UAV information networks indicates the advisability of using adaptive approaches to data flow management. Such approaches involve dynamic assessment of the network status, analysis of traffic intensity, and adjustment of transmission parameters according to current conditions. Another important aspect is taking into account the priority of information, since different types of data have different criticality to delays and losses.

From the perspective of information systems theory, uneven traffic in UAV networks can be viewed as a stochastic process with variable statistical characteristics. This necessitates the use of models capable of describing both the average values of parameters and their fluctuations over time. Taking these characteristics into account allows for a more accurate assessment of the risk of channel overload and the formation of effective resource allocation strategies.

Theoretical approaches pay particular attention to the mechanisms of self-adaptation and self-organisation, which are natural for distributed UAV systems. Self-organised networks are capable of changing their structure and parameters without centralised control, which is an advantage in conditions of limited bandwidth and high node mobility. In

such networks, the efficiency of information exchange largely depends on the system's ability to automatically balance the load between flows and channels.

Thus, theoretical analysis shows that improving the efficiency of information exchange in UAV networks under conditions of uneven traffic requires the use of adaptive flow control methods that take into account traffic dynamics, data priority, and the current state of the network. This creates the prerequisites for the development of mathematically sound resource redistribution methods capable of ensuring stable service quality and increasing the stability of unmanned systems in difficult operating conditions.

References

1. Tamer, K. A., Sova, O., Shaposhnikova, O., Yashchenok, V., Stanovska, I., Shostak, S., Rudenko, O., Petruk, S., Matsyi, O., & Kashkevich, S. (2024). Development of a solution search method using a combined bio-inspired algorithm. EasternEuropean Journal of Enterprise Technologies. 2024, Vol. 1, No. 4 (127), pp. 6–13. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.298205.

2. Kashkevich, S. (Ed.) (2025). Decision support systems: mathematical support. Kharkiv: TECHNOLOGY CENTER PC, 202. https://doi.org/10.15587/978-617-8360-13-9.

3. Mohammed, B. A., Stanovska, I., Kashkevich, S., Lebedynskyi, A., Vakulenko, Y., Protas, N., Klyuchak, O., Lastivka, O., Semeniuk, A., Kivshar, O. (2025). Development of a methodological approach for assessing the condition of complex organizational and technical systems. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2/4 (134) 2025, 47 –53. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.326468.

UDC 004.89 (043.2)

Mashtaler B.O.
SU «Kyiv Aviation Institute»

EXTERNAL DATA PROCESSING SYSTEMS IN INTELLIGENT INFORMATION ENVIRONMENTS

In the era of digital transformation, the volume and diversity of external data are increasing exponentially. This creates a demand for systems capable not only of storing but also of intelligently processing external information flows in real time. External data processing systems play a crucial role in building analytical and cognitive platforms that enable decision-making based on multisource data.

Traditional centralized and batch-processing architectures are no longer sufficient to ensure flexibility and speed. The modern paradigm is adaptive external data processing, which leverages machine learning methods, stream analytics, and context-aware models. Such systems dynamically reconfigure their algorithms according to environmental changes, ensuring continuous learning and optimization.

A critical challenge is semantic integration of heterogeneous external sources, which allows systems to form unified information representations while maintaining semantic coherence. Combining ontological models with deep learning methods enables the creation of cognitive agents capable of autonomous interpretation of events and system state prediction.

Another essential aspect is data reliability and security. Advanced solutions include source verification mechanisms, blockchain-based provenance tracking, and cryptographic integrity controls.

Thus, external data processing systems are evolving from traditional data collection tools to intelligent cognitive platforms that merge analytics, machine learning, and semantic technologies. These systems lay the foundation for adaptive decision-support environments of the new generation.

УДК 621.391.83 (043.2)

Мирошниченко І.В.
ДУ «Київський авіаційний інститут»

МОДЕЛЮВАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОГО УПРАВЛІННЯ БПЛА

Розроблено та досліджено систему управління для безпілотного літального апарата (БПЛА) на основі глибокої нейронної мережі. Актуальність роботи зумовлена необхідністю підвищення автономності й точності керування БПЛА за наявності нелінійностей та зовнішніх збурень, де класичні PID-регулятори мають обмеження [1]. В роботі використано рекурентну нейронну мережу типу LSTM, що генерує керувальні дії за спостережуваним станом дрона. Навчання нейроконтролера здійснювалося у два етапи: спочатку – супервізоване навчання на імітаційних даних (імітація поведінки налаштованого PID-регулятора), далі – вдосконалення політики методом навчання з підкріпленням (алгоритм PPO). Такий підхід забезпечив базову стабілізацію на першому етапі та подальшу оптимізацію керування на другому.

Імітаційні випробування проводилися у двох режимах: (1) без вітру (Fw = 0) – чистий перехідний процес до цільового положення; (2) з постійним вітром (Fw ≠ 0) – модельований зустрічний вітер, що створює прискорення ~0.2 м/с² у рівнянні руху [2]. Основна мета експерименту – оцінити швидкість та точність наведення дрона на ціль для різних контролерів, а також вплив постійного збурення на їхню похибку.

Результати без вітрових збурень. У відсутності вітру всі три підходи забезпечують збіжність до цілі, однак динаміка перехідних процесів різниться . LSTM-регулятор імітує PID, але демонструє дещо більше перерегулювання (~25%) та довший час врегулювання (~3.5 с проти ~3 с у PID) [1].

Натомість контролер PPO діє найагресивніше: він найбільш швидко наближається до цілі (час виходу ~2.5–3 с), але при цьому має і найбільший кидок – перерегулювання близько 40% (пікове значення ~1.4) з наступним демпфуванням коливань. Приблизно до ~4 с PPO-контролер входить у допустиме відхилення ±5% від цілі; PID досягає цього діапазону за ~3 с, а LSTM – за ~3.5 с. Інтегральна точність (MSE) за весь перехідний процес для PID і PPO практично однакова (~0.15), тоді як LSTM без підкріплення

має ~13% більшу сумарну помилку [3]. Це підтверджує, що без збурень нейроконтролер після PPO-навчання досягає такої ж точності, як оптимально налаштований PID, забезпечуючи при цьому швидше наведення на ціль (хоча й ціною дещо більшого перерегулювання).

Вплив постійного вітру. В умовах сталого збурення переваги та недоліки різних підходів проявляються чіткіше [4]. PID-регулятор завдяки інтегральній складовій теоретично здатен повністю компенсувати постійну силу вітру – і справді, його встановлена похибка прямує до нуля. Проте ціною цього є значне збільшення перерегулювання: під час розгону інтегратор накопичує помилку, і коли дрон досягає цілі, в системі присутнє переналаштування, що викликає перенапруження (перерегулювання до ~60%) та подальші тривалі коливання [5]. PID спочатку суттєво перелітає ціль (похибка ≈ –0.6), потім опускається нижче неї (≈ +0.2) і коливання затухають лише після ~4.5 с .

Нейроконтролер без інтегратора (LSTM) не може ідеально компенсувати сталу похибку – у сталому режимі дрон зупиняється трохи вище цілі (≈ +5% зміщення) Однак завдяки навчанню з підкріпленням агент PPO навчився компенсувати більшу частину дії вітру наперед, мінімізуючи інтегральну помилку [3]. В результаті після перехідного процесу PPO-контролер утримує дрон найближче до цілі (найменше відхилення). Натомість PID під впливом сталого вітру зазнає значних коливань, а LSTM-регулятор стабілізується зі зміщенням від цільової точки.

Висновки

Проведені дослідження підтверджують ефективність розробленої моделі нейромережевого керування БПЛА. Контролер на основі LSTM після навчання PPO забезпечує точність, порівнянну з оптимально налаштованим PID-регулятором, та переважає його за швидкодією. У разі сталих збурень нейроконтролер демонструє меншу середньоквадратичну похибку завдяки здатності адаптуватися до різних умов через навчання з підкріпленням. Попри це, PID гарантує нульову статичну похибку, тоді як нейромережа може мати невелике зміщення. Отримані результати підтверджують перспективність глибоких нейромереж для керування БПЛА. У майбутньому доцільно провести випробування на реальному апараті та адаптувати модель до багатовимірного керування..

Список використаних джерел

1. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long Short-Term Memory // Neural Computation. – 1997. – Vol. 9, No. 8. – P. 1735–1780.

2. Sutton R., Barto A. Reinforcement Learning: An Introduction. – 2nd ed. – Cambridge (MA) : MIT Press, 2018. – 552 p.

3. Schulman J., Wolski F., Dhariwal P., Radford A., Klimov O. Proximal Policy Optimization Algorithms // arXiv preprint arXiv:1707.06347. – 2017. – 12 p. – Access mode: https://arxiv.org/abs/1707.06347

4. Hwangbo J., Sa I., Siegwart R., Hutter M. Control of a Quadrotor with Deep Model-Based Reinforcement Learning // IEEE Robotics and Automation Letters. – 2017. – Vol. 2, No. 4. – P. 2096–2103.

5. Kuutti S., Bowden R., Jin Y., Barber P., Fallah S. A Survey of Deep Learning Applications to Autonomous Vehicle Control // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. – 2020. – Vol. 22, No. 2. – P. 712–733.

УДК 004.78 (043.2)

Студзінський Д.В., Дехтяренко Д.Т.
ДУ «Київський авіаційний інститут»

АПАРАТНО-ПРОГРАМНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ СТАНУ АВТОМОБІЛЯ НА ОСНОВІ ДАНИХ OBD-II

Сучасні транспортні засоби є складними кіберфізичними системами, робота яких залежить від взаємодії численних електронних блоків керування, сенсорів та мережевих протоколів. Попри те, що вбудовані діагностичні функції дозволяють автовиробникам здійснювати контроль за станом автомобіля, кінцевий користувач — власник транспортного засобу — часто не має доступу до зручного інструменту моніторингу в реальному часі, який би дозволяв відстежувати ключові параметри, попереджати про потенційні несправності та підтримувати належний технічний стан.

Запропонована апаратно-програмна система вирішує проблему відсутності доступного засобу контролю, поєднуючи мобільний застосунок, бездротовий модуль доступу до OBD-II, локальний алгоритм обробки параметрів двигуна та хмарну підсистему аналітики. Для збору даних використано стандарт OBD-II, що підтримує зчитування PID-параметрів, включаючи оберти двигуна, температуру охолоджувальної рідини, навантаження двигуна, швидкість, тиск у паливній системі, корекції подачі пального та статуси помилок ECU. Система забезпечує бездротове з’єднання із застосунком через Bluetooth Low Energy, що знижує енергоспоживання та дозволяє працювати в реальному часі без значного навантаження на мобільний пристрій.

Програмна частина містить механізм фільтрації шумів, інтерполяції неповних вибірок та нормалізації даних для формування узгоджених часових рядів. Додатково реалізовано модуль локальної діагностики, який аналізує відхилення параметрів від еталонних значень і попереджає водія про потенційні несправності на основі вбудованих евристичних правил. Система передбачає обробку кодів помилок (DTC), їх розшифрування у зрозумілий для користувача опис та зберігання історії діагностичних подій.

Хмарна частина рішення дозволяє формувати довгострокову історію технічного стану автомобіля, відстежувати тренди

споживання пального, прогнозувати появу несправностей та виявляти аномальні режими експлуатації. На рівні веб-інтерфейсу надано можливість переглядати динаміку показників, формувати звіти технічного стану, аналізувати стиль керування та генерувати рекомендації щодо оптимізації експлуатації транспортного засобу.

Проведене експериментальне тестування показало стабільність роботи системи при різних конфігураціях автомобілів і швидкостях пересування. Мобільний застосунок демонструє низьку затримку відображення параметрів і здатний працювати в режимі постійної телеметрії. Особливе значення має можливість інтеграції додаткових модулів, наприклад аналізу вібрацій, контролю тиску в шинах або обробки GPS-траєкторій для оцінки експлуатаційних навантажень.

Висновки

Розроблена апаратно-програмна система є ефективним засобом для моніторингу стану автомобіля та підвищення технічної безпеки експлуатації. Вона може бути використана приватними користувачами, сервісними станціями та компаніями, які здійснюють управління автопарками. Перспективними напрямами розвитку є впровадження алгоритмів машинного навчання для раннього виявлення аномалій, створення адаптивних моделей прогнозування несправностей на основі великих масивів телеметрії та розширення апаратної частини системи шляхом підключення суміжних сенсорних модулів.

УДК 004.78 (043.2)

Самофал М.В., Грицай С.І., Дегтяр Ю.В.
ДУ «Київський авіаційний інститут»

ПРОГРАМНА СИСТЕМА ДИСТАНЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ ПОБУТОВИМИ ПРИЛАДАМИ В Y ДОМАШНІХ МЕРЕЖАХ

Розвиток технологій Інтернету речей створив умови для широкого використання дистанційного керування побутовими приладами, що стало ключовим елементом інтелектуальних житлових систем. Методології побудови «розумного дому» еволюціонують у напрямку підвищеної автономності, стійкості до збоїв та інтеграції великої кількості гетерогенних пристроїв. Однак попри розмаїття комерційних рішень, залишається невирішеною проблема стандартизації протоколів взаємодії, узгодженості в управлінні, а також безпечної маршрутизації команд у середовищі з обмеженими ресурсами. У наукових дослідженнях відзначається, що надійні системи дистанційного керування повинні враховувати енергетичні обмеження, топологію мережі та загрози кібербезпеці.

У представленій роботі розглянуто підхід до створення програмної системи дистанційного керування побутовими приладами, яка поєднує локальні комунікаційні вузли, хмарну платформу та мобільний інтерфейс. Центральним елементом рішення є вбудований модуль керування, що працює на мікроконтролері з підтримкою Wi-Fi або Zigbee, та виконує функції прийому, маршрутизації та виконання команд. Для взаємодії з ним використовується легковаговий протокол MQTT, що забезпечує мінімальні затримки, гарантовану доставку повідомлень і можливість масштабування системи під десятки й сотні приладів. Кожен побутовий пристрій або група приладів інтегруються у систему через реле або спеціалізовані модулі із контролем струму, температури та споживання енергії.

Особливу увагу приділено побудові безпечної комунікаційної інфраструктури. У системі реалізовано TLS-шифрування, автентифікацію клієнтів, контроль доступу до тем MQTT та захист від повторного надсилання команд. Для автономної роботи мережеві вузли підтримують локальну логіку: при втраті зв'язку з сервісом вони можуть виконувати заздалегідь визначені сценарії, наприклад вимкнення приладів при перегріві або надмірному енергоспоживанні.

Мобільний застосунок забезпечує взаємодію користувача із системою у режимі реального часу. Він надає можливість вмикати та вимикати прилади, створювати сценарії автоматизації, переглядати енергоспоживання, отримувати нотифікації про позаштатні ситуації та керувати групами пристроїв. Завдяки хмарному компоненту користувач може керувати системою з будь-якої точки світу, тоді як серверна частина обробляє аналітику, зберігає журнали подій та генерує рекомендації щодо оптимізації використання ресурсів.

У ході експериментального тестування було підтверджено стабільність системи за умов змінної якості мережі, що досягнуто завдяки механізмам буферизації та повторної доставки команд. Затримка при виконанні команд не перевищувала декількох сотень мілісекунд, а використання MQTT дозволило значно знизити трафік між серверами та вузлами. Налаштування інтелектуальних сценаріїв продемонструвало здатність системи адаптуватися до динамічних умов роботи — зміни освітлення, часу доби, перевантаження мережі або поведінки користувачів.

Розроблена програмна система демонструє високу ефективність у задачах дистанційного керування побутовими приладами, забезпечує гнучкість, масштабованість та безпеку розумної домашньої мережі. Рішення може бути розширене за рахунок підключення моделей машинного навчання для прогнозування споживання енергії, автоматичного розпізнавання аномалій у роботі приладів, а також інтеграції з системами відеоспостереження, охоронними комплексами та сенсорними платформами для побудови повноцінної кіберфізичної інфраструктури «розумного дому».

УДК 004.8 (043.2)

Шелест А.А.
ДУ «Київський авіаційний інститут»

РОЗРОБКА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ МІКРОРОБОТОМ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ЗОВНІШНІХ ДАНИХ

У сучасному світі робототехнічні системи активно інтегруються у виробничі процеси, наукові дослідження та повсякденне життя. Збільшення рівня автономності роботів потребує розробки інтелектуальних алгоритмів керування, здатних адаптувати поведінку пристрою до динамічних змін середовища. Метою роботи є створення системи керування мікророботом, яка на основі зовнішніх сенсорних даних самостійно приймає рішення щодо руху, уникнення перешкод та оптимального вибору траєкторії.

Для реалізації проєкту було використано мікроконтролер STM32 з периферією для збирання інформації від ультразвукових та інфрачервоних сенсорів. Застосовано комбінацію класичних алгоритмів обробки сигналів та методів машинного навчання, що дозволило системі адаптивно реагувати на непередбачувані ситуації. Обчислювальна модель включає блоки попередньої фільтрації шумів, аналізу простору, визначення напрямку руху та регулювання швидкості двигунів у реальному часі. Основна логіка прийняття рішень реалізована за допомогою нечітких правил, що дозволяє формувати плавні реакції на зміну відстані до об’єктів.

Експериментальні дослідження проводилися на стенді, де мікроробот пересувався в обмеженому просторі зі змінними перешкодами. Порівняння з традиційними методами керування показало зниження кількості зіткнень на 27%, а також скорочення часу проходження маршруту на 12%. Система стабільно працює навіть при наявності шумів у даних, що свідчить про високу стійкість алгоритмів. Крім того, застосування машинного навчання дозволяє поступово поліпшувати параметри руху під час експлуатації.

Практичне значення розробки полягає у можливості використання запропонованої системи як базової платформи для навчання студентів робототехніці, обробці сенсорної інформації та програмуванню мікроконтролерів. Подальші дослідження планується спрямувати на вдосконалення алгоритмів самоорганізації груп роботів та використання нейромережевих підходів для підвищення рівня автономності.

УДК 004.421.2 (043.2)

Отеченко А. О.
ДУ «Київський авіаційний інститут»

ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ МІКРОКОНТРОЛЕРІВ IOT СИСТЕМ ЗА ДОПОМОГОЮ ДИНАМІЧНОГО КЕРУВАННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯМ

У сучасних IoT-системах мікроконтролери виконують ключову роль у забезпеченні збирання, обробки та передавання даних у реальному часі. З огляду на постійне розширення поля їх застосування — від промислових сенсорних мереж до побутових інтелектуальних пристроїв — питання ефективного використання енергоресурсів стає критично важливим. Особливо це стосується автономних IoT-вузлів, що працюють від батарей і мають бути здатними функціонувати протягом тривалого часу без технічного обслуговування.

Одним із найрезультативніших підходів до підвищення енергоефективності є використання динамічного керування енергоспоживанням, яке передбачає адаптивне регулювання режимів роботи мікроконтролера залежно від поточного навантаження, обчислювальної складності завдання та інтенсивності надходження даних. Сучасні мікроконтролери підтримують багаторівневі режими енергозбереження (глибокий сон, часткове вимкнення периферії, динамічне масштабуванням частоти), що дозволяє суттєво зменшити енергоспоживання без шкоди для продуктивності системи.

У проведеному дослідженні було розглянуто архітектурні особливості сучасних МК, їхню підтримку енергозберігальних режимів та ефективність різних стратегій керування енергоспоживанням. Було змодельовано роботу вузла IoT у сценаріях з різною інтенсивністю подій: постійне надходження даних, періодичні оновлення з датчика та робота в умовах спорадичної активності. Для кожного режиму оцінювалися втрати енергії, час реакції та стійкість до зовнішніх збоїв.

Результати підтверджують, що динамічне регулювання частоти роботи процесора дозволяє зменшити енерговитрати на 30–45% у порівнянні з фіксованими тактовими режимами. Додаткове вимкнення периферійних модулів забезпечує ще до 20% економії енергії у низькоактивних системах. Найбільш ефективним виявився комбінований підхід, який поєднує адаптивне перемикання між режимами сну та гнучке регулювання частоти залежно від характеру обчислювальних задач.

Науковий керівник – старший викладач Голего Н.М.

УДК 004.78 (043.2)

Узлов Т.С.
ДУ «Київський авіаційний інститут»

ОПЕРАЦІЙНА СИСТЕМА РЕАЛЬНОГО ЧАСУ ДЛЯ ОБРОБКИ ДАНИХ ВІД ЗАСОБІВ РЕР

Операційні системи реального часу (Real-Time Operating Systems, RTOS) посідають важливе місце у сучасних вбудованих та оборонних комплексах. Їх ключова властивість — гарантована детермінованість реакції системи на зовнішні події. У випадку засобів радіоелектронної розвідки (РЕР) це має критичне значення, оскільки виявлення, класифікація та обробка сигналів відбуваються у режимі безперервного потоку даних, що потребує мінімальних затримок і передбачуваного часу виконання операцій.

Засоби РЕР отримують інформацію з широкого спектра частот, аналізуючи електромагнітне середовище для визначення джерел випромінювання та за можливості їх параметрів для подальшої оцінки потенційної загрози. Типові задачі включають попередню фільтрацію сигналів, демодуляцію, спектральний аналіз, класифікацію за сигнатурами та ідентифікацію типів передавачів. Усі ці операції вимагають високої швидкості обробки, особливо коли йдеться про сигнали малої тривалості, швидкоплинні радіообміни, складні перешкодні умови або навмисне радіоелектронне подавлення.

Застосування звичайних багатозадачних операційних систем, таких як Linux або Windows у таких умовах обмежене. Основна проблема полягає у тому, що багатозадачні операційні системи загального призначення не гарантують часову детермінованість – задачі можуть затримуватися планувальником, а системні виклики мають нерівномірний час виконання. На відміну від цього, RTOS забезпечує передбачувану реакцію на події, фіксовану максимальну затримку обслуговування переривань, а також пріоритетну обробку критичних задач.

Під час побудови RTOS для засобів РЕР особливо важливими є такі властивості:

1. Детермінованість планування задач. Обробка сигналу зазвичай розбивається на окремі потоки: прийом даних з АЦП або радіомодуля, цифрова фільтрація, формування спектра, класифікація, запис у буфер та передавання. RTOS має дозволяти чітко визначити пріоритети цих потоків, щоб найкритичніші з них виконувалися без затримок.

2. Мінімальний час реакції на переривання. Засоби РЕР працюють із високошвидкісними потоками з радіочастотних

фронтендів, де буфер АЦП може заповнитися за кілька мікросекунд. Час реакції ОС на переривання має бути передбачуваним і дуже малим, щоб уникнути втрати інформації.

3. Ефективна робота з DMA та периферією. Потоки даних з RF-модулів часто передаються через шину SPI, USB, PCIe або високошвидкісні власні інтерфейси. RTOS повинна ефективно керувати DMA (Direct Memory Access), що мінімізує навантаження на процесор.

4. Захист даних і надійність. РЕР використовується в умовах, де відмова системи є неприпустимою. Тому важливі механізми ізоляції задач, виявлення помилок, контролю цілісності даних та відмовостійке перезавантаження окремих модулів.

Для реалізації RTOS у засобах РЕР можуть використовуватися як комерційні рішення (VxWorks, QNX Neutrino, Integrity), так і відкриті системи (FreeRTOS, Zephyr, RTEMS). FreeRTOS і Zephyr активно застосовуються у вбудованих системах через малий розмір ядра, гнучкість конфігурації та широкі можливості налаштування. У випадках, коли потрібна підтримка складнішої інфраструктури, може застосовуватись Linux з патчем PREEMPT_RT, який забезпечує наближення ядра до реального часу, хоча й не гарантує такої ж рівномірності затримок, як спеціалізовані RTOS.

Одним із напрямів прискорення та тестування розробки RTOS для засобів РЕР є створення експериментальної систем моделювання потоку радіоданих. Така система може імітувати безперервне надходження пакетів сигналу з високою швидкістю, а також виконувати базові операції обробки, наприклад: фільтрацію або наближення спектра через алгоритм БПФ. У середовищі RTOS можна дослідити затримки виконання задач, поведінку планувальника під навантаженням, ефективність буферизації та обробку апаратних подій. Це дає можливість оцінити реальні особливості роботи RTOS у контексті РЕР.

У перспективі дослідження можуть бути розширені шляхом впровадження адаптивних методів планування задач, використання апаратних прискорювачів (DSP, GPU) або інтеграції алгоритмів машинного навчання для швидкої класифікації сигналів. Оскільки сучасні засоби РЕР дедалі більше орієнтовані на автоматизацію, низькі затримки та високу пропускну здатність, задача створення ефективної RTOS для таких систем залишається актуальною та науково перспективною.

Науковий керівник – старший викладач Голего Н.М.

УДК 629.8:681.3 (043.2)

Дехтяренко А.Т., Козило О.О.
Фаховий коледж інженерії, управління та землевпорядкування Державного некомерційного підприємства «ДУ «Київський авіаційний інститут»

РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ МАНІПУЛЯТОРОМ НА ОСНОВІ МІКРОКОНТРОЛЕРА ARDUINO ТА ДАТЧИКІВ ПОЛОЖЕННЯ

У сучасній робототехніці одним із найважливіших напрямів є створення інтелектуальних систем керування роботизованими маніпуляторами. Такі системи широко застосовуються у виробництві, медицині, логістиці та навчальних лабораторіях. У даній роботі розглядається процес розробки системи автоматичного керування маніпулятором із використанням мікроконтролера Arduino, сервоприводів та датчиків положення.

Основною метою дослідження є створення системи, здатної автоматично змінювати положення маніпулятора відповідно до заданих координат або умов середовища. Для цього було використано мікроконтролер Arduino Uno, який виконує роль центрального обчислювального модуля, обробляє дані з датчиків і формує сигнали керування для приводів.

Основні етапи розробки:

1. Проєктування схеми підключення сервоприводів та датчиків кута (потенціометрів або енкодерів) до мікроконтролера.

2. Програмна реалізація алгоритму керування, який базується на зворотному зв’язку — маніпулятор аналізує поточне положення і коригує його для досягнення заданої мети.

3. Реалізація режимів ручного та автоматичного керування, що забезпечує гнучкість у використанні системи.

4. Візуалізація даних про роботу маніпулятора через серійний монітор або додатковий інтерфейс на базі модуля Bluetooth/Wi-Fi.

Система дозволяє реалізувати як навчальні, так і прикладні задачі. У навчальному процесі вона може використовуватись для вивчення принципів зворотного зв’язку, систем стабілізації та програмування мікроконтролерів. У промислових умовах — для автоматизації простих процесів переміщення об’єктів або сортування.

Переваги розробленої системи:

– простота та доступність реалізації завдяки використанню Arduino;

– можливість масштабування (додавання додаткових ступенів свободи або сенсорів);

– використання відкритого програмного забезпечення для налагодження та візуалізації.

Розроблена система демонструє ефективність поєднання апаратних засобів Arduino з алгоритмами керування на основі зворотного зв'язку. Такі рішення є перспективними для створення недорогих робототехнічних комплексів, що можуть виконувати базові операції автоматизованого позиціювання та взаємодії з об'єктами. Подальший розвиток проєкту може включати впровадження елементів машинного навчання для адаптації рухів маніпулятора до змін умов середовища.

Застосування мікроконтролера Arduino та датчиків положення дозволяє створити просту систему автоматичного керування маніпулятором, яка може змінювати своє положення завдяки алгоритмам зворотного зв'язку. Система може забезпечити достатню точність рухів і відповідати сучасним підходам у системному програмуванні. Отримані результати показують, що таке рішення можна використовувати у навчальних та практичних роботах, а в майбутньому його можна вдосконалити, додавши нові можливості та розширивши функціонал.

Список використаної літератури

1. Monk S. Programming Arduino: Getting Started with Sketches. 3rd ed. — McGraw-Hill Education, 2023. — 304 p.

2. Khalil W., Dombre E. Modeling, Identification and Control of Robots. — Hermes Penton Science, 2021. — 500 p.

3. Ren C. Practical Robotics in C++ and Arduino. — Apress, 2020.

4. Патлай Д. В., Чеботарьов В. В. Робототехніка: теорія та практичні застосування. — Київ: Ліра-К, 2021.

5. Корнєєв О. М. Мікроконтролери в робототехніці: Arduino та сенсорні системи. — Харків: Ранок, 2022.

UDC 004.932.2 (043.2)

Lastivka O.I., Kashkevych S.O.
SU «Kyiv Aviation Institute»

THEORETICAL FOUNDATIONS FOR THE DEVELOPMENT OF EXTERNAL DATA PROCESSING SYSTEMS IN UNMANNED AERIAL VEHICLES

The development of external data processing systems in unmanned aerial vehicles is based on the theoretical principles of sensor fusion, adaptive environment analysis, and information flow modelling in dynamic conditions. External data received from optical, inertial, navigation, infrared or radar sensors differ in structure, accuracy, update frequency and noise level. Therefore, the theoretical model of the system must ensure the coordination of heterogeneous sources, their normalisation, and the formation of a unified information space that can be used for real-time decision-making.

Such systems are based on the concept of multi-level information processing, in which the aircraft decomposes the input stream into structural components: measurements, signals, spatial characteristics, and contextual features. At the theoretical level, this is described by statistical filtering models, state estimation methods, and prediction algorithms. An important component is the robustness of processing to noise and data incompleteness, which ensures the integrity of the information model even under conditions of limited visibility or unstable signal.

Theoretical approaches to building external processing systems emphasise the need to use adaptability principles. The system must change its parameters depending on the flight environment, object dynamics, and application scenarios. This is achieved by integrating classification, tracking, and contextual analysis models. From a robotics perspective, such adaptability enables aircraft to form an up-to-date picture of the environment and navigate even in complex spatial conditions.

The theoretical framework also includes elements of cognitive modelling, within which the system interprets surrounding objects as structured spatial entities. This allows it not only to process external signals, but also to construct generalised scenes, identify patterns, predict trajectories and assess potential risks to the flight mission. Thus, the process of processing external data moves from the level of basic measurements to the level of intelligent comprehension of information.

In summary, external data processing systems in unmanned aerial systems are formed on the basis of a combination of statistical models,

adaptive algorithms, sensor fusion, and spatial analysis. Theoretical principles enable the creation of highly accurate, interference-resistant, and autonomous information systems, which are key to the effective functioning of modern unmanned aerial systems.

References

1. Tamer, K. A., Sova, O., Shaposhnikova, O., Yashchenok, V., Stanovska, I., Shostak, S., Rudenko, O., Petruk, S., Matsyi, O., & Kashkevich, S. Development of a solution search method using a combined bio-inspired algorithm. EasternEuropean Journal of Enterprise Technologies. 2024, Vol. 1, No. 4 (127), pp. 6–13. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.298205.

2. Kashkevich, S. (Ed.) (2025). Decision support systems: mathematical support. Kharkiv: TECHNOLOGY CENTER PC, 202. https://doi.org/10.15587/978-617-8360-13-9.

3. Development of a methodological approach for assessing the condition of complex organizational and technical systems. Mohammed, B. A., Stanovska,I., Kashkevich, S., Lebedynskyi, A., Vakulenko, Y., Protas, N., Klyuchak, O., Lastivka, O., Semeniuk, A., Kivshar, O. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2/4 (134) 2025, 47 –53. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.326468 .

УДК 621.391 (043.2)

Марченко Н.Б., доцент, к.т.н.
ДУ «Київський авіаційний інститут»

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ПІДТРИМКА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У СИСТЕМАХ БАГАТОРІВНЕВОГО МОНІТОРИНГУ НА ОСНОВІ ПЛАТІЖНИХ МАТРИЦЬ

У галузі дослідження систем багаторівневого моніторингу та діагностики (СБМД) складних технічних об'єктів, зокрема систем масового обслуговування (СМО), протягом останніх років активно формуються нові теоретичні засади та прикладні методики. СМО, у структурі яких реалізовано багаторівневий контроль і діагностування технічних засобів, мають важливе значення для підтримання надійності й безперервної роботи об'єктів критичної інфраструктури [1, 2]. Зростання складності технічних систем та підвищені вимоги до швидкого виявлення й попередження відмов зумовлюють потребу у вдосконаленні математичних методів аналізу їх функціонування.

Метою дослідження є обґрунтування теоретико-ігрового підходу до аналізу роботи підсистеми діагностування, що здійснює свою діяльність у циклічному режимі моніторингу та технічного обслуговування. Такий підхід дає можливість описати ймовірнісні маршрути переміщення обслуговуючого пристрою з урахуванням часових витрат на контроль, діагностику та передавання даних, а також забезпечує вибір оптимальної стратегії керування на основі критеріїв ефективності теорії ігор [1].

Побудована формалізація задачі визначення стратегії СБМД дала змогу подати її у вигляді ігрової моделі, де випадкова стратегія характеризує параметри нерегламентованих станів, а підсистема прийняття рішень обирає найкращу стратегію відновлення працездатності об'єктів. Модель вибору стратегії представлена з використанням методу платіжної матриці С розміром $n \times m$ [15]. Рядки матриці відповідають стратегіям СБМД, а стовпці – прогнозованим інтенсивностям не регламентованих станів на перспективу ΔT.

Кожен елемент матриці містить оцінку ефекту, що відповідає економічному (або іншому) ефекту ef_{mn}, для конкретної стратегії, представленому у вигляді дробу e_{ij}/z_{ij}, чисельник якого характеризує очікуваний виграш (наприклад, зекономлений ресурс або зниження ризику), а знаменник і-ої витрати від застосування стратегії при ліквідації j-го нерегламентованого стану

($i = \overline{1,n}$,$j = \overline{1,m}$). Тобто:

$$C = \left[ef_{ij}\right]_{m\times n}, \quad ef_{ij} = \frac{e_{ij}}{z_{ij}},$$

де C – платіжна матриця розміром $m \times n$, ef_{ij} – ефект (виграш) від застосування i -ї стратегії при прогнозованому j-му стані; e_{ij} – очікувана якість (виграш); z_{ij}– витрати на застосування i-ї стратегії до j-го стану (прогнозованим інтенсивностям або сценаріям розвитку відмов на інтервалі ΔT), $i = \overline{1,n}$ – індекс стратегії СБМД (рядки матриці); $j = \overline{1,m}$ – індекс прогнозованої інтенсивності нерегламентованого стану (стовпці матриці).

Критерій вибору оптимальної стратегії: вибір стратегії $s\epsilon S$ проводиться з урахуванням умови кожної задачі, наприклад, за максимумом ефективності або мінімумом витрат.

Формалізація процедури вибору стратегії роботи СБМД із застосуванням платіжної матриці дала змогу впорядкувати простір можливих рішень та врахувати їх економічну результативність. Використання інструментів теорії ігор створює передумови для гнучкого й адаптивного визначення оптимальної стратегії з огляду на мінливість технічних умов та можливі сценарії розвитку подій. Запропонована методика має значний потенціал для впровадження у цифрові системи підтримки технічного обслуговування, зокрема в промислових середовищах, де важливо забезпечити діагностику та реагування в режимі реального часу.

Список використаних джерел

1. Chubko L. and other. Information software of multi-level systems of monitoring and diagnostics of complex technical objects. Information Technologies: Theoretical and Applied Problems (ITTAP-2022). 22-24 November, 2022, Ternopil. Ukraine. P.381-386.

2. Marchenko N.B. Intelligent information systems of complex technical objects. In proceedings of Modern trends in the development of system programming, NAU, Kyiv Ukraine, 2021, pp. 40-41.

УДК 004.89 (043.2)

Бондар М.А.
ДУ «Київський авіаційний інститут»

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ПРИСТРОЯМИ ОСВІТЛЕННЯ В СИСТЕМАХ «РОЗУМНИЙ ДІМ»

Сучасні тенденції цифровізації побутових та виробничих середовищ визначають нові вимоги до систем автоматизації, особливо у сфері керування електричними пристроями. Системи «розумний дім», що стрімко поширюються серед користувачів, потребують надійних, безпечних і масштабованих рішень для керування освітленням, яке є одним із ключових елементів енергоспоживання. Традиційні вимикачі не забезпечують необхідного рівня автоматизації, адаптації до користувацьких сценаріїв та можливостей дистанційного керування.

Виклики енергоефективності, зростання тарифів на електроенергію та потреба в підвищеній безпеці житлових об'єктів роблять актуальним створення програмно-апаратних систем управління освітленням. Такі системи мають забезпечувати можливість гнучкого налаштування освітлювальних приладів, моніторинг стану мережі, автоматичне реагування на події та інтеграцію з мобільними платформами та хмарними сервісами.

З погляду системного програмування задача побудови універсального модуля керування освітленням включає комплекс проблем: проектування ефективної логічної моделі, розробку протоколів взаємодії з пристроями, забезпечення низькорівневого доступу до мікроконтролерів, реалізацію надійного каналу передачі даних та створення безпечного інтерфейсу для користувача.

У роботі запропоновано комп'ютерну систему управління освітлювальними пристроями, побудовану за принципами розподіленої архітектури. Система складається з центрального керуючого модуля, бездротових комунікаційних вузлів, мікроконтролерів з датчиками, а також мобільного та веб-інтерфейсів.

Центральний модуль виконує функції координації та обробки даних, включаючи:

– синхронізацію станів пристроїв;
– визначення режимів освітлення;
– логування подій;
– обмін даними з хмарним сховищем.

Програмна частина реалізована із використанням структурованої клієнт-серверної моделі. Серверна частина забезпечує REST API для взаємодії з модулями системи, тоді як клієнтська частина надає користувачеві інтуїтивно зрозуміле керування.

Система підтримує адаптивні сценарії роботи:

– автоматичне керування за даними датчиків руху або освітленості;

– визначення пріоритетів освітлення залежно від часу доби;

– можливість групового та індивідуального керування;

– віддалене керування з мобільного пристрою.

Особливістю реалізації є використання мікроконтролерів із низьким енергоспоживанням, підтримка протоколів Wi-Fi/Bluetooth, а також застосування MQTT як легковагового протоколу для збирання телеметрії та передачі команд.

Проведене тестування системи показало стабільну роботу при різних навантаженнях, надійну передачу команд у локальній мережі та швидкий відгук при зміні сценаріїв. Структурна модель дозволяє масштабувати систему, додаючи нові групи освітлення або інтегруючи інші побутові прилади.

Висновки

Розроблена інтелектуальна система керування освітленням підтвердила свою ефективність у контексті задач автоматизації побутових приміщень. Вона забезпечує підвищення енергоефективності, зручність керування та можливість гнучкої адаптації до користувацьких сценаріїв. Застосована архітектура дозволяє інтегрувати систему у більш широкі комплекси «розумного дому» та доповнювати її новими функціональними модулями.

Подальший розвиток рішення може включати впровадження алгоритмів машинного навчання для прогнозування потреб у освітленні, автоматичне формування оптимальних режимів роботи, інтеграцію з охоронними системами та розширення можливостей телеметричного моніторингу.

УДК 004.3:629.7 (043.2)

Якобчук І.О.
ДУ «Київський авіаційний інститут»

РОЗРОБКА ПРОТОТИПУ ЦИФРОВОГО ПІЛОТАЖНО-НАВІГАЦІЙНОГО ІНДИКАТОРА ДЛЯ БПЛА НА БАЗІ ПЛАТФОРМИ ESP32

Сучасна авіаційна галузь переживає стрімку цифровізацію бортового обладнання, де на зміну традиційним електромеханічним приладам приходять інтегровані системи відображення інформації, відомі як «Glass Cockpit». Подібні рішення значно підвищують ситуаційну обізнаність пілота, проте їх висока вартість та енергоспоживання обмежують їх застосування у сфері легкої авіації та малорозмірних безпілотних літальних апаратів (БПЛА). У цьому контексті виникає необхідність розробки доступних аналогів пілотажно-навігаційних індикаторів (EFIS), які б базувалися на сучасній елементній базі, зберігаючи при цьому високу точність та швидкість реакції.

Апаратна архітектура запропонованого комплексу побудована навколо високопродуктивної системи на кристалі (SoC) ESP32-WROOM-32. Вибір даної платформи зумовлений наявністю двох обчислювальних ядер Xtensa LX6 із тактовою частотою до 240 МГц, що дозволило реалізувати ефективний розподіл навантаження: одне ядро забезпечує безперервне опитування периферії, тоді як інше відповідає за математичні розрахунки та рендеринг графіки. Вимірювальний контур системи сформовано з MEMS-акселерометра ADXL345, підключеного через інтерфейс, та барометричного сенсора BMP280. Візуалізація даних здійснюється на IPS-дисплеї діагоналлю 1.69 дюйма (контролер ST7789), який забезпечує широкі кути огляду та високу контрастність зображення, що є критичним для зчитування інформації в умовах польоту.

Програмна реалізація проекту виконана мовою C++ з використанням фреймворку Arduino, що забезпечило гнучкість розробки та можливість оптимізації критичних ділянок коду. Для взаємодії з графічною підсистемою використано бібліотеку TFT_eSPI, яка дозволяє задіяти апаратний SPI-інтерфейс мікроконтролера на максимальних частотах. Ключовим викликом при роботі з бюджетними сенсорами є високий рівень шуму, тому в програмний код імплементовано алгоритми цифрової обробки сигналів: тригонометричне перетворення «сирих» даних акселерометра у кути

Ейлера з подальшою стабілізацією через фільтр низьких частот (Low-Pass Filter).

Для забезпечення плавності візуалізації, яка відповідає стандартам авіаційних приладів, було застосовано технологію подвійної буферизації (Sprites). Графічний двигун формує кадр авіагоризонту у виділеній області оперативної пам'яті, після чого готове зображення цілісним масивом передається на дисплей. Такий підхід дозволив досягти стабільної частоти оновлення понад 30 FPS та реалізувати складну анімацію обертання шкали крену без візуальних артефактів. Розроблений прототип демонструє, що поєднання доступних апаратних компонентів з оптимізованими програмними алгоритмами дозволяє створювати функціональні навігаційні інструменти професійного рівня.

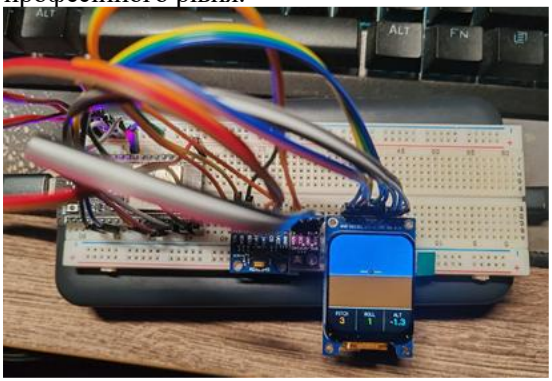


Рис. 1. Зовнішній вигляд розробленого прототипу пілотажно-навігаційного індикатора у робочому режимі

Список використаних джерел

1. Харченко В. П., Остроумов І. В. Авіоніка безпілотних літальних апаратів: навч. посіб. — К.: НАУ, 2013.

2. Espressif Systems. ESP32 Series Datasheet. Version 3.7, 2023.

3. Analog Devices. ADXL345: 3-Axis Digital Accelerometer Datasheet. Rev. E, 2015.

4. Bodmer. TFT_eSPI Library Documentation. GitHub Repository, 2023.

Науковий керівник – старший викладач Голего Н.М.

УДК 004.78 (043.2)

Петренко С.О.
ДУ «Київський авіаційний інститут»

СЕМАНТИЧНО-ОРІЄНТОВАНЕ ВИЯВЛЕННЯ АНОМАЛІЙ У ДИНАМІЧНИХ СЦЕНАХ З РУХОМОЮ КАМЕРОЮ

Зростання ролі безпілотних систем, мобільних робототехнічних платформ, автономних транспортних засобів та носимих відеокомплексів створює нові виклики для комп'ютерного зору, зокрема у задачі виявлення аномалій у відеопотоках. На відміну від класичних методів, що використовують стаціонарні камери, аналіз динамічних сцен за умов руху камери ускладнюється кількома чинниками: нестабільністю фону, егозміщенням, деформаціями оптичного потоку, зміною перспективи та накладанням руху власне сцени на рух носія камери. Тому використання семантично-орієнтованих методів, що поєднують глибинні ознаки та контекстуальне розуміння сцени, стає ключовим елементом для досягнення високої точності виявлення аномалій.

Однією з важливих ідей сучасних підходів є декомпозиція руху на дві складові: 1) глобальний рух, спричинений переміщенням камери; 2) локальні зміни, які можуть містити аномальні об'єкти або події.

Сучасні роботи демонструють, що коректне відокремлення цих компонентів значно підвищує точність виявлення. Так у роботі [1] підкреслено, що контекст та семантичні ознаки відіграють визначальну роль у розмежуванні нормальних та нетипових подій.

Рух камери створює особливу проблему паралакс-ефект, коли різні області кадру зміщуються з різною швидкістю, залежно від їх просторової глибини. Для компенсації цих ефектів використовують моделі оптичного потоку, трансформації гомографії, а також глибинні мережі, які навчаються розпізнавати структурні зміни сцени. Так у роботі [2] представлено архітектуру Fully Convolutional Networks (FCN), яка заклала основу для сучасних моделей семантичного розуміння сцен у відеопотоках. Застосування FCN-похідних моделей у задачах виявлення аномалій дає можливість працювати з високорівневими ознаками, такими як вид об'єкта, його розмір, форма, контекстна роль у середовищі.

У запропонованій концепції семантично-орієнтоване виявлення аномалій передбачає поєднання трьох напрямів:

– компенсація руху камери для формування стабільного

базового представлення;

– семантичне моделювання сцени для визначення контекстуальних ознак;

– виділення локальних аномалій на основі спостережуваних відхилень у русі, формі чи місці появи об’єктів.

Експериментальні результати у сучасних системах підтверджують, що комбіновані моделі, які інтегрують семантичні та рухові ознаки, значно ефективніші у динамічних сценах, ніж класичні методи, орієнтовані виключно на графічні чи статистичні особливості кадру. Такий підхід відкриває можливості для застосування в автономній робототехніці, системах моніторингу, відеоаналітиці міських просторів, а також у задачах безпеки.

Подальші напрями розвитку включають інтеграцію глибинних моделей глибини сцени (depth estimation), одночасну оптимізацію SLAM та anomaly detection, застосування трансформерних архітектур для аналізу довгих відеопослідовностей та побудову систем автономної оцінки ризику у реальному часі.

Список використаних джерел

1. Nayak, R., Pati, U.C., Kumar Das, S. (2020). Video Anomaly Detection using Convolutional Spatiotemporal Autoencoder. International Conference on Contemporary Computing and Applications (IC3A), Lucknow, India, 2020, pp. 175-180, doi: 10.1109/IC3A48958.2020.233292.

2. Long, J., Shelhamer, E., Darrell, T. (2015). Fully convolutional networks for semantic segmentation, 2015 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Boston, MA, USA, pp. 3431-3440, doi: 10.1109/CVPR.2015.7298965.

СЕКЦІЯ 2. СИСТЕМНІ ПРОГРАМНІ РІШЕННЯ ДЛЯ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

УДК 004.056 (043.2)

Вавіленкова А.І., д.т.н., Мамай С.В.
Національна академія СБ України

ІНФОРМАЦІЙНІ РОБОТИЗОВАНІ СИСТЕМИ ТА ЇХ РОЛЬ ДЛЯ ДЕРЖАВНОЇ БЕЗПЕКИ

Роботизовані системи – це не лише автономні або дистанційно керовані платформи, а й цілісні комплекси, інтегровані у розвідувально-інформаційні, командно-управлінські та оборонні контури держави. Їх застосування забезпечує перевагу у швидкості прийняття рішень, точності ураження, стійкості до інформаційно-психологічних впливів та здатності діяти в умовах високих ризиків, недоступних для людини. З огляду на це, роботизація сектору безпеки стає одним із ключових чинників підвищення національної обороноздатності.

Використання роботизованих систем є не лише інструментом захисту, але й засобом стратегічного тиску на противника, впливаючи на його економічну стабільність та ресурсний потенціал.

Особливої актуальності проблема набуває для України, яка перебуває в умовах широкомасштабної війни, що характеризується активним використанням противником як власних роботизованих систем, так і комплексів радіоелектронної боротьби, дронів-камікадзе, безпілотних наземних і морських платформ. Водночас український сектор безпеки демонструє динамічний розвиток у створенні й застосуванні роботизованих систем – від тактичних дронів до автономних ударних комплексів та засобів спостереження. Попри це, наукове опрацювання процесів функціонування таких систем, їх інтеграції у структури командування та взаємодії з іншими елементами безпеки залишається недостатнім [1].

Крім того, світові експерти прогнозують істотне розширення ролі роботизованих систем у безпекових операціях – від кібероборони та протидії терористичним загрозам до охорони критичної інфраструктури та стратегічного стримування. Це актуалізує необхідність формування національних наукових підходів до моделювання їх функціональних процесів, забезпечення міжвідомчої взаємодії, визначення ефективних сценаріїв застосування та оцінювання їх впливу на загальну систему безпеки [1].

Отже, впровадження роботизованих систем у секторі державної

безпеки та оборони:

– відповідає стратегічним потребам України в умовах воєнного стану і трансформації сектора безпеки;

– забезпечує наукове підґрунтя для формування ефективної державної політики у сфері роботизації;

– сприяє розвитку технологічної спроможності органів безпеки;

– створює нову наукову базу для практичної модернізації оборонних спроможностей держави.

Проте під час використання інформаційних роботизованих систем потрібно розуміти обмеження, з якими можна стикнутися у сфері державної безпеки України [2]:

– у галузі кібербезпеки та захисту комунікацій роботизовані платформи вразливі до перехоплення, підміни команд, втручання в датчики, вони потребують криптографічного захисту та використання протоколів автентифікації;

– для виконання юридичних та етичних рамок застосування необхідне чітке регламентування повноважень та правил застосування;

– для обміну даними між державними системами потрібні єдині формати, протоколи та пілотні політики інтеграції;

– експлуатація інформаційних роботизованих систем під час довготривалої експлуатації вимагає національних ланцюгів постачання, навчання персоналу та сертифікації.

Інформаційні роботизовані системи – мультидисциплінарний інструмент, який вже довів свою ефективність у реальних операціях та має критичне значення для забезпечення державної безпеки України. Їхнє впровадження потребує одночасного вирішення технічних (кібербезпека, інтероперабельність), організаційних (логістика, сертифікація) та правових (регламентація застосування сили) завдань. Правильно спроектована національна політика щодо інформаційних роботизованих систем дозволить знизити ризики, підвищити оперативну ефективність і зберегти людські ресурси під час кризових ситуацій.

Список використаних джерел

1. Tanimu, J. A. (2025). Addressing cybersecurity challenges in robotics. Cyber Security and Applications 3 (2025). P. 1-7. http://www.keaipublishing.com/en/journals/cyber-security-and-applications/

2. Мовчан К. О. Ризики кібербезпеки в епоху робототехніки. Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія «Технічні науки». 2023. Т. 34. № 4. С. 79–83. DOI: https://doi.org/10.32782/2663-5941/2023.4/13.

УДК 004.78 (043.2)

Нечипорук В.В, к.т.н., доц., Апенько В.В.
ДУ «Київський авіаційний інститут»

СИСТЕМНІ ПРОГРАМНІ ПІДХОДИ ДО ПОБУДОВИ ВІДМОВОСТІЙКИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Сучасні об’єкти критичної інфраструктури – енергетичні комплекси, транспортні системи, телекомунікаційні мережі, об’єкти життєзабезпечення та центри обробки даних – функціонують у середовищі підвищених ризиків, де відмова програмних компонентів може призвести до значних соціальних, економічних або техногенних наслідків. У таких умовах програмне забезпечення перестає бути допоміжним інструментом і стає ключовим елементом забезпечення стійкості, керованості та безпеки інфраструктурних систем. Це зумовлює необхідність застосування спеціалізованих системних підходів до проектування, розгортання та супроводу програмних рішень.

Однією з основних вимог до програмних систем критичної інфраструктури є відмовостійкість. На відміну від звичайних інформаційних систем, де допустимі короткочасні збої або деградація сервісів, у критичних середовищах навіть часткова втрата функціональності може бути неприпустимою. Тому системне програмування для таких об’єктів має враховувати принципи ізоляції компонентів, резервування ресурсів, прогнозування збоїв і автоматичного відновлення працездатності без участі оператора.

Запропонований підхід базується на багаторівневій архітектурі, у якій кожен рівень відповідає за окремий аспект стійкості системи. Нижній рівень забезпечує контроль апаратних ресурсів, взаємодію з сенсорами та виконавчими механізмами, а також моніторинг фізичного стану обладнання. Середній рівень відповідає за обробку подій, маршрутизацію повідомлень і координацію підсистем, що дозволяє локалізувати збої та уникати каскадних відмов. Верхній рівень реалізує логіку управління, аналітику та підтримку прийняття рішень, зберігаючи працездатність навіть за умов часткової втрати даних або зв’язку.

Важливим системним аспектом є асинхронна модель взаємодії компонентів. Використання подій і черг повідомлень дозволяє зменшити залежність між модулями, уникнути блокувань і

забезпечити контрольований обмін даними між географічно розподіленими об'єктами. Такий підхід особливо актуальний для критичної інфраструктури, де мережеві затримки або тимчасові розриви зв'язку є реалістичним сценарієм.

Окрему увагу приділено контролю стану системи та журналюванню подій. У критичних програмних комплексах логування виконує не лише діагностичну, а й доказову функцію. Системні журнали дозволяють відновлювати хронологію подій, аналізувати причини інцидентів і підтверджувати коректність дій персоналу. Тому архітектура повинна передбачати захищене зберігання журналів, їх реплікацію та неможливість несанкціонованої модифікації.

Безпека є невід'ємною складовою системного програмування для критичної інфраструктури. Програмні рішення повинні реалізовувати принцип мінімальних привілеїв, багаторівневий контроль доступу та чітке розмежування ролей. Водночас важливо, щоб механізми безпеки не порушували детермінованість роботи системи та не створювали додаткових точок відмови. Тому захист розглядається як частина архітектури виконання, а не як зовнішній модуль.

Застосування системних програмних підходів дозволяє створювати інфраструктурні рішення, здатні функціонувати в умовах невизначеності, підвищених навантажень та цілеспрямованих впливів. Такі системи забезпечують контрольовану деградацію, прогнозовану поведінку у кризових ситуаціях і швидке відновлення після збоїв, що є критично важливим для безпеки та надійності інфраструктурних об'єктів.

Висновки

Розробка програмних систем для критичної інфраструктури потребує застосування спеціалізованих принципів системного програмування, орієнтованих на відмовостійкість, безпеку та контрольовану поведінку в аварійних умовах. Багаторівнева архітектура, асинхронна взаємодія компонентів, централізований моніторинг і жорстке управління доступом формують основу для побудови надійних інфраструктурних програмних рішень. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на інтеграцію інтелектуальних механізмів прогнозування збоїв, цифрових двійників та адаптивних алгоритмів керування для підвищення загальної стійкості критичних систем.

УДК 004.78 (043.2)

Черкай В.С., Голего Н.М.
ДУ «Київський авіаційний інститут»

АДАПТИВНІ МЕХАНІЗМИ КІБЕРЗАХИСТУ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ НА ОСНОВІ КОМПОНЕНТНИХ СИСТЕМ ТА МАШИННОГО НАВЧАННЯ

У сучасних умовах стрімкої цифрової трансформації та інтеграції промислових систем контролю (ICS/SCADA) з корпоративними мережами, критична інфраструктура (КІ) (енергетика, транспорт, фінанси, охорона здоров'я) стає першочерговою мішенню для кібератак. Частота, складність та інтелектуальність цих загроз зростають експоненційно, особливо у контексті гібридних атак та використання методів прихованого вторгнення. Традиційні системи захисту, що ґрунтуються на статичних правилах та сигнатурному аналізі, демонструють свою неспроможність протистояти цільовим загрозам «нульового дня» та постійно мінливим векторам атак, що диктує необхідність переходу до абсолютно нових парадигм захисту. Це обумовлює актуальність дослідження у сфері адаптивних, інтелектуальних механізмів кіберзахисту, які здатні до самонавчання, автономного прийняття рішень та динамічної реконфігурації в умовах реального часу.

Метою даного дослідження є обґрунтування концептуальної моделі та розробка практичних підходів до створення адаптивної системи кіберзахисту КІ, архітектура якої базується на компонентному підході для забезпечення структурної гнучкості та модульності, а функціональне ядро використовує алгоритми машинного навчання (МН) для інтелектуального виявлення, класифікації та автономної нейтралізації аномалій і загроз.

Застосування компонентних систем (Component-Based System – CBS) є фундаментальним для створення гнучкої та стійкої системи безпеки. Згідно з методологією CBS [1], система захисту розглядається як набір незалежних, взаємозамінних та слабо зв'язаних модулів (компонентів), що взаємодіють через чітко визначені інтерфейси. Це дозволяє забезпечити: модульність, що уможливлює швидку інтеграцію нових технологій захисту (наприклад, нового МН-алгоритму) або оновлення старих без необхідності перезбирання всієї системи; масштабованість, що дає

змогу динамічно розподіляти обчислювальні ресурси між компонентами залежно від поточного навантаження та рівня загрози; а також стійкість до відмов, оскільки ізоляція компонентів обмежує поширення потенційного ураження, не даючи йому вивести з ладу критично важливі функції захисту.

Ключовим елементом адаптивності є інтеграція технологій машинного навчання. Запропонований підхід передбачає використання гібридної моделі МН, що функціонує як основний компонент моніторингу та аналізу. МН-моделі навчаються на величезних обсягах даних про нормальну роботу КІ-мережі та поведінку пристроїв, формуючи «базовий профіль». Для виявлення прихованих атак, що мають складну структуру, доцільно використовувати глибинні нейронні мережі, зокрема рекурентні нейронні мережі (LSTM) або автокодувальники, які ефективно аналізують часові ряди даних SCADA-систем для виявлення найменших аномальних відхилень у параметрах чи командних послідовностях. Для швидкої та точної класифікації виявлених аномалій на відомі типи загроз (наприклад, DDoS, сканування портів чи інсайдерська діяльність) доцільно застосовувати ансамблеві методи (наприклад, Random Forest або Gradient Boosting), які, як підкреслюється у дослідженнях [2], підвищують загальну точність виявлення і суттєво знижують кількість хибнопозитивних спрацювань [3].

Наукова новизна даного дослідження полягає у розробленні концептуальної моделі інтеграції автономних МН-компонентів із динамічною компонентною архітектурою. В цій моделі МН-компоненти виконують не лише функцію виявлення загроз, а й стають керуючим елементом адаптації: при виявленні загрози система МН автоматично передає команду адаптивному ядру, яке динамічно реконфігурує інші компоненти безпеки (наприклад, ініціює створення нових правил міжмережевого екрану, ізолює скомпрометований сегмент мережі або перенаправляє трафік на поглиблену інспекцію).

Очікувані результати експериментального моделювання мають продемонструвати значне підвищення рівня кіберстійкості КІ: скорочення середнього часу між виявленням та реагуванням на загрозу (MTTD/MTTR) до критично низьких показників, а також підвищення точності класифікації атак вище 95%. У перспективі подальших досліджень доцільно зосередитись на інтеграції

пояснювального ШІ (XAI) для забезпечення прозорості та інтерпретованості рішень, що є необхідною вимогою для операторів КІ, та розвитку механізмів Edge AI для забезпечення швидкої обробки даних безпосередньо на пристроях КІ. Впровадження таких інтелектуальних, модульних та адаптивних систем є стратегічним кроком до забезпечення надійної кіберстійкості критичної інфраструктури.

Список використаних джерел

1. Summerfield, M. (2012). Component-Based Software Engineering. Addison-Wesley Professional.

2. Sommer, R., & Paxson, V. (2010). Outside the Closed World: On Using Machine Learning for Network Intrusion Detection. IEEE Symposium on Security and Privacy. DOI: 10.1109/SP.2010.11

3. Geman, S., Bienenstock, E., & Doursat, R. (1992). Neural Networks and the Bias/Variance Dilemma. Neural Computation, 4(1), 1–58. DOI: 10.1162/neco.1992.4.1.1

УДК 004.81 (043.2)

Ковенько О.А.
ДУ «Київський авіаційний інститут»

СТРАТЕГІЇ ПОПЕРЕДНЬОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ПРИЧИННО-НАСЛІДКОВИХ ЗВ'ЯЗКІВ У ВИСОКОВИМІРНИХ ДАНИХ

Для побудови структури причинно-наслідкових моделей використовують алгоритми пошуку причинних зв'язків (PC, FCI, методи на основі оцінок), які опрацьовують повний набір даних. Однак при великій кількості потенційних зв'язків застосування цих алгоритмів стає, по-перше, статистично ненадійно, а по-друге, обчислювально неможливо. Все через проблему високої розмірності, за якої кількість можливих спрямованих ациклічних графів зростає експоненційно при додаванні кожного наступного вузла до моделі. Тому важливими є стратегії префільтрації, які зменшують простір пошуку потенційних причинно-наслідкових зв'язків шляхом відсікання нерелевантних.

Метод SIS (Sure Independence Screening) ґрунтується на кореляційному аналізі кожного вузла з усіма іншими вузлами окремо. Після цього ранжує всі вузли за значенням кореляції й відсікає всі, окрім перших n. Однак проблемою цього методу є те, що він пропускає ті зв'язки, які спричинені взаємодією кількох змінних одночасно. Цю проблему вирішує ітеративний SIS (ISIS), який ітеративно аналізує залишки регресії для виявлення прихованих взаємодій.

Регуляризована регресія Lasso націлена занулити коефіцієнти в регресії, тим самим лишивши лише найбільш важливі. Оскільки Lasso виконується на основі всіх потенційних зв'язках, то її застосовують другим етапом після SIS/ISIS. Для окремих випадків більш ефективним є Elastic Net (комбінація L1 та L2 регуляризації) або адаптивна Lasso. Регуляризована регресія має два основних недоліки. По-перше, якщо кілька змінних корельовані, то одна зі змінних може бути проігнорованою. По-друге, Lasso продовжує виявляти хибнопозитивні зв'язки.

Метод MNR (Марковська регресія сусідства) мінімізує виявлення хибнопозитивних зв'язків. Однак є обчислювально ще більш складним за Lasso, тому його застосовують в якості додаткового етапу фільтрації. Крім того, MNR здатен надати

оцінки статистичної значущості кожного коефіцієнта (p-значення).

Для специфічних предметних областей (наприклад, геноміка) ефективним є метод кластеризацій (C-DAGs). Ідея полягає в тому, щоби об'єднати схожі змінні в кластери і визначати причинні зв'язки вже на більш високому рівні – між кластерами.

Жоден метод не є універсальним. Тому доцільним підходом є поєднання кількох методів у кілька етапів.

Список використаних джерел

1. Vowels M. J., Camgoz N. C., Bowden R. D'ya like DAGs? A Survey on Structure Learning and Causal Discovery. ACM Computing Surveys. 2022. Vol. 55, N. 4. DOI:10.1145/3527154.

2. Wang X., Leng C. High-dimensional Ordinary Least-squares Projection for Screening Variables. Journal of the Royal Statistical Society Series B: Statistical Methodology. 2016. Vol. 78, No. 3. P. 589–611. URL: https://www.researchgate.net/publication/277895488_High-dimensional_Ordinary_Least-squares_Projection_for_Screening_Variables.

УДК 004.78 (043.2)

Присяжнюк О.О.
ДУ «Київський авіаційний інститут»

ПРОГРАМНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ БІЗНЕС-ПРОЦЕСАМИ ПРОВАЙДЕРСЬКОЇ КОМПАНІЇ НА ОСНОВІ МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕСНОЇ ІНТЕГРАЦІЇ

Сучасні провайдерські компанії, що працюють у сфері телекомунікацій та надання цифрових послуг, функціонують у середовищі складної інфраструктури, конкурентного тиску та суворих вимог до якості сервісу. Надання інтернет-доступу, хмарних послуг, адміністрування мереж, технічної підтримки та білінгу потребує злагодженої взаємодії між внутрішніми підрозділами та інформаційними системами. Проте у багатьох компаніях операційні процеси залишаються фрагментованими, що призводить до затримок у виконанні заявок, дублювання інформації, складнощів у плануванні мережевих ресурсів і зниження рівня SLA.

У рамках даного дослідження розроблено програмну систему управління бізнес-процесами провайдерської компанії, яка здатна об’єднати ключові операційні сценарії: підключення клієнтів, технічне обслуговування мереж, планування ресурсів, відпрацювання інцидентів, взаємодію між технічним та клієнтським відділами. Система побудована на основі мікросервісної архітектури з підтримкою BPMN-моделювання та оркестрації процесів. Для управління бізнес-логікою використано рушій виконання процесів, який дозволяє описувати послідовності дій, точки прийняття рішень, умови переходів та механізми ескалації.

Кожен процес у системі представлено у вигляді окремого сценарію, що може включати обробку заявок, створення технічних завдань, автоматичне формування звітів, оновлення статусів клієнтів чи мережевих вузлів. Реалізовано інтеграційні модулі для взаємодії з білінговими системами, CRM-платформами, моніторинговими сервісами, інструментами управління інцидентами та пристроями мережевої інфраструктури. Значну увагу приділено синхронізації даних та міграції між різними джерелами, що дозволяє уникнути розривів при опрацюванні великих потоків інформації.

Особливе місце займає система контролю за виконанням процесів. Вона забезпечує візуальне відображення станів у реальному часі, оцінку навантаження на персонал, автоматичну ескалацію заявок при перевищенні порогових SLA, а також формування аналітичних дашбордів для керівництва. Для прискорення роботи застосовано механізми кешування, асинхронних черг та сторінкової обробки великих даних. Реалізовано централізоване логування подій із можливістю відтворення повного ланцюга виконання кожного бізнес-процесу.

Мобільний та веб-інтерфейси надають персоналу зручний інструмент для взаємодії з процесами — створення завдань, підтвердження виконаних етапів, перегляду заявок та отримання push-сповіщень про критичні події. Важливо, що система може адаптуватися під структуру конкретної компанії, змінюючи організаційні ролі, права доступу та порядок операцій без модифікації ядра.

Експериментальна оцінка підтвердила підвищення швидкості виконання операційних процесів, зменшення кількості помилок, високий рівень стійкості системи до пікових навантажень та покращення прозорості роботи між підрозділами. Впровадження автоматизації дозволило скоротити час реакції на інциденти, оптимізувати маршрутизацію заявок і підвищити рівень задоволеності клієнтів за рахунок стабільності сервісних показників.

Реалізована система є ефективним рішенням для цифрової трансформації провайдерської компанії. Подальший розвиток може включати використання алгоритмів машинного навчання для прогнозування інцидентів, динамічного перерозподілу ресурсів, інтелектуальної маршрутизації заявок, а також побудову повноцінної моделі цифрового двійника для аналізу роботи мережевої інфраструктури та оптимізації бізнес-процесів.

УДК 004.78 (043.2)

Артамонов Є.Б.
Національна академія СБ України

СТРУКТУРА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПІДГОТОВКИ ПЕРСОНАЛУ ДЛЯ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Управління об'єктами критичної інфраструктури — енергетичними системами, транспортними вузлами, телекомунікаційним та промисловим обладнанням — потребує висококваліфікованого персоналу, здатного адекватно реагувати на аномальні ситуації та складні кіберзагрози. У сучасних умовах стабільність інфраструктури визначається не лише технічним рівнем захисту, а й якістю підготовки фахівців, які працюють із системами високого рівня відповідальності. Відтак зростає попит на створення спеціалізованих навчальних систем, що забезпечують оперативне навчання, моделювання реальних сценаріїв та адаптивний контроль компетентностей.

Розробка таких навчальних систем має враховувати особливості критичної інфраструктури: підвищені вимоги до безпеки, сувору регламентацію процедур, можливість помилок, які можуть призвести до масштабних наслідків, а також необхідність швидкого оновлення знань у зв'язку зі змінами технологій та нормативної бази. Навчальні системи нового покоління мають поєднувати властивості системного програмного забезпечення (стабільність, відмовостійкість, контроль доступу, аудит дій) та інтелектуальних систем підтримки навчання (персоналізація, семантичний аналіз знань, адаптивні траєкторії навчання).

Представлена робота пропонує концептуальну модель інтелектуальної навчальної системи, призначеної для підготовки операторів критичної інфраструктури та фахівців служб реагування. Основу моделі становлять три ключові компоненти:

1. Семантичний модуль аналізу навчального контенту, який автоматично структурує навчальні матеріали, виділяє ключові поняття та формує логічні залежності між ними. Це дозволяє адаптувати навчальні плани під конкретні ролі — оператора SCADA-системи, інженера безпеки, диспетчера або адміністратора мережі.

2. Поведінковий модуль оцінювання зацікавленості та

готовності персоналу, що аналізує активність користувача, швидкість виконання завдань, помилки, повторні звернення до матеріалів і загальну динаміку навчання. Завдяки цьому система виявляє прогалини у знаннях ще до проходження формальних атестацій.

3. Симуляційно-тренувальний модуль, у якому відтворюються аварійні, загрозові та нештатні ситуації. Система дозволяє моделювати відмови обладнання, втрату зв'язку, помилки оператора, кіберінциденти та зовнішні впливи. Це забезпечує безпечне середовище для тренування навичок реагування без ризику для реальних об'єктів.

Архітектура такої системи базується на принципах модульності, багатоетапної перевірки, захищеної роботи з даними та контролю доступу. Вона сумісна з корпоративним середовищем критичних об'єктів і підтримує інтеграцію з існуючими інформаційними системами. Особлива увага приділяється журналюванню дій користувача, верифікації результатів навчання та створенню доказової бази компетентності персоналу.

Результати дослідження свідчать, що впровадження інтелектуальних навчальних систем дозволяє значно підвищити рівень підготовленості операторів, скоротити кількість критичних помилок, збільшити швидкість реагування та забезпечити прогнозування слабких місць у знаннях персоналу. Система також сприяє стандартизації навчальних процедур, прозорому контролю та підвищенню загальної кіберстійкості інфраструктури.

Перспективи подальших досліджень охоплюють впровадження моделей раннього попередження щодо професійного вигорання персоналу, побудову цифрових двійників інфраструктурних об'єктів для комплексного тренування, індивідуалізацію оцінювання зацікавленості та використання моделей машинного навчання для автоматичної побудови оптимальних освітніх маршрутів.

УДК 004.932 (043.2)

Балабан В.О.
ДУ «Київський авіаційний інститут»

ЗАСТОСУВАННЯ АЛГОРИТМІВ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Комп'ютерний зір є одним із ключових напрямів сучасних систем автоматизованого моніторингу технічних об'єктів, оскільки забезпечує можливість безперервного спостереження, виявлення дефектів та оцінювання стану інфраструктурних конструкцій у реальному часі. Швидкий розвиток глибинного навчання, зокрема згорткових нейронних мереж, значно підвищив точність і надійність алгоритмів аналізу зображень і відео [1]. Це створило умови для переходу від ручних інспекцій до автоматизованих систем, здатних аналізувати великі обсяги відеоданих та оперативно виявляти аномалії.

Алгоритми комп'ютерного зору, що застосовуються для технічного моніторингу, ґрунтуються на принципах детекції, класифікації та сегментації об'єктів. Історично значний внесок у розвиток підходів до розпізнавання зображень зробили дослідження, проведені в рамках PASCAL VOC, які заклали основу для формування стандартних наборів даних та оцінювання якості моделей [2]. Сучасні системи моніторингу інфраструктурних об'єктів активно використовують високошвидкісні моделі детекції, такі як YOLOv3, що демонструє здатність обробляти відеопотоки в режимі реального часу без значної втрати точності [3]. Це особливо важливо для контролю мостів, енергетичних об'єктів, виробничих ліній та інших конструкцій, де швидке виявлення небезпечних дефектів дозволяє запобігти аварійним ситуаціям.

Завдяки використанню глибинних моделей автоматизовані системи моніторингу можуть розпізнавати тріщини, корозію, деформації, відшарування покриття та інші критичні дефекти. Висока швидкодія моделей на основі згорткових нейронних мереж дозволяє інтегрувати їх у апаратно-програмні комплекси, що працюють локально або у хмарній інфраструктурі. Крім того, застосування оптимізованих архітектур та багатопоточної обробки значно знижує затримку аналізу та забезпечує можливість масштабування системи залежно від кількості відеоджерел.

Алгоритми комп'ютерного зору відіграють ключову роль у розвитку автоматизованих систем моніторингу технічних об'єктів. Їх використання підвищує точність виявлення дефектів, забезпечує оперативність реагування та дозволяє оптимізувати процеси технічної діагностики. Перспективними напрямами розвитку є впровадження більш ефективних моделей глибинного навчання, розширення застосування edge-обчислень та створення комплексних систем аналітики великих обсягів відеоданих для критичної інфраструктури.

Список використаних джерел

1. Goodfellow, I., Bengio, Y., Courville, A. Deep Learning. MIT Press, 2016. URL: https://www.deeplearningbook.org

2. Everingham, M., Van Gool, L., Williams, C.K.I., Winn, J., Zisserman, A. The PASCAL Visual Object Classes Challenge: A Retrospective. International Journal of Computer Vision, 2015, vol. 111, no. 1, pp. 98–136. DOI: 10.1007/s11263-014-0733-5.

3. Redmon, J., Farhadi, A. YOLOv3: An Incremental Improvement. arXiv preprint, 2018. arXiv:1804.02767. DOI: 10.48550/arXiv.1804.02767.

УДК 004.78 (043.2)

Войцехівський Т.М.
ДУ «Київський авіаційний інститут»

ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ЗА ДОПОМОГОЮ ГЛИБИННОГО НАВЧАННЯ

Зростання складності технічних систем у промисловості, енергетиці, транспорті та телекомунікаціях створює потребу у нових інструментах автоматичного діагностування, здатних працювати з великими масивами сенсорних даних та виявляти ознаки прихованих несправностей на ранніх етапах. Традиційні методи технічної діагностики, що базуються на статичних порогових моделях або експертно заданих правилах, уже не забезпечують належної точності через високий шум вимірювань, нелінійну поведінку систем та велику кількість взаємозалежних параметрів.

У дослідженні представлено програмний комплекс діагностування технічних систем, що поєднує технології глибинного навчання, обробку сигналів та багатоджерельний збір даних. Основу рішення становить модуль машинного навчання, що підтримує два класи моделей: згорткові нейронні мережі для аналізу спектральних характеристик сигналів та LSTM-архітектури для роботи з довгими часовими залежностями у режимі прогнозування поведінки системи. Дані надходять від сенсорів вібрацій, температури, тиску, струмових навантажень, мережевих індикаторів або телеметрії, залежно від типу технічного об’єкта. Перед подачею до нейронної мережі застосовуються методи попередньої обробки — нормалізація, перетворення Фур’є, віконне виділення ознак та зменшення шумових компонентів.

Особливістю комплексу є можливість автономного навчання моделей на історичних даних конкретного підприємства, що дозволяє створити унікальний цифровий профіль кожної одиниці техніки. Окрім класифікаційних завдань (виявлення типу несправності), система підтримує регресійне прогнозування залишкового ресурсу, оцінку ймовірності критичних подій та визначення аномальних відхилень. Хмарний модуль обробки дозволяє масштабувати обчислення, виконувати паралельне навчання моделей і зберігати довгострокові набори даних для

проведення ретроспективного аналізу.

Важливим елементом є інтерфейс візуалізації, що дозволяє інженеру аналізувати спектральні графіки, часові ряди, матриці помилок, важливість ознак та історію класифікацій. Це значно спрощує інтерпретацію результатів та дозволяє не тільки автоматизувати діагностику, а й підвищити якість експертних рішень. Окремо реалізовано механізми пояснюваності моделі, що дозволяють визначати, які характеристики сигналу найбільше вплинули на рішення мережі — важливий аспект практичного використання моделей у промисловості.

Експериментальне тестування на реальних та синтетичних наборах даних показало високу точність класифікації станів, стійкість моделі до шумів і можливість використання системи у режимі наближеного реального часу. Комплекс стабільно працює при обмежених апаратних ресурсах, а для критичних середовищ передбачено локальний режим обробки без підключення до мережі. Масштабованість архітектури дозволяє адаптувати програмний комплекс під конкретні технічні об’єкти — від промислових двигунів до мережевих пристроїв або енергетичних агрегатів.

Запропоноване рішення демонструє практичну придатність глибинного навчання для цифрової діагностики та може слугувати основою для побудови повноцінних кіберфізичних систем моніторингу. Подальший розвиток роботи полягає у створенні самооновлюваних моделей, інтеграції з цифровими двійниками технічних об’єктів, оптимізації нейронних архітектур для роботи на вбудованих пристроях та розширенні системи засобами адаптивного аналізу у хмарних середовищах.

УДК 004.8 (043.2)

Клименко А.О.
ДУ «Київський авіаційний інститут»

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В АВТОМАТИЗОВАНОМУ УПРАВЛІННІ ІНФОРМАЦІЙНИМИ СИСТЕМАМИ

У сучасних умовах ефективне управління інформаційними системами (ІС) є критично важливим для стабільної роботи підприємств та організацій. Зростання обсягів даних, складність інтеграції компонентів та високі вимоги до надійності та безпеки потребують нових підходів до адміністрування. Одним із перспективних напрямів є застосування технологій штучного інтелекту для автоматизованого управління ІС, що дозволяє оптимізувати процеси моніторингу, підтримки та контролю системи. Інтелектуальні алгоритми забезпечують прогнозування можливих збоїв, виявлення аномалій та оперативне реагування на критичні ситуації, а також динамічний розподіл ресурсів для підвищення продуктивності серверів, баз даних і мережевих сервісів.

Крім того, ШІ сприяє автоматичному забезпеченню безпеки системи, запобігаючи потенційним загрозам. Використання таких інтелектуальних механізмів формує нове покоління ІС, здатних до самостійного моніторингу, самовідновлення та оптимізації, що підвищує їх надійність, ефективність і гнучкість у динамічному інформаційному середовищі.

Список використаних джерел

1. Тінтурін, С. Г. Використання штучного інтелекту для автоматизації управління інформаційними системами / С. Г. Тінтурін // Комп’ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. — 2024. — № 57. — С.10 — Режим доступу: https://cit.lntu.edu.ua/index.php/cit/article/download/655/751

УДК 004.8 (043.2)

Лузганова М.Є.
ДУ «Київський авіаційний інститут»

ІНТЕГРАЦІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В СИСТЕМНЕ ПРОГРАМУВАННЯ: СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ

Штучний інтелект змінює системне програмування прямо зараз. Інструменти ШІ стають незамінними для підвищення ефективності та вирішення проблем, дозволяючи розробникам зосередитися на творчій роботі. Розробники використовують ChatGPT, GitHub Copilot та інші системи для написання коду, документування та тестування. ШІ може заощадити до 50% часу розробників на типових програмістських завданнях. Ці системи аналізують величезні обсяги коду та вчаться на шаблонах поведінки програмістів. Розробники переходять від ручного кодування до ролі оркестраторів екосистем розробки на основі ШІ. Інструменти автоматизують рутинні завдання, виявляють помилки швидше та покращують якість коду.

Системи допомагають на всіх етапах життєвого циклу розробки програм. Вони генерують код на основі природних описів вимог. ШІ автоматизує тестування, рефакторинг коду та виявлення помилок. Розробники отримують підказки в реальному часі під час написання програм. Інструменти аналізують контекст проєкту та пропонують рішення, які відповідають стилю команди. ШІ вже зараз інтегрується з хмарними платформами та системами безперервної інтеграції.

Майбутнє систем на основі ШІ виглядає перспективно для програмування. Команди, які ефективно використовують ШІ, виводять продукти на ринок швидше та швидше перевіряють ідеї. Системи будуть краще розуміти семантику коду та наміри розробників. ШІ зможе пропонувати архітектурні рішення для складних систем.

Список використаних джерел

1.Deloitte UK. The future of coding is here: How AI is reshaping software development [Електронний ресурс]. 2024. URL:https://www.deloitte.com/uk/en/Industries/technology/blogs/2024/the-future-of-coding-is-here-how-ai-is-reshaping-software-development.html

УДК 004.81 (043.2)

Миколюк Д.І.
ДУ «Київський авіаційний інститут»

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ЗМІН

Основним викликом при автоматизації обробки супутникових знімків для ситуаційної оцінки є розмір оброблюваного зображення та швидкість його аналізу. Сучасні супутникові знімки мають високу роздільну здатність, однак точки інтересу зазвичай займають досить малу частину зображення. При цьому застосування згорткових нейромереж до всього знімку є нераціональним та ресурсозатратним [1].

Доцільним напрямком вирішення даної проблеми є перехід до двоетапної стратегії обробки зображень, що поєднує методи виявлення точок інтересу та аналізу виділеної області[2].

Детально розглянемо кожен із етапів:

1) Виявлення точок інтересу: на даному етапі відбувається порівняння пари знімків відносно часового розрізу. Мета етапу - не класифікувати об'єкт, а лише зафіксувати факт аномалії (зміни піксельних характеристик) і сформувати масив координат точок інтересу, що в свою чергу, дозволяє сконцентруватись на аналізі змін.

2) Обробка згортковою мережею: тільки точки інтересу зображення, подаються на вхід згорткової нейромережі, яка проводить верифікацію та класифікацію виявлених змін.

Такий підхід дозволяє суттєво підвищити перспективність впровадження нейромереж у системи реального часу. Замість обробки загального простору, обчислювальні ресурси фокусуються лише на потенційно важливих ділянках. Це забезпечує прискорення процесу отримання ситуаційної оцінки в декілька разів при збереженні високої точності розпізнавання, властивої сучасним CNN.

Застосування нейромережевих моделей у форматі двоетапної обробки є ключовим вектором розвитку технологій моніторингу[3]. Це дозволяє обійти головний недолік глибокого навчання — низьку швидкість обробки на зображеннях великої розмірності.

Список використаних джерел

1. Khelifi, L., & Mignotte, M. (2020). Deep learning for change detection in remote sensing images: Comprehensive review and meta-analysis. IEEE Access, 8, 126385-126400.

2. Zhang, H., Lin, M., Yang, G., & Zhang, L. (2020). A coarse-to-fine deep learning based land use change detection method for high-resolution remote sensing images. Remote Sensing, 12(12), 1933.

3. Shi, W., Zhang, M., Zhang, R., Chen, S., & Zhan, Z. (2020). Change detection based on artificial intelligence: State-of-the-art and challenges. Remote Sensing, 12(10), 1688.

УДК 004.9 (043.2)

Рубіс Я.С.
ДУ «Київський авіаційний інститут»

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА РЕКОМЕНДАЦІЇ НАВЧАЛЬНИХ КУРСІВ СТУДЕНТАМ НА ОСНОВІ ЇХНІХ АКАДЕМІЧНИХ ДОСЯГНЕНЬ ТА ІНТЕРЕСІВ

В умовах цифрової трансформації освіти обсяг навчальних матеріалів та онлайн-курсів постійно зростає, що суттєво ускладнює створення персоналізованих освітніх траєкторій для студентів. Сьогодні освітній простір характеризується відкритістю та динамічним розвитком: з'являються численні онлайн-платформи, відкриті освітні ресурси та масові відкриті онлайн-курси (MOOC). З одного боку, це розширює можливості для здобуття нових знань, а з іншого – створює проблему інформаційного перевантаження, коли студентам важко обрати саме ті матеріали, які відповідають їхнім цілям, рівню підготовки та темпу навчання. У результаті ефективність засвоєння знань може знижуватись, а мотивація до навчання – падати через відсутність релевантного або посильного контенту.

Традиційні системи управління навчанням (Learning Management Systems, LMS) зазвичай пропонують курси на основі стандартизованих навчальних програм. Вони сприймають усіх студентів як однорідну групу користувачів, пропонуючи однакові курси без урахування особистих інтересів, попереднього досвіду чи рівня успішності. Такий підхід не дозволяє створити індивідуальну освітню траєкторію, що відповідає унікальним потребам і здібностям кожного здобувача освіти. Саме тому розроблення інтелектуальної системи, здатної автоматично формувати персоналізовані рекомендації навчальних курсів, є актуальним і практично значущим науковим завданням, особливо в контексті розвитку адаптивного та безперервного навчання.

Метою цього дослідження є розроблення інтелектуальної системи, що використовує сучасні методи машинного навчання для аналізу академічної успішності, навчальної історії та інтересів студентів, з метою автоматичної рекомендації освітніх курсів, які найкраще відповідають їхнім індивідуальним потребам та освітнім цілям. Запропонований підхід поєднує принципи систем рекомендацій і аналізу освітніх даних, сприяючи розвитку

технологій персоналізованого навчання.

У дослідженні застосовуються методи обробки та аналізу даних (Data Mining), колаборативна фільтрація, матрична факторизація та градієнтне бустингування для побудови моделі рекомендацій. Дані про оцінки студентів, теми та вибрані курси нормалізуються за допомогою бібліотек pandas і NumPy:

– Pandas – це бібліотека Python для роботи з наборами даних. Вона містить функції для аналізу, очищення, дослідження та маніпулювання даними [1];

– NumPy – це бібліотека Python для роботи з масивами, що також містить функції для виконання операцій лінійної алгебри, перетворення Фур'є та роботи з матрицями [2].

Побудову та тестування моделі планується здійснити із застосуванням бібліотек scikit-learn і Surprise, а для візуалізації результатів – matplotlib і seaborn. Бібліотека scikit-learn забезпечить можливість реалізації різних алгоритмів машинного навчання (класифікації, регресії, кластеризації), а Surprise – спеціалізованих методів рекомендацій, зокрема Singular Value Decomposition (SVD), K-Nearest Neighbors (KNN) та базових предикторів. Це дасть змогу порівняти ефективність підходів і обрати найоптимальніший варіант для освітньої сфери.

Передбачається, що майбутня модель працюватиме за принципом аналізу взаємозв'язків між студентами та курсами, визначаючи схожість між їхніми профілями на основі академічних результатів і зацікавленостей. На основі цього аналізу система зможе формувати ранжований список рекомендованих курсів, які найбільш відповідають потребам кожного користувача. При цьому використовуватиметься як явний зворотний зв'язок (оцінки, рейтинги), так і неявний – час перегляду, частота відвідувань, рівень завершення завдань тощо. Такий гібридний підхід дозволить покращити точність і релевантність рекомендацій.

Очікується, що результати дослідження сприятимуть підвищенню ефективності навчального процесу за рахунок індивідуалізації підходу до кожного студента. Запропонована система зможе стати інструментом підтримки прийняття рішень для освітніх закладів, допомагаючи оптимізувати пропозиції курсів і краще розуміти потреби здобувачів освіти. Для студентів вона забезпечить швидкий доступ до найбільш відповідних курсів, підвищуючи рівень мотивації та залученості у навчання.

У перспективі планується розробити прототип системи, який дозволить перевірити її функціональність на реальних або синтетичних даних. Це надасть можливість оцінити точність моделі, швидкість роботи та здатність адаптуватися до нових користувачів і змін у даних. Отримані результати стануть основою для подальшого вдосконалення системи, зокрема шляхом інтеграції методів глибокого навчання, контент-аналізу курсів та оцінювання поведінкових характеристик користувачів.

Дослідження має на меті створити наукові та технічні засади для розроблення інтелектуальної системи рекомендацій навчальних курсів, яка дозволить забезпечити персоналізацію навчання, підвищити якість освітнього процесу та сприяти формуванню культури безперервного навчання у цифровому середовищі.

Список використаних джерел

1. Документація Pandas [Електронний документ]. – Режим доступу: https://www.w3schools.com/python/pandas/pandas_intro.asp.

2. Документація NumPy [Електронний документ]. – Режим доступу: https://www.w3schools.com/python/numpy/numpy_intro.asp.

УДК 004.89 (043.2)

Русанов І.О., Брановицька І.В.
ДУ «Київський авіаційний інститут»

ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ЗБОРУ, ОБРОБКИ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ДАНИХ З МОБІЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ КОРИСТУВАЧІВ

Стрімке зростання кількості мобільних пристроїв, носимих сенсорів та IoT-елементів створює нові можливості для побудови інтелектуальних програмних систем, здатних аналізувати поведінку користувача, стан його активності та параметри оточення. У сучасних інформаційних сервісах мобільні дані відіграють важливу роль у задачах персоналізації, моніторингу, прийняття рішень у режимі реального часу та адаптивної взаємодії. Проте їх ефективне використання обмежується низкою технічних проблем, серед яких: неоднорідність форматів даних, обмеження мобільних API, різний рівень доступності сенсорів, недостатня стабільність каналів передачі та ризики втрати або фрагментації даних.

У наукових дослідженнях [1] показано, що ефективна інфраструктура збору мобільних даних потребує чіткої архітектури, яка поєднує локальну обробку на пристрої та хмарні механізми аналізу, та підкреслено важливість візуалізації часових та просторових рядів у формі, що дозволяє користувачеві та аналітичним системам швидко виявляти тренди, аномалії та кореляції.

У проведеному дослідженні запропоновано програмний комплекс, що забезпечує повний цикл роботи з даними мобільних пристроїв: від їх збирання на рівні сенсорів до агрегованої візуалізації у веб-інтерфейсі. Мобільний модуль виконує роль первинного сенсора, який збирає дані акселерометра, гіроскопа, GPS, стану мережі, заряду батареї та взаємодії користувача з інтерфейсом. Значна увага приділена мінімізації енергоспоживання та адаптивній частоті зчитування, що дозволяє підвищити автономність мобільного пристрою та знизити кількість зайвих запитів.

Передавання інформації до серверної частини здійснюється за допомогою оптимізованих пакетів у форматі JSON з компресією і використанням протоколу HTTPS для забезпечення захищеності. Серверний модуль виконує попередню обробку отриманих даних: нормалізацію, фільтрацію шумів, агрегацію часових вибірок та виділення ключових характеристик, таких як зміна швидкості руху, частота взаємодій або параметри стабільності сигналу. Для зберігання

історичних даних застосовано комбінацію реляційної бази даних та time-series сховища, що забезпечує масштабованість і високу продуктивність під час виконання аналітичних запитів.

На рівні користувача реалізовано інструменти візуалізації, що дозволяють переглядати часові ряди, теплові карти активності, траєкторії переміщення та обчислені статистичні метрики. Візуальні компоненти побудовані з використанням бібліотек WebGL-графіки, що дозволяє працювати з великими масивами даних у браузері без втрати продуктивності. Особливістю системи є можливість створення власних аналітичних панелей, де користувач може об'єднувати різні набори даних, встановлювати фільтри та формувати дашборди для тривалого моніторингу.

Результати тестування показали, що комплекс забезпечує стабільне отримання даних навіть за нестабільного мережевого з'єднання завдяки механізму буферизації та повторної відправки. Було зафіксовано зменшення втрат пакетів, що дозволяє використовувати систему у прикладних задачах, пов'язаних із моніторингом активності, аналізом пересування, виявленням користувацьких шаблонів і навіть у спеціалізованих дослідницьких середовищах.

Отримані результати підтверджують ефективність запропонованої архітектури у задачах збору та аналізу мобільних даних. Система може бути розширена за рахунок підключення моделей машинного навчання для класифікації активності користувача, детекції аномалій та прогнозування показників у реальному часі. Перспективним напрямом подальшого розвитку є інтеграція даних із зовнішніх сенсорних платформ, а також створення універсального API для включення програмного комплексу в мобільні екосистеми, системи відеоспостереження та інформаційно-аналітичні панелі.

Список використаних джерел

1. Szczerban M., Bigo S., and Benzaoui N. (2021). Capturing value from latency control in time-slotted optical communications: a techno-economic assessment, in Optical Fiber Communication Conference (OFC). OSA Technical Digest (Optica Publishing Group, 2021), paper F4H.3. DOI: 10.1364/OFC.2021.F4H.3

УДК 004.8 (043.2)

Сулима Д.С.
ДУ «Київський авіаційний інститут»

МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ІНСТРУМЕНТІВ LLAMAS ТА AUTOOS ДЛЯ СПРОЩЕННЯ НАЛАШТУВАННЯ ЯДРА

Штучний інтелект активно впроваджується в системне програмування і змінює підхід до розробки операційних систем. Дослідники випробовують великі мовні моделі в ядрі ОС для автоматичного керування ресурсами. У спільноті Linux уже використовують інструмент AUTOSEL, що автоматизує перенесення патчів між версіями і зменшує кількість рутинної роботи. Це скорочує час на технічні завдання та дозволяє розробникам зосередитись на складніших проблемах. Такий підхід робить процес створення системного ПЗ простішим і зрозумілішим.

Інструменти LLaMaS та AutoOS застосовують мовні моделі для спрощення налаштування ядра та зменшення кількості ручних операцій. У цих рішеннях апаратні та програмні компоненти подаються як ресурси, якими керує модель. Це дає системі можливість адаптуватись до зміни навантаження та потреб користувачів. ШІ змінює взаємодію між людиною й операційною системою, роблячи її більш гнучкою. Такі підходи відкривають шлях до створення ОС з вбудованими інтелектуальними механізмами.

Штучний інтелект допомагає автоматично відбирати завдання та пропонувати лише ті зміни, які потребують уваги. Це формує основу для нового покоління операційних систем. Розробники отримують інструменти, що дозволяють автоматизувати більшість технічних процесів. У майбутньому такі системи зможуть самостійно оптимізувати роботу на основі накопиченого досвіду. Інтеграція AI у системне програмування стане одним із ключових напрямів розвитку галузі.

Список використаних джерел

1. How AI Helps Maintain the Linux Kernel. The New Stack. [Електронний ресурс]. 2025. URL: https://thenewstack.io/how-ai-helps-maintain-the-linux-kernel/

УДК 004.7 (043.2)

Шкляр О.І.
ДУ «Київський авіаційний інститут»

АЛГОРИТМ БАЛАНСУВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ НА ОСНОВІ ПРОГНОЗОВАНОГО ІНТЕГРАЛЬНОГО ІНДЕКСУ ВУЗЛА

Сучасні хмарні інфраструктури, що обслуговують системи Інтернету речей (IoT), стикаються з проблемою високої стоха-стичності вхідного трафіку. Потоки даних від IoT-пристроїв характеризуються нерівномірністю та наявністю раптових пікових навантажень, що ускладнює забезпечення стабільної якості обслуговування (QoS) [4]. Традиційні реактивні методи балансування, які спираються виключно на миттєві значення метрик, часто не встигають адаптуватися до різких змін інте-нсивності запитів [1], що призводить до короткочасних пере-вантажень вузлів. У цій роботі пропонується підхід, що базу-ється на превентивному розподілі ресурсів із використанням прогнозованого інтегрального індексу навантаження.

Методологія. Для комплексної оцінки стану обчислюваль-ного вузла введено поняття інтегрального індексу наванта-ження (ILI) [2]. На відміну від підходів, що моніторять окремі параметри, ILI є агрегованою величиною, яка враховує заван-таження процесора (CPU), оперативної пам'яті (RAM), інтен-сивність дискових операцій введення-виведення (I/O) та ме-режеву активність (NET).

Ключовою особливістю запропонованого методу є перехід від аналізу поточного стану (t) до прогнозування стану на майбутній часовий інтервал (t+Δ). Для цього використовуєть-ся модель короткострокового прогнозування на основі мереж довгої короткострокової пам'яті (LSTM) [3], яка дозволяє пе-редбачити значення інтегрального індексу на основі історич-них даних часових рядів.

Алгоритм балансування. Логіка роботи системи полягає у циклічному виконанні процедур моніторингу та прийняття рішень. Процес складається з наступних етапів:

1. Збір телеметрії: Отримання поточних показників ресурсів (CPU, RAM, I/O, NET) для кожного вузла кластера.

2. Прогнозування: Розрахунок очікуваного значення індексу $ILI_{t+\Delta}$ за допомогою навченої моделі LSTM. Це дозволяє ви-явити тенденцію до перевантаження ще до його настання.

3. Оцінка придатності: Визначення пріоритетності вузлів на основі функції Score=1/$ILI_{t+\Delta}$. Вузол з найменшим прогнозо-ваним навантаженням отримує найвищий бал.

4. Маршрутизація: Розподіл нових запитів на вузли з максимальним значенням Score.

Такий підхід дозволяє мінімізувати дисперсію навантажен-ня між вузлами та скоротити очікуваний час обслуговування запитів.

Висновки

Розроблений алгоритм забезпечує перехід від ре-активного до проактивного керування ресурсами хмарного середовища. Використання прогнозованого інтегрального ін-дексу дозволяє нівелювати вплив стохастичних сплесків IoT-трафіку, підвищуючи загальну надійність системи. Подальші дослідження будуть спрямовані на динамічну адаптацію ваго-вих коефіцієнтів метрик залежно від типу задач.

Список використаних джерел

1. Kunwar V. et al. Load Balancing in Cloud — A Systematic Review. Advances in Intelligent Systems and Computing. 2018. DOI: 10.1007/978-981-10-6620-7_56.

2. Lilhore U.K. et al. A multi-objective approach to load balancing in cloud environments integrating ACO and WWO techniques. Scientific Reports. 2025. Vol. 15, 12036. DOI: 10.1038/s41598-025-96364-1.

3. Zhang B et al. SWT-CLSTM: A hybrid model for cloud workload prediction combining smooth wavelet transform and contrastive learning. Journal of King Saud University Computer and Information Sciences. 2025. 37. DOI: 10.1007/s44443-025-00316-8.

4. Ranesh Naha R. et al. Deadline-based dynamic resource allocation and provisioning algorithms in Fog-Cloud environment. Future Generation Computer Systems. 2019. 104. DOI: 10.1016/j.future.2019.10.018.

УДК 004.75 (043.2)

Юсупов О.О.
ДУ «Київський авіаційний інститут»

ЗАСТОСУВАННЯ КОНТЕЙНЕРИЗАЦІЇ ТА ОРКЕСТРАЦІЇ У КРИТИЧНИХ СИСТЕМАХ

Контейнеризація та оркестрація стали ключовими інструментами сучасної інфраструктури, забезпечуючи масштабованість, ефективність використання ресурсів та високу швидкість розгортання програмних рішень. У контексті критичних систем, де вимоги до безпеки, надійності та безперервної роботи є пріоритетними, використання Docker і Kubernetes набуває особливого значення.

Серед основних переваг контейнеризації у критичній інфраструктурі можна виділити ізоляцію середовищ, швидке відновлення сервісів, відтворюваність конфігурацій та оптимізацію обчислювальних ресурсів. Оркестратори на кшталт Kubernetes забезпечують автоматичне масштабування, балансування навантаження, самовідновлення контейнерів і централізоване управління кластером, що підвищує стійкість системи до збоїв.

Проте застосування контейнерних технологій у критичних об’єктах пов’язане з певними ризиками. Серед них — можливі вразливості у контейнерних образах, неправильна конфігурація оркестратора, складність управління політиками безпеки, ризики компрометації контейнерних реєстрів. Додаткові загрози становлять атаки на рівні мережевої взаємодії між контейнерами та вразливості у плагінах чи допоміжних сервісах екосистеми Kubernetes.

З метою мінімізації ризиків необхідно використовувати перевірені образи, впроваджувати політики Zero Trust, застосовувати контроль доступу на основі ролей, регулярно оновлювати кластер, а також використовувати інструменти моніторингу та журналювання безпеки. Поєднання цих підходів дозволяє ефективно інтегрувати контейнеризацію у критичну інфраструктуру без втрати надійності та стійкості систем.

Docker та Kubernetes відкривають значні можливості для підвищення ефективності критичних систем, однак потребують ретельного планування, налаштування та контролю, щоб гарантувати їх безпечне і надійне функціонування.

Науковий керівник – старший викладач Голего Н.М.

УДК 004.78 (043.2)

Капелюшна А.В.
ДУ «Київський авіаційний інститут»

ПРИНЦИПИ СТВОРЕННЯ СИСТЕМНИХ ПРОГРАМНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Функціонування критичної інфраструктури держави — енергетичних систем, транспортних вузлів, телекомунікацій, промислових об'єктів, фінансових сервісів і медичних установ — значною мірою залежить від надійності системного програмного забезпечення, яке забезпечує безперервність їх роботи. Зростання складності цих систем, а також підвищена частота кіберзагроз та фізичних впливів, вимагають створення програмних рішень, здатних гарантувати стійкість, відмовостійкість і високий рівень кіберзахисту навіть за умов непередбачуваних збоїв. У сучасних дослідженнях підкреслюється, що програмні компоненти критичної інфраструктури повинні бути розроблені відповідно до жорстких стандартів безпеки та інженерних принципів [1], а їх архітектура має враховувати можливість деградації окремих модулів без порушення загального функціонування системи.

Одним із фундаментальних принципів побудови таких рішень є принцип багаторівневого захисту (defense-in-depth). Він передбачає застосування кількох незалежних механізмів контролю та виявлення аномалій на різних етапах обробки даних. У системах критичної інфраструктури механізми верифікації, моніторингу та захисту мають бути взаємодоповнюючими, а їхня відмова не повинна призводити до порушення роботи основних сервісів. Особливе значення має ізоляція окремих модулів, використання «зон довіри», а також застосування концепції Zero Trust, що активно розвивається у сфері промислової кібербезпеки [2].

Іншим важливим принципом є архітектурна відмовостійкість, що передбачає проєктування програмних модулів таким чином, щоб відмова одного з них не впливала на загальну доступність системи. Для цього застосовуються техніки реплікації, кластеризації, автоматичного переведення системи в резервний режим і механізми самовідновлення.

Третім ключовим принципом є цілісність і достовірність даних. У критичних системах помилка на рівні даних може призвести до катастрофічних наслідків. Тому застосовуються механізми криптографічного захисту, журналювання, контрольних сум, верифікації транзакцій, а також незалежних каналів моніторингу. У

програмних рішеннях для інфраструктури енергетики та транспорту дедалі більшого значення набувають методи поведінкової аналітики та машинного навчання, здатні виявляти нетипові патерни і підвищувати рівень захищеності системи від складних загроз.

Окрему роль відіграє моделювання загроз та оцінка ризиків на ранніх етапах проектування. Використання формальних моделей, симуляційних середовищ, цифрових двійників та fault injection дозволяє завчасно виявляти вразливості та тестувати поведінку системи у сценаріях, що важко відтворити в реальних умовах. Для критичних об'єктів такий підхід є ключовим, оскільки дозволяє перевіряти не лише працездатність програмного забезпечення, а й здатність системи зберігати функціональність під час збоїв.

Принцип безперервного моніторингу також є основою сучасних рішень для критичної інфраструктури. Системи повинні не тільки фіксувати аномалії, а й забезпечувати автоматичне реагування, багаторівневу діагностику, аудит доступу та можливість швидкого відновлення після інциденту. Використання машинного навчання у цьому контексті дозволяє фіксувати поведінкові зміни та виявляти атаки, які традиційні сигнатурні методи не здатні розпізнати.

Висновки

Створення системних програмних рішень для критичної інфраструктури базується на комбінації інженерних, архітектурних та кіберзахисних принципів, які гарантують безперервність роботи, стійкість до збоїв і високий рівень безпеки. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на розвиток самонавчальних систем моніторингу, інтеграцію цифрових двійників, автоматизацію аналізу вразливостей та створення архітектур, здатних до адаптації в умовах постійно змінюваного загрозового середовища.

Список використаних джерел

1. Pathirana T., Olimid R. F., Nencioni G. (2025). Joint Security and Dependability Modeling: An Updated Overview, IEEE Access, vol. 13, pp. 93523-93550. DOI: 10.1109/ACCESS.2025.3574256.

2. Fernandez E. B., Brazhuk A. A. (2024). Critical Analysis of Zero Trust Architecture. Computers & Security Interfaces, DOI: https://doi.org/10.1016/j.csi.2024.103832

СЕКЦІЯ 3. МУЛЬТИПЛАТФОРМЕННІ ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ, МОБІЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 004.4:004.94:004.75 (043.2)

Луцишин В.В., Халімон Н.Ф., к.т.н., доцент
ДУ «Київський авіаційний інститут»

ПРОЕКТУВАННЯ СЕРВІСУ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТА КОНТРОЛЮ ВИТРАТ В AWS

Перехід бізнесу на хмарну платформу Amazon Web Services (AWS) та її модель оплати «pay-as-you-go» створює значні виклики у сфері контролю та зменшення операційних витрат. Неоптимальне використання ресурсів та відсутність прозорості у тарифікації часто призводять до неконтрольованого зростання бюджетів. Тому ключовим напрямом стає створення програмних рішень, здатних систематично аналізувати та зменшувати ці витрати.

В основі архітектури лежить програмний доступ через API до сервісу AWS Cost Explorer [1], який є оптимальним джерелом агрегованих даних про витрати, на відміну від складних у обробці звітів CUR. Взаємодія з API реалізується через офіційний SDK для Python – boto3. Проєкт передбачає два ключові модулі моніторингу. Перший, фінансовий модуль, аналізує стабільні робочі навантаження для надання рекомендацій щодо придбання Savings Plans (SPs) та Reserved Instances (RIs), враховуючи ієрархію застосування знижок в AWS для точного розрахунку економії [2]. Другий, ресурсний модуль, вирішує питання надлишкового резервування шляхом аналізу метрик з Amazon CloudWatch, зокрема навантаження на CPU. На основі аналізу середніх та пікових навантажень він формує рекомендації щодо оптимального розміру EC2 (Elastic Compute Cloud) інстансів [3].

Безпека доступу до клієнтських акаунтів забезпечується через технологію перехресного доступу з використанням засобів IAM (Identity and Access Management). Клієнт створює у своєму акаунті роль з обмеженими дозволами на читання, а сервіс отримує тимчасові, аудитовані ключі доступу через API-виклик, що унеможливлює використання статичних ключів. Для отримання повної картини витрат в організаціях з великою кількістю акаунтів підключення здійснюється до головного адміністративного аканту що дозволяє аналізувати консолідований білінг та ефект від спільних Savings Plans.

Спроєктована архітектура програмного засобу створює безпечний та ефективний інструмент для автоматизації контролю хмарних витрат.

Список використаних джерел

1. Amazon Web Services. AWS Documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://aws.amazon.com/

2. FinOps Foundation. Cloud FinOps: Collaborative, Real-Time Cloud Financial Management / FinOps Foundation. – O'Reilly Media, 2021. – 280 p.

3. AWS Pricing. Amazon Web Services Pricing Calculator [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://calculator.aws/

УДК 004.78 (043.2)

Лубський І.І., Іскренко Ю.Ю., к.т.н., доцент,
ДУ «Київський авіаційний інститут»

ЦЕНТРАЛІЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ РОЗПОДІЛЕНИМИ ПЕРИФЕРІЙНИМИ ПРИСТРОЯМИ

Сучасні підприємства, що мають географічно розподілену інфраструктуру, дедалі частіше стикаються з проблемою уніфікації та централізації керування периферійними пристроями різних типів — принтерами, камерами відеоспостереження, мережевими ретрансляторами та іншими елементами локальних підсистем. В умовах використання десятків гетерогенних пристроїв на різних об’єктах ключовим викликом стає забезпечення єдиного стандарту взаємодії, моніторингу та оперативного адміністрування. Ситуацію ускладнює необхідність одночасної підтримки різних протоколів, різних виробників та різних експлуатаційних умов. У таких системах зростають вимоги до масштабованості, відмовостійкості та безпеки, оскільки збій у ланцюгу керування може впливати на роботу кількох об’єктів одразу.

У роботі представлено концепцію централізованої системи керування мережею периферійних пристроїв, рознесених між тринадцятьма об’єктами. Архітектура вирішує основні проблеми гетерогенності завдяки застосуванню уніфікованого транспортного рівня та стандартизованих API для взаємодії з друкарськими пристроями, відеокамерами та сервісними модулями. Система підтримує збір телеметрії, дистанційне конфігурування, моніторинг працездатності, автоматичне підключення нових вузлів і централізоване оновлення прошивок та ПЗ. Такий підхід суттєво зменшує навантаження на локальні ІТ-служби та унеможливлює фрагментацію інфраструктури.

Для забезпечення високої доступності застосовано принципи розподіленого керування та механізми резервування: пристрої здатні переходити у локальний автономний режим у разі втрати зв’язку з центральним вузлом, а при відновленні каналу даних синхронізують стан з сервером. Особливу увагу приділено безпеці: використано модель Zero Trust для доступу до периферії, а також поведінкові моделі моніторингу аномалій, що дозволяють виявляти підозрілу активність у роботі пристроїв. Подібні методики активно досліджуються в сучасних наукових роботах, які підкреслюють

важливість багаторівневого контролю та побудови довірчих зон у розподілених системах управління [1].

У запропонованій системі також реалізовано підхід до уніфікації подій, що дозволяє обробляти потоки від різних типів периферії в єдиному форматі. Підтримка стандартів ONVIF для відеокамер та IPP для друкарських пристроїв забезпечує широку сумісність з обладнанням різних виробників. Дослідження у сфері промислових систем управління підтверджують, що саме стандартизовані інтерфейси значно зменшують ймовірність відмов та підвищують стабільність великих розподілених інфраструктур [2].

У підсумку розроблена система демонструє ефективний підхід до керування великою кількістю гетерогенних периферійних пристроїв на рознесених об'єктах. Вона дозволяє підвищити рівень автоматизації, знизити експлуатаційні витрати, підвищити прозорість роботи інфраструктури та своєчасно реагувати на збої. Перспективи подальших досліджень включають інтеграцію машинного навчання для прогнозування відмов, побудову цифрових двійників периферійних вузлів та удосконалення механізмів автономності у віддалених сценаріях.

Список використаних джерел

1. Avizienis, A., Laprie, J.-C., Randell, B., Landwehr, C. (2004). Basic concepts and taxonomy of dependable and secure computing, IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing, vol. 1, no. 1, pp. 11-33, Jan.-March 2004, doi: 10.1109/TDSC.2004.2.

2. Fernandez, E.B., Brazhuk, A. (2024). A critical analysis of Zero Trust Architecture (ZTA), Computer Standards & Interfaces, Volume 89, 103832.doi:10.1016/j.csi.2024.103832.

УДК 004.78 (043.2)

Гринюк С.О., Супрун О.М., к.ф.м.н., доцент,
ДУ «Київський авіаційний інститут»

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА LSTM-СИСТЕМА ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ СЕРЦЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ДАНИХ З ПЕРЕНОСНИХ ПРИСТРОЇВ

Серцево-судинні захворювання (ССЗ) є провідною причиною смертності у світі, спричиняючи щороку понад 19,8 мільйонів летальних випадків [1]. Їхнє раннє виявлення дозволяє значно зменшити ризики ускладнень, однак традиційні методи діагностики (ЕКГ, ехокардіографія, МРТ) вимагають спеціалізованого обладнання та участі кваліфікованих лікарів. Це обмежує доступність своєчасної діагностики, особливо у віддалених регіонах.

Інноваційним рішенням стає застосування інтелектуальних програмних систем на основі архітектури Long Short-Term Memory (LSTM). На відміну від класичних алгоритмів, LSTM здатні працювати з часовими рядами, зберігаючи інформацію про довгострокові залежності у сигналах. Саме це робить їх особливо ефективними для аналізу електрокардіограм (ЕКГ) та інших біомедичних даних. LSTM-моделі можуть автоматично розпізнавати приховані патерни серцевої активності, виявляти відхилення у ритмі, передбачати ризики аритмій чи навіть прогнозувати розвиток серцевої недостатності.

Поєднання LSTM з даними, що надходять із переносних пристроїв (смарт-годинників, браслетів, кардіомоніторів), відкриває нові можливості у сфері кардіології. Переносні-пристрої безперервно вимірюють серцевий ритм, насичення крові киснем, артеріальний тиск і рівень активності. Завдяки інтеграції цих даних у LSTM-моделі система отримує змогу аналізувати стан серця в режимі реального часу, попереджати про критичні відхилення та повідомляти пацієнта або лікаря. Це робить можливим персоналізований моніторинг та значно підвищує ефективність профілактики.

Сучасні дослідження доводять, що гібридні архітектури CNN-LSTM або Bi-LSTM досягають точності понад 98 % у класифікації аритмій за даними ЕКГ [2]. При цьому такі моделі достатньо легкі для використання навіть у мобільних застосунках

або безпосередньо на переносних пристроях. Важливу роль відіграє також інтеграція зі стандартами обміну медичними даними (FHIR, HL7, ISO/IEEE 11073), які забезпечують сумісність і захист інформації.

Інтелектуальні LSTM-системи у поєднанні з переносними-пристроями формують новий підхід до діагностики серцево-судинних захворювань. Вони не лише забезпечують точний аналіз сигналів, а й дозволяють здійснювати раннє виявлення патологій у повсякденному житті пацієнтів. Це робить можливим створення програмних рішень, здатних суттєво знизити смертність від ССЗ, забезпечити персоналізовану медицину та підвищити якість життя мільйонів людей.

Список використаних джерел

1. Cardiovascular diseases (CVDs). World Health Organization.. URL: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds).

2. Good Machine Learning Practice for Medical Device Development: Guiding Principles. FDA. URL: https://www.fda.gov/medical-devices/software-medical-device-samd/good-machine-learning-practice-medical-device-development-guiding-principles.

UDK 004.42 (043.2)

Plotytsia S.V.
Grid Dynamics Holdings, Inc

SYSTEM-LEVEL PRINCIPLES OF MICROSERVICE ARCHITECTURE FOR SCALABLE WEB SYSTEMS

The continuous growth of web-based information systems and digital platforms has significantly increased the requirements for scalability, fault tolerance, and long-term maintainability. Modern web applications operate under conditions of uneven load distribution, frequent functional updates, and strict availability constraints. In such environments, traditional monolithic architectures demonstrate structural limitations that complicate independent component evolution, resource optimization, and rapid recovery from failures [1]. As a result, system-level architectural approaches capable of managing complexity and ensuring resilience have become a central research and engineering focus.

Microservice architecture represents a distributed system model in which application functionality is decomposed into a set of autonomous services. Each microservice encapsulates a specific functional responsibility and operates as an independent execution unit with its own lifecycle, deployment process, and resource allocation. From the perspective of system programming, this approach enables clear separation of concerns, localized failure handling, and fine-grained control over system behavior under load [2]. Unlike monolithic systems, where a single fault may affect the entire application, microservice-based systems are designed to contain failures within individual components.

This work focuses on the architectural principles underlying microservice-based web systems rather than on specific implementation frameworks. A key concept is service autonomy, which ensures that each microservice can be developed, tested, deployed, and scaled independently. This autonomy is supported by well-defined service interfaces and lightweight communication mechanisms, allowing heterogeneous technology stacks to coexist within a single system. Such heterogeneity is particularly important for large-scale systems where different services may have distinct performance, latency, or computational requirements.

Another essential architectural element is controlled inter-service communication. Microservices interact through standardized APIs and message-based protocols that reduce coupling and enable asynchronous processing. From a system-level perspective, this communication model

improves resilience by preventing blocking dependencies and allowing services to degrade gracefully under stress. Architectural patterns such as request isolation, timeout enforcement, and retry policies play a crucial role in preventing cascading failures across the system.

The architecture also relies on centralized coordination components that operate at the system boundary rather than within individual services. These components include API gateways, service discovery mechanisms, and configuration management subsystems. Their function is to provide unified access control, routing, and observability while preserving the internal independence of microservices. Such separation allows the system to maintain consistency and governance without violating service autonomy.

An important system programming aspect of microservice architecture is resource orchestration and lifecycle management. Microservices are typically deployed as isolated execution units, enabling precise control over CPU, memory, and network usage. This facilitates dynamic scaling based on real-time load and supports rapid reconfiguration without service interruption. At the architectural level, orchestration mechanisms act as a control plane that continuously aligns system structure with operational requirements.

Observability and diagnostics form another critical layer of the architecture. In distributed microservice systems, failures and performance anomalies often emerge from complex interactions rather than from individual components. Therefore, the architecture must include mechanisms for centralized logging, metric aggregation, and distributed tracing. These mechanisms provide system-level visibility and enable operators to analyze behavior across service boundaries, which is essential for maintaining stability in high-load environments.

Security considerations are also embedded at the architectural level. Microservice systems require strict control over service-to-service communication, authentication, and authorization. Architectural isolation, combined with role-based access control and policy enforcement, reduces the attack surface and limits the impact of compromised components. From a system programming perspective, security is treated as an integral part of the execution environment rather than as an external add-on.

Conclusions

The presented analysis demonstrates that microservice architecture should be regarded as a system-level design paradigm rather than merely a development or deployment technique. Its effectiveness lies in the

architectural principles of autonomy, isolation, controlled communication, and centralized coordination. When applied correctly, these principles enable the construction of scalable, resilient, and maintainable web systems capable of operating under high load and continuous change.

Microservice-based architecture provides a flexible foundation for modern web platforms, allowing systems to evolve incrementally while preserving stability and performance. Future research directions may include formal modeling of inter-service dependencies, optimization of communication overhead, and integration of intelligent control mechanisms for adaptive system management.

References

1. Artamonov Y.B., Plotytsia S.V., Radchenko K.M., Kotsiur A.B. (2025). Microservice Architecture of Intelligent Educational Platforms with ML Pipeline Self-Optimization. "Science and technology today" ("Pedagogy" series, "Law" series, "Economics" series, "Physical and mathematical sciences" series,"Technics" series). 10 (51). pp. 1059-1073. DOI: https://doi.org/10.52058/2786-6025-2025-10(51)-1059-1073.

2. Dragoni, N., Lanese, I., Larsen, S.T., Mazzara, M., Mustafin, R., Safina, L. (2017) Microservices: How to make your application scale. Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 10742 LNCS, 95-104. doi: 10.1007/978-3-319-74313-4_8.

УДК 004.7:681.5 (043.2)

Шинкаренко Я. М., Апенько Н.В., к.т.н., доцент
ДУ «Київський авіаційний інститут»

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНЕ ВИКОРИСТАННЯ ESP32 ПРИ МОНІТОРИНГУ PV-ПАНЕЛЕЙ

Сучасні фотогальванічні (PV) системи все частіше інтегруються з цифровими технологіями моніторингу, що дозволяє підвищити ефективність експлуатації, швидкість реагування на відхилення та точність прогнозування виробітку. Застосування мікроконтролерів із вбудованими комунікаційними модулями, зокрема ESP32, відкриває можливість створення недорогих, автономних та високофункціональних сенсорних вузлів для збору і передачі даних у віддалений мобільний застосунок. Проте енергоспоживання таких модулів залишається ключовим фактором, що визначає тривалість автономної роботи та стабільність моніторингової системи, особливо коли живлення здійснюється від малої PV-панелі або акумулятора з обмеженою ємністю. Саме тому оптимізація режимів роботи ESP32 є необхідною умовою для побудови ефективної архітектури віддаленого контролю стану PV-модулів.

Мікроконтролер ESP32, згідно з аналізом технічних характеристик, підтримує кілька енергозберігаючих режимів, включаючи Light Sleep, Modem Sleep та Deep Sleep, причому останній дозволяє знизити споживання до десятків мікроампер, що відкриває можливість періодичного циклічного моніторингу замість постійного[1]. Дослідження підкреслюють, що Wi-Fi-передавач є найбільш енерговитратним компонентом ESP32, і тому оптимізація частоти пробуджень, часу передачі та обсягу даних є визначальними чинниками для автономної роботи [1].

Важливою складовою оптимізації є вибір ефективного протоколу комунікації. Порівняльні дослідження показують, що MQTT є значно енергоефективнішим у порівнянні з HTTP завдяки меншому протокольному overhead, використанню постійного легкого з'єднання та меншим затримкам у мережі [2], [3]. Це особливо важливо для PV-моніторингу, де кожне передане повідомлення містить лише невеликий набір параметрів: напруга, струм, температура та освітленість. Формування коротких MQTT-повідомлень не лише скорочує час роботи Wi-Fi-модуля, але й зменшує енергетичні витрати на одиницю даних[2].

Окремим напрямом оптимізації є адаптація логіки пробудження модуля. У PV-системах можливе застосування

контекстно-залежного підходу, коли частота збору даних прив'язується до рівня освітленості або зміни параметрів виробітку. У періоди мінімальної активності (наприклад, вночі) ESP32 може збирати може збирати та передавати дані з великою періодичністю, тоді як у денні години – частіше. Подібні моделі описуються в літературі як ефективний спосіб балансування енергоспоживання та якості моніторингових даних [4].

Реальні приклади впровадження ESP32 в системах моніторингу споживання електроенергії також демонструють успішність підходу оптимізації передачі даних та використання енергозберігаючих режимів [5]. Це підтверджує, що ESP32 є придатною платформою не лише для побутових IoT-пристроїв, але й для спеціалізованих енергообмежених систем. Таких як мобільні PV-станції.

Проведений аналіз дозволяє зробити висновок, що оптимізація комунікаційних режимів ESP32 є ключовим чинником у проєктування систем віддаленого моніторингу PV-потужності. Оптимізація інших чинників дозволяє істотно продовжити автономну роботу пристрою без втрати якості даних. Це робить такі технології перспективними для впровадження в мобільні застосунки для моніторингу PV-систем, а також у ширші IoT-рішення, де критичним є баланс між енергоефективністю та функціональністю.

Список використаних джерел

1. IoT on an ESP32: Optimization Methods Regarding Battery Life and Write Speed to an SD-Card. URL: https://www.intechopen.com/chapters/86671

2. Comparative Analysis of Power Consumption between MQTT and HTTP Protocols in an IoT Platform. URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10224120/

3. Energy Footprint and Reliability of IoT Communication Protocols for Remote Sensor Networks. URL: https://www.mdpi.com/1424-8220/25/19/6042

4. The Role of ESP32 in Enabling Industry 4.0 and 5.0: A Comprehensive Narrative Review of Edge Intelligence, Human-Centric Automation, and Sustainable Innovation. URL: https://www.preprints.org/manuscript/202508.0014

5. Electricity Consumption Measurement System Using ESP32. URL: https://reference-global.com/article/10.2478/sbeef-2021-0017

УДК 004.8 (043.2)

Слюсаренко О.К.
ДУ «Київський авіаційний інститут»

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНЕ КЕРУВАННЯ РОЄМ БПЛА НА ОСНОВІ РОЗПОДІЛЕНИХ АЛГОРИТМІВ НАВЧАННЯ

У сучасних умовах застосування безпілотних літальних апаратів виходить за межі одиночних місій і все частіше передбачає координовану роботу груп БПЛА. Однак координація множини автономних агентів у швидкодинамічних середовищах з різноманітними перешкодами залишається складним завданням, що вимагає розробки інтелектуальних розподілених систем керування.

Традиційні централізовані підходи до керування роєм мають суттєві обмеження щодо масштабованості та відмовостійкості. Альтернативою є розподілені системи, де кожен БПЛА приймає рішення автономно на основі локальної інформації. Для реалізації такого підходу ефективним є поєднання нейронних мереж для керування окремими агентами з алгоритмами роєвого інтелекту для навчання системи в цілому. В рамках дослідження проаналізовано використання гібридного підхіду, що використовує багатошарові персептрони на базі TensorFlow для моделювання контролерів БПЛА та адаптивну оптимізацію методом рою частинок для навчання ваг нейронних мереж без застосування градієнтних методів.

Архітектура системи передбачає, що кожен БПЛА оснащений власною нейронною мережею, яка приймає на вхід 20-вимірний вектор стану, що включає позицію та швидкість агента, інформацію про ціль, найближчі перешкоди та сусідні БПЛА. Виходом мережі є тривимірний вектор керуючої сили. Навчання відбувається шляхом еволюції популяції варіантів ваг мережі за допомогою PSO, де кожна частинка представляє повний набір параметрів контролера. Функція придатності враховує множинні критерії: досягнення цілі, уникнення перешкод, когезію рою та плавність руху.

Експериментальні дослідження проводились у 3D симуляторі з симуляцією реалістичної фізики руху БПЛА, статичними перешкодами, налаштуванням швидкості та прискоренню. Результати показали, що розроблена система забезпечує

покращення функції придатності більш ніж у 20 разів порівняно з випадковою поведінкою, успішне досягнення цілі у 65-85% випадків залежно від складності сценарію, та ефективне уникнення перешкод на рівні 90-95%. Система демонструє хорошу масштабованість при роботі з групами від 3 до 10 БПЛА, з оптимальною когезією при 5-7 агентах.

Ключовою перевагою запропонованого підходу є відсутність потреби у великих обсягах маркованих даних та можливість навчання безпосередньо через взаємодію зі середовищем. На відміну від методів глибокого навчання з підкріпленням, PSO не вимагає диференційованих функцій винагороди і краще підходить для багатокритеріальної оптимізації. Крім того, розподілена архітектура природно узгоджується з принципами роєвої робототехніки, де відсутній центральний контролер [1].

Перспективи подальших досліджень включають розширення системи на динамічні перешкоди та рухомі цілі, додавання обмежень комунікації між агентами для моделювання реальних умов, впровадження формаційного керування з підтриманням заданої конфігурації рою, а також порівняльний аналіз з іншими підходами, зокрема багатоагентним навчанням з підкріпленням. Важливим напрямком є також апаратна реалізація та тестування на реальних БПЛА з урахуванням обмежень обчислювальних ресурсів бортових систем.

Розроблена система інтелектуального керування роєм БПЛА демонструє ефективність поєднання нейронних мереж з алгоритмами роєвого інтелекту для розв'язання задач координованої навігації в складному середовищі. Використання PSO як альтернативи градієнтним методам навчання відкриває нові можливості для розробки розподілених мультиагентних систем.

Список використаних джерел

1. Optimized flocking of autonomous drones in confined environments / G. Vásárhelyi et al. Science Robotics. 2018. Vol. 3. No. 20. P. eaat3536. URL: https://doi.org/10.1126/scirobotics.aat3536

УДК 004.78 (043.2)

Старенька К.О., Супрун О.М., к.ф.-м.н., доцент,
ДУ «Київський авіаційний інститут»

АНАЛІЗ ПРОБЛЕМАТИКИ ВИЯВЛЕННЯ DEEPFAKE-ВІДЕО

Сучасні цифрові технології створюють умови, за яких швидке поширення інформації стає одночасно ресурсом і загрозою. Зростання ролі соціальних мереж, месенджерів та платформ зі згенерованим контентом формує середовище, у якому фейкові чи викривлені повідомлення можуть охоплювати широку аудиторію без належної перевірки [1]. Це сприяє зниженню рівня довіри користувачів до медіа й ускладнює процес відокремлення достовірних даних від підроблених. У такій ситуації ґрунтовно закамуфльовані підробки стають одним із найбільш небезпечних інструментів інформаційного впливу.

Під терміном deepfake розуміють синтетичні мультимедійні матеріали, створені методами глибокого навчання. Найпоширенішими прикладами є підроблені зображення обличь, фальсифіковані аудіозаписи мовлення та відео, що поєднують як згенеровані зображення, так і змінений голос [2]. Високий рівень реалістичності таких матеріалів ускладнює їх виявлення не лише пересічними користувачами, але й автоматизованими системами. Це робить технологію привабливою для використання у маніпулятивних цілях — від дискредитації публічних осіб і створення політичних криз до шахрайства й шантажу.

Ключовою проблемою є те, що традиційні методи перевірки достовірності візуальних матеріалів поступово втрачають ефективність. Технічна еволюція генеративних моделей призвела до зникнення очевидних артефактів та появи більш «природних» статистичних властивостей синтетичних кадрів [3]. Більш того, технічні умови поширення відео через соціальні мережі, зокрема стиснення чи повторне перекодування, затирають залишкові ознаки маніпуляцій. У результаті навіть системи, які демонструють високу точність у лабораторних умовах, у реальному середовищі стикаються з різким падінням продуктивності.

Соціальний і правовий аспекти також не можна ігнорувати. З одного боку, deepfake ускладнює підтримання довіри до традиційних джерел інформації, з іншого — ставить під сумнів ефективність чинних законодавчих механізмів захисту. Етичні

проблеми, пов’язані з використанням штучно створених образів без згоди осіб, доповнюють технологічні виклики, формуючи комплексну кризу довіри в цифровому середовищі.

Отже, аналіз проблематики виявлення deepfake-відео показує, що це явище має багатовимірний характер: поєднує технічні, соціальні, етичні та правові виклики. Для ефективної протидії потрібні міждисциплінарні стратегії, які об’єднують вдосконалені алгоритми детекції, розвиток нормативної бази та підвищення рівня медіаграмотності населення. Лише комплексний підхід здатен зменшити ризики, пов’язані з використанням глибинних підробок, і забезпечити стійкість суспільства до нових інформаційних загроз.

Список використаних джерел:

1. Stepney E. S., Lally C. Disinformation: sources, spread and impact. UK Parliamet POST. URL: https://researchbriefings.files. parliament.uk/documents/POST-PN-0719/POST-PN-0719.pdf.

2. The psychological drivers of misinformation belief and its resistance to correction / U. Ecker та ін. Nature. URL: https://www.nature.com/articles/s44159-021-00006-y.

3. Deepfake disruption: A cybersecurity-scale challenge and its far-reaching consequences / M. Steinhart та ін. Deloitte. URL: https://www.deloitte.com/us/en/insights/industry/technology/technology-media-and-telecom-predictions/2025/gen-ai-trust-standards.html.

УДК 519.872 (043.2)

Коба О.В., д.ф.-м.н.
Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАНУ

АЛГОРИТМ СТАТИСТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ ОБСЛУГОВУВАННЯ З ПОТОКОМ ЗДВОЄНИХ ЗАЯВОК

Практика дослідження сучасних систем управління в багатьох областях показала, що відомі результати часто грубо відображають реальні досліджувані процеси і єдиним методом розрахунку ефективності систем масового обслуговування (СМО) такої складної природи є метод статистичного моделювання. Цей метод іноді є єдиним для дослідження СМО, які мають немарковську природу, складну дисципліну обслуговування або складну структуру заявок вхідного потоку.

Розглядається система обслуговування на вхід якої надходить пуассонівський потік множинних заявок з параметром λ [1]. Кожна заявка в даному випадку потребує дві операції обслуговування сталої довжини τ. Друга операція може початися не раніше, ніж через час $\tau+\Delta$ після надходження заявки. Подрібнення операцій заборонено. Як тільки заявка надійшла, диспетчер планує виконання як для першої, так і для другої операції, виходячи з вищезазначеної умови.

Алгоритм моделювання розроблений для двох випадків: $\tau \geq \Delta$ і $\tau < \Delta$. У першому випадку алгоритм оснований на реалізації двох його фрагментів – розміщення і злиття часових інтервалів. Якщо з розміщенням операції заявки не виникає питань, то реалізація операції злиття потребує пояснень. А саме, з точки зору роботи СМО для розміщення операції нам некорисні перерви між зайнятими інтервалами, які менші за τ, тобто такі, в яких неможливо розмістити операцію. Тому в алгоритмі передбачено злиття таких інтервалів. Тоді розміщення заявки на часовій вісі буде схематично мати вигляд: вхідні данні перед розміщенням першої операції заявки, розміщення першої операції, злиття інтервалів, перевизначення даних, розміщення другої операції, перевизначення даних для реалізації наступної заявки. Для випадку $\tau < \Delta$ алгоритм очевидний.

При реалізації алгоритму було дотримано умову $2\lambda\tau < 1$, що є умовою ергодичності для цієї системи [2] та обчислювались показники Mw_1 та Mw_2 - математичні сподівання очікування

першої та другої операції заявки, відповідно. Оскільки умова ергодичності дотримувалася, то можна було обчислювати необхідні показники за єдиною реалізацією при досить великому N. Проте для контролю точності було зроблено $m=100$ незалежних реалізацій з $N=10000$ заявок в кожній. Формули обчислення наступні:

$$\overline{w}_{ki}=\frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N}w_i^{(n)},\ i=1,2,\ k=1,...,m,$$

де $w_i^{(n)}$ - значення часу очікування i-ої операції, що обчислена за k-ою незалежною реалізацією:

$$\hat{w}_i=\frac{1}{N}\sum_{k=1}^{m}\overline{w}_{ki},\ s_i^2=\frac{1}{m-1}\sum_{k=1}^{m}(\overline{w}_{ki}-\hat{w}_i)^2,$$

де $\hat{w}_i$ - обчислена оцінка середнього часу очікування i-ої операції $(i=1,2)$, s_i - середньоквадратична похибка даної оцінки.

Дані, що отримані при статистичному моделюванні були згладжені нелінійним згладжуванням за семи точками, що забезпечує усереднення на основі полінома третьої степені. Візуалізовані залежності Mw_1 та Mw_2 від величини зазору. Також дана оцінка числа незв'язаних інтервалів, що відображають поточний стан випадкового процесу.

Запропонований алгоритм може бути застосованим до широкого кола практично цікавих випадків теорії масового обслуговування, теорії надійності та системного аналізу. З точки зору практичного застосування отримані результати можуть використовуватися при оцінці функціонування інформаційних систем та мереж, систем управління повітряним рухом і т.п. [3].

Список використаних джерел:

1. Koba E.V., Dyshlyuk, O.N. Estimating the Overlapping Probability for Complex Demands in Queueing Systems / Cybernetics and Systems Analysis, 2010, 46(3), P. 506–511.

2. Dyshlyuk, O.N. Koba, E.V., Pustova, S.V. Investigation of the Waiting Time Distribution in Queueing System with Dual Demands / Problems of Control and Informatics, 2011, Vol.56 (4), pp.98-107.

3. Lakatos L., Szeidl L., Telek M. Introduction to Queueing Systems with Telecommunication Applications // Textbook. – 2013. – 385 p.

UDK 004.8 (043.2)

Fedytskyi R.A.
ORSNN, USA

SYSTEM-LEVEL METHODS FOR VERSION MANAGEMENT IN HIGH-LOAD DISTRIBUTED SOFTWARE SYSTEMS

Modern high-load distributed software systems operate under conditions of continuous evolution, where interface components, microservices, and configuration artifacts are updated with high frequency. In such environments, the versioning process becomes a critical system-level function that directly affects stability, performance, and service availability. Traditional version-control mechanisms and deployment strategies, while effective in static or moderately dynamic systems, exhibit significant limitations when applied to infrastructures characterized by rapid release cycles, heterogeneous workloads, and strict availability requirements.

One of the key challenges of version management in high-load systems lies in the need to coordinate updates across multiple layers of the software stack while maintaining consistency and preventing cascading failures. Decisions related to deployment, rollback, or partial restoration must consider not only the technical correctness of a version but also its interaction with runtime load patterns, user behavior, infrastructure state, and operational constraints. The lack of contextual awareness in classical approaches often leads to overly conservative rollbacks or, conversely, delayed responses to critical regressions.

This work proposes a system-level approach to version management based on a hybrid architectural model that combines deterministic control mechanisms with intelligent analysis modules. Deterministic components implement strict versioning rules, compatibility checks, and dependency constraints, ensuring predictability and compliance with operational policies. Intelligent modules, integrated at the decision-support layer, perform contextual reasoning over system telemetry, historical deployment data, and semantic descriptions of changes, enabling adaptive and informed decision-making in complex scenarios.

A central element of the proposed architecture is the separation of fast-path and slow-path processing. Routine versioning operations, such as repeated deployments with known characteristics, are handled through cached decisions and predefined rules to minimize latency. In contrast, atypical or high-risk situations are routed to the intelligent analysis layer, which evaluates potential impacts using multifactor reasoning. This design preserves real-time responsiveness while allowing deeper analysis where necessary.

To ensure balanced and reliable decisions, the architecture incorporates a multi-agent analysis model at the system level. Each agent is responsible for evaluating a specific dimension of system behavior, such as performance stability, interaction patterns, or operational risk [2]. Their outputs are reconciled through a formal consensus mechanism, producing a unified decision that reflects the overall system state rather than isolated metrics. This approach reduces the likelihood of conflicting actions and improves resilience against partial or misleading indicators.

An important architectural principle is explainability and traceability of version-related decisions. Every deployment or rollback recommendation is accompanied by a structured justification, including identified risks, affected components, and confidence levels. This transparency is essential for system administrators and aligns with governance requirements commonly imposed on critical and enterprise-grade software systems.

The proposed system-level methodology supports selective version management, allowing partial rollbacks or targeted updates for specific subsystems or user segments without affecting the entire platform. Such granularity is particularly valuable in high-load environments, where global rollbacks may cause unnecessary service disruptions and resource waste.

Conclusions

The analysis demonstrates that intelligent system-level methods for version management significantly enhance the robustness and adaptability of high-load distributed software systems. By integrating deterministic control with context-aware analysis, the proposed hybrid architecture enables informed decision-making while preserving predictability and operational safety.

The results highlight that version management should be treated as a core system programming concern rather than an auxiliary DevOps task. Intelligent decision-support mechanisms, when embedded into the system architecture, provide a scalable and transparent foundation for managing the lifecycle of software components in complex digital ecosystems. Future research may focus on formal verification of decision logic, optimization of real-time analysis paths, and deeper integration with system monitoring and orchestration frameworks.

References

1. Wei, J., Wang, X., Schuurmans, D., Bosma, M., Ichter, B., Xia, F., Chi, E., Le Q., and Zhou, D. (2022). Chainof-thought prompting elicits reasoning in large language models. In Advances in Neural Information Processing Systems, vol. 35, 2022, pp. 24824–24837.

2. Fedytskyi, R. (2025). Dynamic Frontend Architecture for Runtime Component Versioning and Feature Flag Resolution in Regulated Applications. Software, 4(4), 32. https://doi.org/10.3390/software4040032

УДК 004.75 (043.2)

Войтех М.Ю.
ДУ «Київський авіаційний інститут»

ПРОГРАМНИЙ ЗАСІБ ДЛЯ ЗБИРАННЯ ТА ЗБЕРІГАННЯ ДАНИХ З РОЗПОДІЛЕНИХ СЕНСОРНИХ МОДУЛІВ

Отримання інформації є важливим аспектом в будь-якій сфері, який включає в себе збір, зберігання та аналіз даних, що надходять з розподілених пристроїв, зокрема сенсорних модулів.

Сенсорні модулі відіграють ключову роль у різних сферах, починаючи від моніторингу довкілля і закінчуючи медичною діагностикою, де збирають великі обсяги даних, які використовують для прийняття рішень, вдосконалення процесів і покращення якості життя.

Створення таких систем є досить складним та рутинним, а підключення кожного нового пристрою є досить затратним як по часу, так і з фінансової точки зору. Існуючі методи базуються на тому щоб кожен пристрій мав доступ до мережі Інтернет або ж зв'язок між кожним сенсорним модулем вручну налаштовується до конкретного пристрою чи адреси, щоб утворити єдину систему.

Отримання інформації з сенсорів є досить індивідуальним рішенням для кожного модулю. Розробники витрачають дуже багато часу для налаштування роботи із сенсорним модулем.

Для вирішення проблеми є доцільним створити програмний засіб, що дозволятиме легко будувати розподілені сенсорні системи.

Для комунікації із сервером доцільно використовувати безпровідний зв'язок (Wi-Fi). Навідміну від класичного використання Wi-Fi, де використовується топологія «star», в такій системі доцільним є використання топології «mesh». Мережа будується під час роботи динамічно та ієрархічно, починаючи від сервера та закінчуючи найвіддаленішими пристроями. Для забезпечення відмово стійкості, мережа повинна регенеруватись, якщо один із пристроїв виходить із ладу, обираючи нові шляхи від пристроїв до сервера. Таким чином це дозволить легко розширювати систему.

Для роботи із сенсорними модулями потрібен спеціальний механізм, що уніфікує кожен сенсорний модуль під єдиний інтерфейс. Це допоможе приховати внутрішню реалізацію сенсорів та збільшить гнучкість програми.

Створення програмного засобу для збирання та зберігання даних із розподілених сенсорних модулів, дозволить швидко впроваджувати та розширювати розподілені сенсорні системи. Це дозволить отримувати більше даних для їх подальшої обробки.

УДК 004.78 (043.2)

Головач Ю.Ю.
ДУ «Київський авіаційний інститут»

АРХІТЕКТУРА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ РАКОВИХ ЗАХВОРЮВАНЬ

Системи підтримки прийняття рішень у сфері онкологічної діагностики посідають ключове місце в сучасній медичній інформатиці та покликані зменшити когнітивне навантаження на лікаря, забезпечити стандартизацію аналізу даних та підвищити якість первинного клінічного оцінювання. Оскільки джерелами інформації при діагностиці раку виступають візуальні зображення, текстові медичні записи, лабораторні показники та історії хвороби, архітектура таких систем має бути здатною до одночасної обробки гетерогенних даних та формування цілісної структурованої моделі випадку.

Запропонована структура системи підтримки рішень ґрунтується на модульному підході та включає кілька ключових компонентів. Першим є модуль збору та нормалізації даних, який відповідає за інтеграцію інформації з різних медичних джерел. Він виконує уніфікацію форматів, анонімізацію персональних даних, валідацію вхідних значень і побудову внутрішнього репрезентативного профілю пацієнта. Особлива увага приділяється сумісності з медичними інформаційними системами та стандартами обміну даних, що забезпечує коректну взаємодію системи із зовнішніми джерелами.

Другим базовим елементом є модуль аналізу медичних зображень, побудований таким чином, щоб підтримувати різні підтипи візуальних даних: рентгенівські знімки, КТ, МРТ, мамографію, гістологічні фрагменти тощо. Усередині цього модуля передбачено підсистеми для попередньої обробки зображень, сегментації структур, виділення ділянок інтересу та формування наборів ознак. Важливо, що структурна організація модуля дозволяє використовувати як класичні методи комп’ютерного зору, так і новітні алгоритми на основі глибинного навчання без залежності від конкретної реалізації.

Третім елементом архітектури виступає модуль аналізу структурованих і текстових даних, які містять результати лабораторних досліджень, опис симптомів, анамнез та супутню медичну інформацію. Модуль забезпечує виділення ключових атрибутів, фільтрацію критично важливих факторів ризику та

побудову семантичної моделі пацієнта, що дозволяє узагальнювати дані різної природи у єдиному інформаційному полі.

Центральним компонентом системи є модуль клінічної логіки, який інтегрує результати аналізу зображень та текстових даних і виконує формування попередніх діагностичних висновків. Його структура складається з блоку правил, блоку моделей та блоку інтерпретації. Блок правил дозволяє враховувати традиційні медичні протоколи та онкологічні стандарти. Блок моделей забезпечує оцінювання ризиків та визначення ймовірних патологій на основі статистичних і машинних методів. Блок інтерпретації відповідає за узгодження результатів різних джерел і формування узагальненої рекомендації.

Завершальною частиною архітектури є модуль представлення рішень, який формує структурований висновок для лікаря. Він надає підсумкову інформацію у вигляді пояснюваного діагностичного профілю, виділяє найбільш вагомі фактори та забезпечує відображення проміжних результатів, що сприяє прозорості й довірі до системи. Особливе значення має можливість конфігурації рівня деталізації: від коротких резюме до розгорнутих аналітичних звітів, що враховує потреби фахівців різних спеціальностей.

Запропонована структурна організація системи забезпечує масштабованість, можливість модульного оновлення, адаптацію під різні онкологічні напрямки та сумісність із медичними інформаційними середовищами. Система не замінює лікаря, а виступає інтелектуальним інструментом підтримки, що підвищує точність, швидкість і стандартизованість оцінювання складних клінічних випадків. Подальший розвиток може бути спрямований на розширення міжмодальної інтеграції, удосконалення інтерпретаційних механізмів та впровадження персоналізованих алгоритмів прогнозування.

УДК 004.78 (043.2)

Сябрук І.М.
ДУ «Київський авіаційний інститут»

ПАРАЛЕЛЬНЕ ПРОГРАМУВАННЯ У NODE.JS

Node.js – популярне кросплатформове середовище виконання JavaScript, яке дозволяє запускати код на JavaScript поза браузером, наприклад, на сервері.

Незважаючи на те що Node.js використовує один потік є можливості задіяти механізми паралельної обробки даних.

По-перше можна задіяти асинхронне програмування. Це дозволяє виконувати декілька задач одночасно не блокуючи основний потік. Для цього використовується функції зворотного виклику (Callbacks), об'єкти які представляють асинхронні операції (Promises), синтаксичний механізм (Async/Await).

Колбеки використовуються як основний інструмент для роботи з асинхронним кодом у Node.js, який дозволяє ефективно обробляти асинхронні операції. Promises та Async/Await роблять асинхронним код більш зрозумілим і легким для управління.

По-друге можна використати модулі для досягнення паралелізма, такі як Cluster та Worker Threads. Cluster дозволяє створювати декілька процесів Node.js, які можуть працювати на різних ядрах процесора одночасно, розподіляючи навантаження між своїми потоками. Worker Threads використовується для створення потоків які можуть виконувати JavaScript-код паралельно для обробки CPU-інтенсивних завдань, оскільки Node.js зазвичай працює в однопоточному режимі. Ці модулі використовують для обчислювання інтенсивних завдань.

По-третє завдяки своїй неблокуючій архітектурі Node.js може обробляти велику кількість запитів одночасно. Це дозволяє задіяти всі ресурси сервера і значно покращити продуктивність додатків. Неблокуюча архітектура є однією з причин популярності Node.js для розробки високопродуктивних програм. Вона дозволяє створювати масштабовані серверні рішення.

Асинхронне програмування – ключова особливість Node.js, яка робить його ідеальним для створення серверних додатків.

СЕКЦІЯ 4. СПЕЦІАЛІЗОВАНІ ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ

УДК 004.932 (043.2)

Побута О.М.
ДУ «Київський авіаційний інститут»

ПРОГРАМНИЙ ЗАСІБ ОБРОБКИ ВІДЕОСИГНАЛІВ У РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ В СИСТЕМАХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ

Інтелектуальні системи відеоспостереження (ІСВС) відіграють ключову роль у забезпеченні безпеки об'єктів різного призначення, включно з транспортною та критичною інфраструктурою. Сучасні тенденції розвитку таких систем пов'язані зі зростанням вимог до швидкодії, точності аналізу та здатності працювати з потоковими відеоданими в реальному часі. Одним із ключових викликів є створення програмних засобів, здатних забезпечити ефективну обробку сигналів при обмежених обчислювальних ресурсах.

Метою роботи є розроблення програмного засобу для обробки відеосигналів у реальному часі в межах системи інтелектуального відеоспостереження, який забезпечує виявлення та аналіз об'єктів із застосуванням сучасних алгоритмів комп'ютерного зору.

У рамках дослідження проаналізовано особливості формування відеосигналу, визначено вимоги до його попередньої фільтрації, корекції та сегментації. Для забезпечення обробки у реальному часі застосовано оптимізовані методи виділення ознак, включно з алгоритмами фонової субтракції, фільтрами згладжування та морфологічною обробкою. Реалізовані алгоритми враховують необхідність стабільної роботи за умов шумів, зміни освітлення та високої динаміки сцени.

Програмний засіб реалізовано із застосуванням бібліотеки OpenCV та модулів оптимізації, що дозволяють обробляти відеопотік зі швидкістю, яка відповідає режиму реального часу. Архітектура передбачає модульність, що забезпечує можливість подальшого розширення функціоналу, зокрема інтеграції засобів детекції на основі машинного навчання та глибинних нейронних мереж.

Експериментальна оцінка показала, що розроблений інструмент забезпечує підвищену стабільність обробки відео, а також коректність виявлення рухомих об’єктів у різних умовах зйомки. Це підтверджує доцільність застосування програмного засобу в системах охорони, моніторингу та автоматизованого аналізу відеоданих.

Перспективами подальших досліджень є інтеграція алгоритмів глибинного навчання для покращення точності розпізнавання, а також розроблення механізмів адаптивної оптимізації, що забезпечать стабільну роботу системи на пристроях із обмеженими обчислювальними ресурсами.

Список використаних джерел

1. Bradski G., Kaehler A. Learning OpenCV: Computer Vision with the OpenCV Library. – O’Reilly, 2008.

2. Szeliski R. Computer Vision: Algorithms and Applications. – Springer, 2022.

3. Jain A. Fundamentals of Digital Image Processing. – Prentice Hall, 1989.

Науковий керівник: Нечипорук О.П., д.т.н., проф., зав. кафедри ІКС

UDK 004.8 (043.2)

Yanytska L.P.
Luxoft USA Inc.

SYSTEM-LEVEL ARCHITECTURE OF LINGUISTICALLY ORIENTED INTELLIGENT INTERFACES FOR COMPLEX SOFTWARE SYSTEMS

The rapid growth of complex software systems in industrial, cyber-physical, and infrastructure-oriented environments has significantly increased the requirements for effective human–system interaction. Modern system-level software is no longer limited to low-level control, data acquisition, or automation logic but increasingly incorporates intelligent decision-support and supervisory layers. In this context, the design of interaction mechanisms becomes a critical architectural challenge, particularly for systems operating under high complexity, safety constraints, and real-time conditions [1].

Traditional software interfaces in system programming environments are predominantly command-driven, configuration-oriented, and rigidly structured. Such interfaces require operators to adapt to predefined syntactic forms, technical abstractions, and procedural logic [2]. While effective for experienced users, this approach introduces cognitive overload, increases the risk of operational errors, and complicates system scalability. As software systems grow more distributed and adaptive, there is a growing need for interfaces capable of mediating interaction at a higher semantic level while preserving determinism, transparency, and control.

This work addresses the problem of integrating linguistically oriented intelligent interfaces as architectural components of system-level software solutions. Unlike application-level conversational systems, the proposed interfaces are embedded directly into the software stack, acting as an intermediary layer between human operators and complex programmatic subsystems. Their primary function is to translate natural-language interaction into structured system commands, contextual queries, and decision-support actions, while maintaining strict control over execution boundaries and system states.

The proposed approach is based on combining semantic language processing mechanisms with system-oriented architectural principles. Linguistic processing modules are tightly coupled with internal software

representations, enabling the interpretation of user intentions in the context of system topology, operational modes, and access policies [3]. This allows the interface to support context-aware interaction, role-sensitive command interpretation, and adaptive feedback aligned with the current system state.

The architecture of the linguistically oriented interface is organized into several system-level layers:

1. Natural Language Processing Layer, responsible for syntactic and semantic analysis, intent recognition, and vector representation of linguistic input;
2. Context and State Management Layer, which maintains interaction history, system state awareness, and multi-step dialogue consistency;
3. System Integration Layer, providing controlled access to configuration modules, monitoring subsystems, logs, and decision-support services;
4. Adaptive Interaction Layer, enabling personalization, role-based interaction policies, and modulation of response complexity based on operator expertise and workload.

A key architectural principle is the separation of linguistic interpretation from execution logic. The interface does not directly perform system actions but generates verified, interpretable representations that are processed by existing system modules. This approach preserves software reliability, prevents unintended operations, and ensures compliance with safety and security constraints typical for critical and industrial software environments.

The introduction of linguistically oriented interfaces at the system level enables several practical advantages. These include simplified interaction with complex configurations, natural-language access to system diagnostics and logs, assisted navigation of technical documentation, and interactive support during abnormal or emergency scenarios. Moreover, such interfaces facilitate knowledge transfer by acting as embedded digital assistants capable of guiding operators through procedural workflows and system recovery processes.

Conclusions

The conducted analysis demonstrates that linguistically oriented intelligent interfaces can serve as effective system-level components in modern software architectures. Their role extends beyond user

convenience, forming a semantic mediation layer that aligns human cognition with the internal structure of complex software systems. By integrating language understanding mechanisms with system programming principles, such interfaces contribute to improved reliability, reduced cognitive load, and enhanced situational awareness.

The results highlight that linguistic interfaces should be considered architectural elements rather than auxiliary add-ons. Their integration into system software opens new possibilities for adaptive control, intelligent supervision, and human-centered interaction in safety-critical and infrastructure-oriented environments. Further research may focus on formal verification of linguistic command mappings, optimization of real-time processing, and deeper integration with distributed system monitoring frameworks.

References

1. Yanytska, L. (2025). The rise of human-centric manufacturing in the industry 5.0 era. Int J Adv Manuf Technol 139, 5067–5077. doi: 10.1007/s00170-025-16192-5.

2. Xu X, Lu Y, Vogel-Heuser B, Wang L (2021) Industry 4.0 and Industry 5.0 – inception, conception and perception. J Manuf Syst 61:530–535. doi: 10.1016/j.jmsy.2021.10.006

3. Adel, A, Alani, N.H.S (2024). Human-centric collaboration and Industry 5.0 framework in smart cities and communities: fostering sustainable development goals 3, 4, 9, and 11 in Society 5.0. Smart Cities 7(4):1723–1775. doi: 10.3390/smartcitie s7040068

УДК 004.89:005.2(043.2)

Красуляк А.Г., Голего Н.М.
ДУ «Київський авіаційний інститут»

СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ТА ЛІМІТУВАННЯ ЧАСУ РОБОТИ В БРАУЗЕРІ

У сучасному цифровому середовищі інтернет-браузери стали ключовим інструментом щоденної роботи, навчання та дозвілля. Проте надмірне використання мережі призводить до зниження продуктивності, перевтоми та залежності від онлайн-контенту. Це особливо актуально для учнів, студентів і працівників, які проводять значну частину часу за комп'ютером. Тому зростає потреба у створенні систем, здатних відстежувати та обмежувати час перебування користувача у браузері з метою раціонального використання ресурсів та захисту психічного здоров'я [1].

Основна мета розробки полягає у створенні програмного модуля, що дає змогу контролювати активність користувача в інтернеті, фіксувати загальний час перебування у браузері та встановлювати часові обмеження [2]. Такий модуль може бути інтегрований у навчальні системи, корпоративні мережі або використовуватися індивідуально для самоорганізації. Програмне забезпечення може блокувати доступ після перевищення встановленого ліміту часу або попереджати користувача про наближення цього ліміту.

Для реалізації подібних систем у межах даної розробки буде використано підхід на основі браузерного розширення з локальним збереженням даних [3]. Такий метод дає змогу відстежувати активність користувача без встановлення додаткового програмного забезпечення на операційну систему. Розширення буде фіксувати час відкриття та закриття вкладок, визначати активність користувача у реальному часі, а також формувати щоденну статистику відвіданих сайтів. Після досягнення встановленого ліміту часу система автоматично блокуватиме доступ до браузера або окремих сайтів та виводитиме попередження про обмеження. Такий підхід є оптимальним для навчальних і корпоративних середовищ, оскільки не потребує адміністративних прав, легко розгортається та може бути адаптований під різні політики обмеження часу [1, 3].

Сучасні рішення можуть включати інтелектуальні механізми обмеження. Наприклад, системи з елементами машинного навчання здатні розрізняти робочі та розважальні сайти та застосовувати різні політики блокування залежно від контексту [2]. Також можлива інтеграція з системами батьківського контролю або корпоративного адміністрування для централізованого управління доступом до веб-ресурсів [3].

Окрему увагу приділяють інтерфейсу взаємодії з користувачем. Програмний модуль повинен не лише виконувати блокування, а й надавати зворотний зв'язок: інформувати про витрачений час, показувати статистику активності, мотивувати дотримуватись обмежень. Це сприяє формуванню здорових цифрових звичок та ефективному розподілу часу [1].

Розробка подібних систем актуальна як для освітніх закладів, так і для комерційних організацій. В освітньому середовищі вони допомагають учням зосередитись на навчанні, а у компаніях — підтримувати продуктивність персоналу [2]. У перспективі такі модулі можуть бути поєднані з біометричними системами або аналітичними платформами для формування глибшого розуміння користувацької поведінки [3].

Створення програмного модуля моніторингу та обмеження часу використання браузера є важливим кроком у напрямі цифрової гігієни та самоконтролю. Подальші дослідження зосереджуються на розробці адаптивних алгоритмів, що враховують індивідуальні особливості користувача, а також на підвищенні зручності інтерфейсу та рівня безпеки даних [1–3].

Список використаних джерел:

1. Петров С. В. Методи та засоби моніторингу часу користування веб-браузерами // Системи управління та інформаційні технології. – 2023. – №4. – С. 55–62.

2. Коваленко О. І. Програмні рішення для обмеження доступу до мережі Інтернет: огляд та класифікація // Науково-технічний вісник інформаційних технологій. – 2022. – №3. – С. 97–104.

3. Ільченко Л. П. Контроль часу роботи користувача в мережі як інструмент кібергігієни // Інформаційна безпека та захист даних. – 2023. – №2. – С. 18–24.

УДК 004.8:004.852:004.912 (043.2)

Редька І.А.
ДУ «Київський авіаційний інститут»

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ РОЗПІЗНАВАННЯ ФЕЙКОВИХ НОВИН НА ОСНОВІ НАЇВНОГО БАЙЄСА ТА ДЕРЕВ РІШЕНЬ

Фейкові новини, тобто навмисно неправдива інформація, подана як новини, становлять серйозну проблему цифрового суспільства, оскільки їх швидке поширення через соціальні мережі здатне впливати на громадську думку та підірвати довіру до медіа [1]. Тому розробка інтелектуальних систем для їх автоматичного виявлення є актуальним завданням інформатики.

Серед методів машинного навчання для класифікації тексту широко застосовуються наївний байєсівський класифікатор та алгоритми побудови дерева рішень. Наївний байєс відомий простотою й ефективністю: він використовує ймовірнісну модель з припущенням незалежності ознак і часто дає добрі результати навіть на невеликих вибірках. У дослідженні Граніка й Месу́ри наївний байєс забезпечив близько 74% точності класифікації фейкових новин. Дерева рішень привабливі своєю прозорістю (правила класифікації легко інтерпретуються) і здатністю враховувати нелінійні взаємозв'язки ознак. За даними Suthan і Devi, дерево рішень показало більшу точність, ніж логістична регресія, у задачі розпізнавання фейкових новин [2]. Таким чином, поєднання простого байєсівського підходу й дерев рішень дозволяє охопити різні особливості даних і забезпечити надійну класифікацію.

Перед класифікацією текст новин проходить стандартну NLP-попередню обробку: токенізацію, приведення до нижнього регістру, видалення пунктуації і стоп-слів, лематизацію тощо. Як числове представлення слів часто використовують вагові схеми на кшталт TF-IDF. Наївний байєс застосовує формулу Баєса для обчислення ймовірності того, що новина є фейковою, за наявності певних слів. Таким чином модель підраховує умовні ймовірності ознак (наприклад, наскільки часто слово зустрічається у фейкових новинах) і комбінує їх, припускаючи незалежність слів.

Дерево рішень – це ієрархічна структура: кожен внутрішній вузол містить умову на одну ознаку (наприклад, чи містить текст

певне слово), гілки відповідають результатам тесту, а листові вузли відповідають класам (реальна або фейкова новина) [1]. Під час навчання дерево рекурсивно розбиває множину текстів на підмножини за значеннями ознак так, щоб мінімізувати невпорядкованість (impurity) кожного розбиття. Для підвищення точності часто використовується ансамбль дерев (Random Forest або Gradient Boosting), але навіть поодиноке дерево може давати добру інтерпретовану модель класифікації.

У роботах, присвячених розпізнаванню фейкових новин, наївний байєс показує хорошу базову точність. Так, у експериментах на наборі даних публікацій Facebook класифікатор наївного байєса досягав близько 74% точності [1]. Дерева рішень зазвичай демонструють не гіршу, а часто вищу точність; у порівнянні з логістичною регресією вони показали кращі результати в прикладі Suthan і Devi [2]. Зокрема, згідно з їхніми висновками, дерево рішень перевершує логістичну регресію за точністю при тій же задачі. Таким чином досвід свідчить, що обрані моделі ефективні для виявлення фейкових новин: використання байєса дає швидкий наближений результат, а дерева рішень – забезпечують додаткову точність і зрозумілі правила рішення.

Отже, інтелектуальні системи розпізнавання фейкових новин на основі наївного байєса та дерев рішень є перспективними. Прості моделі байєса забезпечують швидку класифікацію з прийнятною точністю, а дерева рішень додають стабільність та зручність інтерпретації моделей. Розвиток таких систем дозволить оперативніше фільтрувати неправдиву інформацію та підтримати інформаційну гігієну суспільства.

Список використаних джерел

1. Singh Sh., Khanna Sh., Maurya P. Fake News Detection Using Machine Learning Algorithms // Int. J. of Advances in Engineering and Management (IJAEM). – 2023. – Vol. 5, Issue 4. – P. 1296–1299.

2. Suthan R.A., Devi R.S. Fake News Detection Using Logistic Regression and Decision Tree Algorithm // Int. J. of Creative Research Thoughts (IJCRT). – 2025. – Vol. 13, Issue 3.

УДК 004.89 (043.2)

Дорош О.І.
ДУ «Київський авіаційний інститут»

МЕТОДИ ОЦІНКИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ

Великі мовні моделі (LLM — Large Language Models) є передовими архітектурами нейронних мереж, призначеними для обробки та генерації тексту, подібного до людського, на основі аналізу величезних обсягів текстових даних. Побудовані на архітектурі трансформерів, такі сімейства моделей, як GPT, Llama та Qwen, продемонстрували здатність до міркування, узагальнення, перекладу, програмування та навіть виконання мультимодальних завдань. Їхній стрімкий розвиток суттєво переосмислив можливості штучного інтелекту в різних галузях — від охорони здоров'я та освіти до автономних систем і наукових досліджень.

LLM покладаються на механізми уваги, обчислювальна складність яких квадратично зростає зі збільшенням довжини послідовності, що зумовлює значні обчислювальні та енергетичні витрати як під час навчання, так і під час інференсу. У міру зростання розмірів цих моделей їхній екологічний та економічний вплив стає дедалі відчутнішим. У цьому дослідженні ставиться за мету охарактеризувати енергетичний слід двох провідних відкритих моделей — Qwen 2.5 і Llama 3.2 — шляхом вимірювання споживаної потужності на споживчому графічному процесорі NVIDIA RTX 3070 Ti з використанням прискорення CUDA.

Даний аналіз слугує базовою відправною точкою для подальших досліджень у сфері енергоефективного розгортання LLM — напряму, що набуває дедалі більшої актуальності як в академічному, так і в промисловому середовищах.

Підвищення енергоефективності LLM має як промислове, так і суспільне значення:

– оптимізація витрат: інференс становить основну частку операційних витрат у комерційних розгортаннях LLM. Зниження середньої потужності GPU на 10% може призвести до суттєвої економії хмарних ресурсів;

– екологічна сталість: зменшення споживання енергії на кожен запит безпосередньо скорочує викиди вуглецю. За мільйонів щоденних API-викликів навіть незначна економія на один запит акумулюється у відчутний екологічний ефект;

– довговічність апаратури: ефективне керування навантаженням знижує термічне навантаження та подовжує строк служби GPU, зменшуючи обсяг електронних відходів;

– периферійне (edge) розгортання: енергоефективні LLM дають змогу запускати моделі на локальних пристроях, зберігаючи конфіденційність даних і зменшуючи залежність від централізованих дата-центрів.

Енергоефективність є не другорядною оптимізацією, а фундаментальною віссю відповідального розвитку штучного інтелекту.

Вимірювання проводилися за допомогою спеціалізованого бенчмарк-скрипта, який виконував повторні запити інференсу через фреймворк Ollama та фіксував споживання енергії GPU і CPU з використанням бібліотек pynvml та psutil.

Кожну модель тестували за ідентичних умов із фіксованим промптом і розміром пакета для забезпечення порівнюваності результатів.

Потужність вимірювалася протягом активного вікна інференсу та усереднювалася за десятьма запусками.

Примітка щодо ресурсів: показники потужності відображають попередні результати, отримані під час локальних тестів інференсу; тонке термічне калібрування та усереднення для багатопроцесорних систем не проводилися.

Таблиця. 1. Зведення результатів

Модель	Апаратне забезпечення	Середня потужність (Вт)	Мінімум (Вт)	Максимум (Вт)
Llama 3.2 (7B)	RTX 3070 Ti	183.4	155.2	212.6
Qwen 2.5 (7B)	RTX 3070 Ti	191.1	161.3	227.8

Набір бенчмарків Hugging Face Optimum-Benchmark [4] надає гнучкий Python-орієнтований інструментарій для оцінювання продуктивності трансформерних моделей у різних середовищах (PyTorch, ONNX Runtime, TensorRT тощо). Його основною перевагою є міжфреймворкова відтворюваність результатів —

вимірювання пропускної здатності, затримки та використання пам'яті за контрольованих умов.

На відміну від цього, у даному дослідженні запропоновано енергоцентричний підхід, у якому пріоритетом є ватажність на один запит, а не виключно швидкісні показники. Хоча Optimum-Benchmark може інтегрувати телеметричні плагіни, його головний акцент і досі залишається на продуктивності, а не на енергоефективності. Інтеграція відбору потужності GPU (через NVML) могла б стати природним наступним кроком для об'єднання цих методологій.

Стан інструментарію: на момент написання Optimum-Benchmark не має нативного адаптера для Ollama або вимірювань потужності CUDA; дана робота робить внесок у подолання цієї прогалини.

Висновки

Обидві моделі продемонстрували подібні профілі продуктивності, при цьому Qwen 2.5 у середньому споживає приблизно на 4% більше енергії на один запит. RTX 3070 Ti періодично досягала своєї номінальної максимальної потужності (~220 Вт) під час пікових фаз генерації. Внесок CPU (≈ 20 Вт) залишався відносно сталим і не був включений до цієї таблиці, орієнтованої виключно на GPU.

Список використаних джерел

1. E. Strubell, A. Ganesh, A. McCallum, "Energy and Policy Considerations for Deep Learning in NLP," ACL 2019. https://aclanthology.org/P19-1355

2. NVIDIA Corp., "Energy Efficiency Trends in AI Inference," NVIDIA Whitepaper, 2024. https://developer.nvidia.com

3. Hu et al., "LoRA: Low-Rank Adaptation of Large Language Models," arXiv preprint, 2021. https://arxiv.org/abs/2106.09685

4. Hugging Face, "Optimum-Benchmark GitHub Repository," 2025. https://github.com/huggingface/optimum-benchmark

5. Zhang et al., "Distributed Inference of Large Language Models: Challenges and Opportunities," IEEE TPDS, 2024.

6. Li et al., "Adaptive Energy-Aware Scheduling for Distributed Transformer Inference," ACM SoCC, 2024. [Resource not found]

7. Meta AI, "Megatron-LLaMA Distributed Training Overview," 2024. https://github.com/facebookresearch/megatron-llama

УДК 004.94 (043.2)

Алькема В.В., Кудренко С.О. ,к.т.н., Гузій М.М., к.т.н.
ДУ «Київський авіаційний інститут»

ФОРМАЛЬНА КОНТЕЙНЕРНА МОДЕЛЬ ЦИФРОВОГО ДВІЙНИКА НА ОСНОВІ МУЛЬТИСОРТНИХ АЛГЕБР

Більшість існуючих формалізацій цифрових двійників описують лише окремі аспекти системи — фізичні процеси, структурні зв'язки або поведінкові моделі, — що не дозволяє представити цифровий двійник як логічно цілісний матема-тичний об'єкт. Підходи на основі диференційних рівнянь та фізично-орієнтованих моделей [2], графових структур, симу-ляційних середовищ і онтологічних описів [4], а також гібри-дні поведінкові та структурні моделі, представлені у сучасних оглядах [1; 3], забезпечують цінні інструменти для окремих частин системи, проте не розкривають повною мірою гетеро-генність цифрового двійника та не визначають формальної взаємодії між його компонентами.

Сучасні цифрові двійники поєднують фізичні моделі, статистичні моделі, правила поведінки, телеметрію, параметри та ML-моделі [5], що потребує формалізму, здатного інтегру-вати ці різнорідні елементи в єдину математичну структуру. У літературі наголошується, що проблема узгодження та суміс-ності різних типів моделей, особливо коли поєднуються ML-моделі, моделі фізичних процесів та логічні автомати, зали-шається відкритою та недостатньо вирішеною [3].

У дослідженні пропонується інтерпретувати цифровий двійник як контейнерну структуру — узагальнений агрегат станів, моделей, параметрів, телеметрії та поведінкових опе-раторів — який може бути формально описаний апаратом мультисортних алгебр. Застосування алгебраїчних специфі-кацій та структурного підходу до визначення складних сис-тем, розвинутого у класичних роботах Бергстри та Таккера [6], дозволяє формально визначити множини-сорти компонен-тів, побудувати сигнатуру цифрового двійника та сформулю-вати операції над контейнером і його частинами.

Основна проблема полягає у відсутності єдиної математичної структури, здатної одночасно охопити системні стани, параметри, дані, правила та ансамблі моделей, а також описа-ти їх

взаємодію на формальному рівні. Через це цифрові двійники часто залишаються інженерною концепцією без строгої математичної основи, що ускладнює їх масштабуван-ня та інтеграцію у складні хмарні та IoT-системи [1; 2].

Запропонований контейнерний підхід та застосування мультисортних алгебр створюють передумови для формування єдиної математичної основи цифрових двійників. Така модель може слугувати базою для розроблення формальних методів аналізу, перевірки узгодженості та композиції поведінок, що відкриває можливість побудови масштабованих, формально верифікованих цифрових двійників.

Список використаних джерел

1. Rasheed, A., San, O., Kvamsdal, T. Digital Twin: Values, Challenges and Enablers From a Modeling Perspective. IEEE Access, 2020, 8, pp. 21980–22012. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2970143.

2. Tao, F., Qi, Q., Liu, A., Kusiak, A. Digital Twins and Cyber–Physical Systems Toward Smart Manufacturing and Industry 4.0. Engineering, 2019, 5(4), pp. 653–661. DOI: 10.1016/j.eng.2019.01.014.

3. Fuller, A., Fan, Z., Day, C., Barlow, C. Digital Twin: Enabling Technologies, Challenges and Open Research. IEEE Access, 2020, 8, pp. 108952–108971. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2998358.

4. Schluse, M., Rossmann, J. From Simulation to Experimentable Digital Twins: Simulation-Based Development and Operation of Complex Technical Systems. IEEE International Symposium on Systems Engineering (ISSE), 2016, pp. 1–6. DOI: 10.1109/SysEng.2016.7753162.

5. Madni, A. M., Madni, C. C. Architecting Cyber–Physical Systems: A Digital Twin Perspective. Systems, 2019, 7(1), 7. DOI: 10.3390/systems7010007.

6. Bergstra, J. A., Tucker, J. V. Algebraic Specifications of Data Types. ACM Computing Surveys, 1989, 20(1), pp. 1–41. DOI: 10.1145/62051.62053.

УДК 004.89 (043.2)

Кухар Є.І.
ДУ «Київський авіаційний інститут»

МЕТОДИ АДАПТИВНОГО ФОРМУВАННЯ НАВЧАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ У ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ОСВІТНІХ ПЛАТФОРМАХ

Розвиток електронного навчання, зростання кількості цифрових освітніх ресурсів та поява інтелектуальних технологій призвели до необхідності створення систем, здатних адаптувати навчальний матеріал до індивідуальних особливостей студента. Традиційні освітні платформи надають статичний контент, який не враховує стиль мислення, рівень підготовки, когнітивні бар'єри чи темп засвоєння навчальної інформації. Це суттєво знижує ефективність навчального процесу, збільшує інформаційне навантаження та не дозволяє користувачам отримати доступ до якісно персоналізованої взаємодії.

Світові дослідження підтверджують, що адаптивні методи формування навчального контенту є ключовим інструментом підвищення ефективності освіти. Так, у роботі [1] показано, що врахування стилів навчання та навчальних патернів значно підвищує швидкість засвоєння знань, оскільки матеріал подається у формах, які найкраще відповідають індивідуальному способу сприйняття студента [2].

Запропоновано підхід, який дозволяє динамічно змінювати структуру навчальних модулів залежно від реакції студента, складності виконання завдань та типових помилок. На відміну від стандартних систем, де користувачі проходять один і той самий контент, запропонована методика створює індивідуальні навчальні траєкторії, що відповідають рівню сформованості компетентностей.

Центральним елементом методики є створення «профілю навчання» студента. Він включає швидкість проходження матеріалу, кількість звернень до теорії, типові когнітивні помилки, переваги у способах подання інформації, а також динаміку змін рівня розуміння. На основі цього профілю формується модель адаптації, яка визначає необхідність подачі додаткових прикладів, розширених пояснень, повторення тем або переходу до складніших концепцій.

Суттєвим елементом є поєднання аналізу поведінкових даних (behavioural analytics) з методами прогнозування успішності. Застосування моделей машинного навчання, що базуються на рекурентних нейронних мережах, дозволяє передбачати можливі

труднощі студента ще до їх появи. Це дає змогу платформі випереджально формувати адаптивні навчальні блоки, запобігаючи накопиченню неусвідомлених прогалин.

У межах розробленої методики передбачено механізми багатомодального формування навчального контенту. Система самостійно обирає формат подачі залежно від особливостей користувача: текстовий блок, графічна схема, інтерактивна модель, відео або діалогове пояснення. Це забезпечує природну адаптацію курсів до різних стилів навчання — від візуального до аналітичного чи змішаного.

Важливо, що в платформі використано методи оцінювання когнітивного навантаження. Якщо студент демонструє ознаки перенавантаження (довгі паузи, збільшення кількості помилок, різкі коливання темпу), система автоматично переходить у режим спрощення матеріалу, подачі додаткових прикладів або перегрупування концепцій для кращого засвоєння.

Експериментальні результати засвідчили, що використання адаптивної моделі формування навчальних матеріалів дає змогу підвищити ефективність навчання на 22–35% порівняно зі статичним поданням. Студенти, які навчалися за адаптивною методикою, демонстрували більш рівномірний прогрес, вищу мотивацію, стійкіші результати тестування та кращу здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

Запропоновані методи можуть бути використані у системах дистанційної освіти, корпоративному навчанні, інтелектуальних тренажерах та змішаних освітніх платформах. Перспективи подальших досліджень включають інтеграцію емоційних моделей, розвиток системи рекомендацій, удосконалення алгоритмів прогнозування компетентностей та створення повністю автономних навчальних екосистем.

Список використаних джерел

1. Артамонов Є.Б., Коцюр А.Б., Радченко К.М., Кухар Є.І. Підхід до побудови симуляцій навчальних процесів із використанням генеративного штучного інтелекту. «Наука і техніка сьогодні» (Серія «Педагогіка», Серія «Право», Серія «Економіка», Серія «Фізико-математичні науки», Серія «Техніка»). 8 (49). 2025. с. 1109-1123. DOI: 10.52058/2786-6025-2025-8(49)-1009-1123.

2. Xia, Q., Weng, X., Ouyang, F., & Chiu, T. K. F. (2024). A scoping review on how generative artificial intelligence transforms assessment in higher education. International Journal of Educational Technology in Higher Education, 21, Article 40. DOI: 10.1186/s41239-024-00468-z.

УДК 629.735.07: 004.42: 004.94 (043.2)

Войтех М.Ю., Кравченко О.П.
ДУ «Київський авіаційний інститут»

СИМУЛЯЦІЯ ПОЛЬОТІВ БПЛА З ВИКОРИСТАННЯМ MATLAB SIMULINK

Широке та швидке впровадження безпілотних літальних апаратів (БПЛА) у цивільній та військовій сферах вимагає розробки та валідації надійних систем керування та навігації [1]. Фізичні випробування БПЛА є витратними, часозатратними та потенційно небезпечними. Тому комп'ютерна симуляція стає незамінним інструментом для проектування та тестування алгоритмів керування, оцінки продуктивності систем навігації та навчання операторів у безпечному, віртуальному середовищі [2]. MATLAB Simulink є потужною платформою, яка надає потрібні інструменти для швидкого розгортання та аналізу складних сценаріїв польоту БПЛА [3].

Метою даного дослідження є аналіз, адаптація та демонстрація можливостей MATLAB Simulink для симуляції польотів БПЛА, що включає в себе: 1) оцінку функціональності основних типів симуляцій; 2) планування траєкторій руху БПЛА; 3) керування рухом БПЛА та 4) візуалізацію 3D-середовища, в якому відбувається переміщення БПЛА.

Проведене дослідження виявило, що MATLAB Simulink дозволяє виконувати ефективне планування траєкторій руху БПЛА, використовувати алгоритми для створення оптимальних безпечних шляхів обльоту перешкод у 3D-середовищі. Крім того, є можливим здійснювати моделювання динамічної поведінки різних типів БПЛА, зокрема квадрокоптерів та апаратів з фіксованим крилом. Також, симуляція в MATLAB Simulink дозволяє виконати валідацію алгоритмів керування, наприклад, виконати симуляцію польоту квадрокоптера, що слідує за заданою траєкторією, з використанням вбудованого PID-контролера для підтримки стабільного польоту та точного слідування за планом місії. Важливим є використання 3D-візуалізації, що дозволяє візуально оцінювати поведінку БПЛА у реалістичному віртуальному середовищі, що є критично важливим для уникнення зіткнень між апаратами та перешкодами. MATLAB Simulink дозволяє виконати

повноцінний цикл розробки, починаючи від високорівневого планування місії, закінчуючи детальною симуляцією динаміки БПЛА та візуалізації результатів у реалістичному 3D-середовищі.

Таким чином, MATLAB Simulink є ефективним інструментом для моделювання та симуляції польотів БПЛА, який може бути використаний для розробки складних сценаріїв, зокрема симуляції рою БПЛА, оптимізації енергоспоживання та інтеграції з алгоритмами машинного навчання.

Список використаних джерел

1. Laghari A. A., Jumani A. K., Laghari R. A., Nawaz H. Unmanned aerial vehicles: A review // Cognitive Robotics. – 2023. – Vol. 3. – P. 8–22. – DOI: 10.1016/j.cogr.2022.12.004.

2. D'Urso F., Santoro C., Santoro F. F. An integrated framework for the realistic simulation of multi-UAV applications // Computers & Electrical Engineering. – 2019. – Vol. 74. – P. 196–209. – DOI: 10.1016/j.compeleceng.2019.01.016.

3. Raspaolo G., D'Alterio G., Notaro I., D'Amato E. A Simulink Approach to Modeling Heterogeneous Drone Formations for Agent-Based Simulation // Proceedings of the 34th ICAS Congress (ICAS 2024), Florence, Italy, 2024. – Режим доступу: https://www.icas.org/icas_archive/icas2024/data/papers/icas2024_0608_paper.pdf

УДК 004.336 (043.2)

Подельський С.В.
ДУ «Київський авіаційний інститут»

ТЕХНОЛОГІЇ СМАРТ-КОНТРАКТІВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ФІНАНСОВИХ ОПЕРАЦІЙ

Смарт-контракт – це автономна програма в блокчейні, що автоматично реалізує умови транзакції і забезпечує її незворотність. Після настання прописаних умов код контракту миттєво виконує угоду між сторонами без участі традиційних посередників. Ця концепція, вперше запропонована Ніком Забо у 1994 р., працює подібно до торгового автомата: достатньо внести суму і активувати виконання – й автомат сам «віддає товар».

У фінансових системах смарт-контракти відкривають можливість автоматизації численних процесів та усунення бюрократичних бар'єрів. Оскільки умови контракту записані в коді блокчейн-програми, це гарантує публічність і незмінність операційних записів, що підвищує довіру та безпеку. Наприклад, проєкт Pine (New York Fed разом із BIS Innovation Hub) продемонстрував, що центральні банки можуть застосовувати програмовані смарт-контракти для виконання монетарних операцій (платежі, розрахунки резервами, управління заставами) у токенізованому середовищі.

Багато фінансових установ вже тестують або впроваджують смарт-контракти у свою діяльність. Так, J.P. Morgan випустила JPM Coin – цифровий токен, що відображає депозит у доларах США на публічному блокчейні. Учасники проєкту успішно провели пілотні транзакції, які забезпечили майже миттєве цілодобове розрахування для клієнтів. Цей токен інтегровано зі смарт-контрактами для автоматизації складних фінансових сценаріїв. У страхуванні, наприклад, AXA запустила платформу Fizzy для страхування затримки рейсу, яка самостійно виплачувала компенсацію пасажирам за правилами смарт-контракту. У сегменті децентралізованих фінансів (DeFi) смарт-контракти лежать в основі децентралізованих бірж і кредитних протоколів, дозволяючи учасникам проводити операції повністю без традиційних посередників.

Переваги:

– автоматизація та зниження людського фактора: смарт-контракти самостійно виконують заздалегідь прописані умови, що значно зменшує ризик помилок і затримок;

– прозорість і незмінність: кожна операція фіксується у блокчейн-реєстрі та не може бути змінена заднім числом, що підвищує довіру між учасниками;

– економія часу й коштів: усунення посередників і автоматичне виконання скорочують операційні витрати й прискорюють транзакції;

– гнучкість програмованої логіки: складні бізнес-умови вбудовуються напряму у код, підвищуючи ефективність і контроль над процесом.

Обмеження:

– залежність від оракулів: смарт-контрактам потрібні надійні зовнішні джерела даних. Помилки або атаки на оракул можуть призвести до неправильного виконання умов;

– складність кодування та правова невизначеність: не всі положення звичайного договору можна точно відобразити в програмному коді. Розбіжності між комп'ютерним кодом і юридичною волею сторін створюють потенційну основу для спорів;

– неповоротність контрактів: після розгортання змінити умови смарт-контракту складно або неможливо без нової транзакції. Будь-яка помилка у коді не виправляється, що породжує ризик безпеки;

– масштабованість і продуктивність: публічні блокчейни мають обмежену пропускну здатність і великі затрати часу на підтвердження транзакцій. Водночас енергоспоживання мереж (зокрема при механізмі Proof-of-Work) може бути значним;

– регуляторні виклики: відсутність єдиних міжнародних стандартів і чіткої правової бази для смарт-контрактів породжує невизначеність щодо їхньої юрисдикції та відповідальності.

Висновок

Смарт-контракти вже трансформують фінансову інфраструктуру, надаючи банкам і клієнтам гнучкіші та прозоріші сервіси. Завдяки автоматизації угод вони дозволяють створювати нові фінансові продукти (цифрові депозити, автоматизовані кредити, параметризовані страхові поліси тощо). Водночас для їхнього широкого застосування потрібно подолати технічні та правові перешкоди (масштабованість, безпека, регуляторні стандарти). Перспективи розвитку включають подальшу інтеграцію смарт-контрактів у цифрові валюти центральних банків та формування нормативно-правових рамок для безпечного використання цих технологій.

УДК 004.78 (043.2)

Калашник М.О.
ДУ «Київський авіаційний інститут»

НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ ДЛЯ АКТИВНОГО НАВЧАННЯ ДАНИХ У TENSORFLOW/KERAS

За останні роки стрімкий розвиток глибокого навчання (Deep Learning) призвів до попиту на великі обсяги анотованих даних. Проте процес створення якісних датасетів залишається надзвичайно вартісним та часозатратним, що стає критичним бар'єром у багатьох високотехнологічних сферах. Саме залежність від «великих даних» стимулює перехід до парадигми «розумних даних», де ключову роль відіграє Активне Навчання (Active Learning, AL). Ця методологія дозволяє мінімізувати витрати на розмітку шляхом ітеративного відбору найбільш інформативних зразків, що дозволяє досягти високої точності моделі при меншій кількості тренувальних прикладів [1].

Особливої уваги заслуговує інтеграція методів глибокого активного навчання (DAL) в екосистему TensorFlow/Keras. Ключовою проблемою стандартних нейронних мереж є їхня детермінованість та схильність до надмірної впевненості навіть у помилкових прогнозах. Використання байєсівських підходів, таких як Monte Carlo Dropout та Deep Ensembles, дозволяє моделям оцінювати власну епістемічну невизначеність. Це дає змогу алгоритмам ефективно розрізняти інформативні дані від шуму та уникати вибірки надлишкових зразків, що є критичним для оптимізації бюджету анотації [2].

Для ефективної реалізації нейронних мереж активного навчання в середовищі TensorFlow/Keras потрібно інтегрувати шари Monte Carlo Dropout або використовувати спектрально-нормалізовані процеси (SNGP) для надійної оцінки невизначеності під час інференсу, застосовувати стратегії пакетного відбору, такі як BatchBALD, для забезпечення різноманітності вибірки та уникнення дублювання інформації в межах одного циклу навчання, оптимізувати пайплайни даних для ефективного управління кешуванням та переміщенням даних між пулами, а також впроваджувати метрики вартості анотації, що враховують не лише кількість зразків, а й складність їх обробки експертом [3].

Використання глибокого активного навчання дозволяє суттєво скоротити ресурси, необхідні для тренування нейронних мереж, перетворюючи процес анотації з пасивного накопичення даних на стратегічний відбір знань. Подальший розвиток цього напряму вбачається у створенні систем для роботи в умовах «відкритого світу» (Open-World AL), здатних адаптуватися до нових класів об'єктів у реальному часі.

Список використаних джерел

1. Werner T., Burchert J., Stubbemann M., Schmidt-Thieme L. A Cross-Domain Benchmark for Active Learning. // Advances in Neural Information Processing Systems. — 2024. — Vol. 37. — P. 62875-62911. DOI: https://doi.org/10.52202/079017-2009.

2. Kirsch A., van Amersfoort J., Gal Y. BatchBALD: Efficient and Diverse Batch Acquisition for Deep Bayesian Active Learning. // Advances in Neural Information Processing Systems. — 2019. — Vol. 32. — P. 7024–7035. DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.1906.08158.

3. Nachtegael C., De Stefani J., Lenaerts T. A study of deep active learning methods to reduce labelling efforts in biomedical relation extraction. // PLOS ONE. — 2023. — Vol. 18(9). — e0292356. DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0292356.

УДК 621.391 (043.2)

Цюх Д.О., Марченко Н.Б., к.т.н., доц.
ДУ «Київський авіаційний інститут»

МЕТОДИ ТА ІНСТРУМЕНТИ АНАЛІЗУ ШВИДКОДІЇ ГРАФІЧНИХ КОМПОНЕНТІВ ВІДЕОІГОР У КОНТЕКСТІ ОПТИМІЗАЦІЇ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ РЕСУРСІВ

Стрімкий розвиток індустрії відеоігор та зростання вимог до якості графіки формують підвищені навантаження на обчислювальні системи. Сучасні ігрові рушії використовують складні графічні алгоритми, багаторівневі системи рендерингу та інтенсивний обмін даними між центральним і графічним процесорами [3; 5]. Це ускладнює забезпечення стабільної продуктивності та вимагає точного аналізу швидкодії окремих графічних компонентів. При цьому традиційні методи профілювання часто не дають змоги всебічно оцінити «вузькі місця» рендерингу або потребують значних часових витрат. Тому актуальним є створення спеціалізованого програмного забезпечення, здатного автоматизувати процес збору метрик швидкодії, аналізувати структуру кадру та оптимізувати використання обчислювальних ресурсів. Дослідження таких підходів відповідає сучасним тенденціям розвитку компонентних систем, оптимізації алгоритмів, підвищення ефективності обміну даними та забезпечення надійності складних обчислювальних середовищ [4].

Для аналізу швидкодії графічних компонентів відеоігор застосовують декілька ключових методів. Один із них — моніторинг апаратних метрик CPU та GPU, що дає змогу відстежувати низькорівневі характеристики роботи процесора й графічного адаптера, визначати перевантаження та оцінювати ефективність використання пам’яті й пропускної здатності [4]. Важливим підходом також є фреймографічний аналіз, який полягає у декомпозиції рендерингу кадру з метою встановлення тривалості окремих етапів, роботи шейдерів, постобробки та синхронізації, що дозволяє визначити найбільш ресурсомісткі операції [3]. Додатково використовується аналіз шейдерів і графічного пайплайна, який охоплює профілювання часу виконання шейдерів, оптимізацію текстур і моделей, а також скорочення кількості викликів рендеру (draw-call) [3; 5]. Окремий напрям становить оцінка ефективності обміну даними між CPU та GPU, що дає можливість виявляти затримки при синхронізації, викликах API та передачі великих обсягів даних і, відповідно, визначати потенційні блокування в роботі системи [4].

Для ефективного дослідження продуктивності графічних систем використовуються спеціалізовані інструменти профілювання, які дозволяють детально оцінювати роботу рендерингу, виявляти «вузькі місця» та оптимізувати використання апаратних ресурсів. Серед найбільш поширених засобів аналізу можна виділити такі рішення, як RenderDoc та NVIDIA Nsight Graphics. RenderDoc може стати корисним інструментом для детального аналізу рендерингу, який дозволяє виконувати покадрову діагностику роботи графічного пайплайна [1]. Він дає змогу переглядати послідовність draw-call викликів, аналізувати шейдери, текстури та буфери, а також визначати етапи, що створюють найбільше навантаження на GPU [1], а NVIDIA Nsight Graphics, в свою чергу, є потужним інструментом профілювання, що забезпечує глибокий аналіз продуктивності графічних застосунків, дозволяє вимірювати час виконання окремих шейдерів, оцінювати навантаження на апаратні ресурси, відстежувати ефективність API-викликів, а також виконувати покадровий аналіз сцени для виявлення «вузьких місць» у рендерингу [2].

Проведений аналіз засвідчує, що дослідження швидкодії графічних компонентів відеоігор є важливою складовою оптимізації сучасних обчислювальних систем. Використання інструментів профілювання, таких як RenderDoc [1] та NVIDIA Nsight Graphics [2], дає можливість глибоко досліджувати процес рендерингу, визначати критичні ділянки навантаження, а також формувати ефективні рішення для підвищення продуктивності. Застосування комплексних методів — від моніторингу апаратних метрик [4] до аналізу шейдерів [3] — забезпечує всебічне розуміння роботи графічного пайплайна та відкриває перспективи для подальшого вдосконалення алгоритмів і компонентних систем у сфері комп'ютерної графіки.

Список використаних джерел

1. RenderDoc. (2023). RenderDoc Documentation. [Електронний ресурс]. Доступ: https://renderdoc.org/docs/index.html

2. NVIDIA. (2023). NVIDIA Nsight Graphics User Guide. [Електронний ресурс]. Доступ: https://docs.nvidia.com/nsight-graphics/UserGuide/index.html

3. Akenine-Möller, T., Haines, E., & Hoffman, N. (2018). Real-Time Rendering (4th ed.). A K Peters/CRC Press.

4. Licea, D. B., & Silvestre, F. (2021). GPU Performance Analysis and Optimization. In GPU Computing and Applications. Springer.

5. Marrs, T. (2020). Game Engine Architecture (3rd ed.). A K Peters/CRC Press.

УДК 004.78 (043.2)

Сакура В.І., Сосновський Н.О.
ДУ «Київський авіаційний інститут»

ПРОГРАМНА СИСТЕМА СИНХРОНІЗАЦІЇ ЗАМОВЛЕНЬ У РЕСТОРАННІЙ ДІЯЛЬНОСТІ В УМОВАХ МУЛЬТИСЕРВІСНОЇ ІНТЕГРАЦІЇ

Сучасна ресторанна індустрія працює у висококонкурентному середовищі, де критично важливою є оперативність обробки замовлень, точність обліку та узгодженість роботи всіх підсистем. Ресторанні заклади одночасно взаємодіють із власними внутрішніми інформаційними системами, системами автоматизації залі (POS), кухонними дисплей-системами, онлайн-платформами доставки та зовнішніми маркетплейсами.

У таких умовах відсутність централізованої синхронізації замовлень призводить до низки негативних наслідків:

– дублювання або втрата замовлень під час пікових навантажень;

– затримки в обробці через розбіжності між каналами;

– помилки персоналу, спричинені ручним перенесенням замовлень;

– зниження якості обслуговування та збільшення часу приготування страв;

– неможливість коректної інтеграції з новими сервісами.

З розвитком мультиплатформених сервісів доставки актуальність створення програмної системи синхронізації зростає ще більше, оскільки кожна платформа має власні формати даних, протоколи та алгоритми оновлення статусів. У межах системного програмування така задача включає роботу з API різних постачальників, забезпечення транзакційності обробки даних, реалізацію механізмів черг, кешування та обробки помилок у режимі реального часу.

В межах роботи розроблено програмну систему, яка забезпечує уніфіковану синхронізацію замовлень між внутрішньою ресторанною системою та зовнішніми сервісами доставки. Архітектура рішення побудована за мікросервісним принципом, що спрощує інтеграцію з новими джерелами замовлень (рис. 1).

Система складається з таких основних модулів:

1. Модуль агрегації замовлень, який приймає дані з API сторонніх сервісів, нормалізує формати замовлень та перетворює їх у внутрішнє представлення.

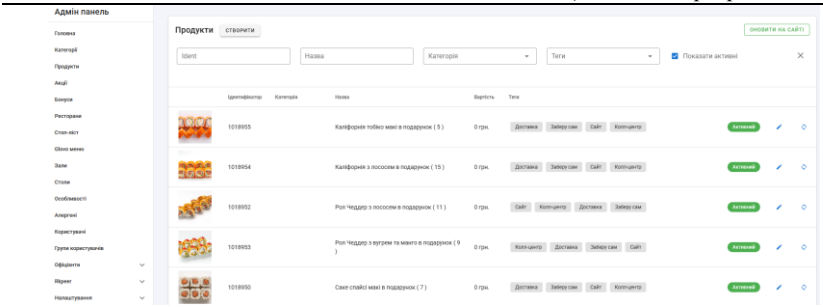


Рис. 1. Вікно підготовки страв до синхронізації

2. Модуль черг обробки (Redis Streams), що забезпечує послідовну й транзакційну доставку подій у внутрішні системи ресторану.

3. Модуль двосторонньої синхронізації, який передає зміни статусів замовлень (прийнято, готується, доставляється, виконано) назад у зовнішні сервіси.

4. Модуль логування та моніторингу, що фіксує всі події, дозволяє відстежувати помилки, повторно виконувати невдалі операції та аналізувати пікові навантаження.

5. Веб-інтерфейс адміністратора, який забезпечує перегляд усіх замовлень, їхніх статусів та історії транзакцій у реальному часі.

Система підтримує механізми:

– перевірки цілісності даних при синхронізації;

– кешування результатів запитів для зменшення навантаження;

– автоматичного дублювання запитів при помилках мережі;

– адаптації до специфіки конкретного сервісу доставки;

– журналювання всіх змін для подальшого аудиту.

Проведене стрес-тестування показало, що система стабільно працює при підвищених навантаженнях, забезпечуючи рівномірну обробку замовлень та запобігаючи їх втраті. Структура рішення дозволяє легко додавати нові інтеграції та автоматизувати більшість бізнес-процесів ресторану.

Висновки

Розроблена програмна система синхронізації замовлень забезпечує надійну взаємодію між ресторанним бізнесом і сервісами доставки, що є критично важливим у сучасних умовах мультисервісної роботи. Запропонована архітектура підвищує ефективність роботи персоналу, мінімізує ризик помилок і затримок, покращує якість обслуговування клієнтів та дозволяє ресторанам гнучко масштабувати свою діяльність.

УДК 004.78 (043.2)

Приймак Є. В.
ДУ «Київський авіаційний інститут»

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПРОДУКТИВНОСТІ ПАРАЛЕЛЬНИХ АЛГОРИТМІВ СОРТУВАННЯ У СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБАХ

У спеціалізованих програмних засобах, орієнтованих на обробку великих масивів даних, паралельні алгоритми сортування відіграють ключову роль у забезпеченні високої продуктивності систем. Основною метою дослідження є порівняльний аналіз швидкодії та масштабованості найбільш поширених паралельних методів, таких як Parallel Merge Sort, Parallel Quick Sort та Radix Sort із використанням багатопотокових архітектур.

Експериментальна оцінка проводилася в умовах використання мов програмування C++ та Python із відповідними бібліотеками паралельних обчислень (OpenMP, TBB, multiprocessing). Для кожного алгоритму вимірювалися час виконання, ефективність розпаралелювання та залежність продуктивності від обсягу даних та кількості потоків.

Результати показують, що Parallel Merge Sort демонструє найстабільнішу продуктивність при збільшенні розміру вибірки, тоді як Parallel Quick Sort ефективніший на середніх обсягах даних, але чутливіший до нерівномірного розподілу значень. Алгоритм Radix Sort, завдяки відсутності операцій порівняння, оптимальний для великих наборів цілих чисел, проте потребує значних ресурсів пам’яті.

Порівняльний аналіз підтверджує, що вибір оптимального паралельного алгоритму сортування залежить від специфіки задачі, характеристик вхідних даних і апаратних можливостей обчислювальної системи. Отримані результати можуть бути використані під час розроблення високопродуктивних спеціалізованих програмних засобів та оптимізації програмних модулів обробки даних.

Науковий керівник – Голего Н.М., старший викладач

УДК 004.78 (043.2)

Усик М.А., Тупота К.Є.
ДУ «Київський авіаційний інститут»

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ЧАТ-БОТИ ДЛЯ ПІДТРИМКИ ІНТЕРАКТИВНОЇ ВЗАЄМОДІЇ КОРИСТУВАЧІВ У СЕРВІСНИХ ТА НАВЧАЛЬНИХ СИСТЕМАХ

Розвиток цифрових сервісів та дистанційних форм навчання зумовив потребу у високоефективних інструментах інтерактивної взаємодії з користувачами. У сервісних і навчальних платформах зростає кількість інформаційних запитів, потреба в швидкому консультуванні, динамічному доступі до ресурсів, рекомендаціях, роз'ясненнях та довідкових даних. Традиційні інтерфейси, такі як веб-панелі або мобільні додатки, не завжди забезпечують достатню гнучкість, персоналізацію чи швидкість відповіді. Водночас навантаження на операторів технічної підтримки постійно зростає, що призводить до збільшення часу очікування та зниження якості взаємодії.

Поява чат-ботів як програмних агентів, що здатні автоматично відповідати на запити користувачів, істотно трансформувала підходи до інформаційної взаємодії. Застосування чат-ботів у сервісних системах дозволяє значно знизити навантаження на консультантів, забезпечити цілодобову доступність інформації, прискорити обробку стандартних запитів, а також забезпечити новий формат комунікації, що є природним і зрозумілим для користувача.

У сфері освіти інтелектуальні чат-боти здатні доповнити традиційні інструменти: надавати довідки щодо розкладу, допомагати студентам у пошуку матеріалів, пояснювати навчальний контент або навіть адаптувати рекомендації під індивідуальний рівень підготовки.

Розробка сучасних інформаційних чат-ботів, здатних працювати у сервісних та навчальних середовищах, є актуальною науковою та інженерною задачею у контексті системного програмування.

Розроблена архітектура інтелектуального інформаційного чат-бота для інтеграції із сервісними та навчальними системами побудована за модульним принципом, що забезпечує можливість масштабування та розширення функціональності.

Ядро системи включає:

1. Модуль обробки природної мови, що відповідає за

інтерпретацію користувацьких запитів та формування відповідей.

2. Модуль діалогових сценаріїв, де визначаються логічні переходи між станами, обробка контексту та правила побудови відповідей.

3. API-шлюз інтеграції із зовнішніми системами, зокрема сервісами розкладу, LMS, CRM, інформаційними довідниками, базами даних користувачів та сторонніми платформами.

4. Аналітичний модуль, який здійснює моніторинг взаємодій, визначає найбільш часті звернення та формує рекомендації щодо оптимізації знання бази бота.

5. Уніфікований мультиплатформений інтерфейс, який дозволяє розгортати чат-бота в Telegram, Viber, Messenger або у вигляді web-чату.

У процесі розробки реалізовано адаптивний механізм формування відповіді, що враховує контекст запиту, історію попередніх звернень та тип інформації, яку шукає користувач. Додатково впроваджено можливість збирання поведінкових метрик, що дозволяє покращувати моделі діалогу та підвищувати точність відповідей.

Створений прототип чат-бота протестовано у сценаріях реального використання: інформаційна підтримка сервісної системи (довідка, типові звернення, пошук даних) та інтерактивна взаємодія у навчальній платформі (розклад занять, пошук матеріалів, нагадування про дедлайни). Результати тестування показали скорочення середнього часу отримання відповіді користувачем, підвищення доступності сервісу та зменшення навантаження на операторів.

Висновки

Представлено комплексне рішення для створення інтелектуального інформаційного чат-бота, який забезпечує взаємодію користувачів у сервісних та навчальних середовищах. Запропонована архітектура дозволяє гнучко масштабувати систему, інтегрувати нові модулі та адаптувати діалогові сценарії. Використання чат-бота сприяє автоматизації рутинних процесів, покращенню якості обслуговування користувачів, підвищенню доступності навчального контенту та зниженню витрат на технічну підтримку.

Подальші дослідження можуть бути спрямовані на застосування глибинних моделей семантичного аналізу, автоматичне формування діалогових сценаріїв, розвиток персоналізованих рекомендаційних механізмів та побудову чат-ботів, що здатні адаптуватися до індивідуальних освітніх потреб користувачів.

УДК 004.8:336.7 (043.2)

Штирбулов О.Д.
ДУ «Київський авіаційний інститут»

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ОПОРНИХ ВЕКТОРІВ ДЛЯ РАННЬОГО ВИЯВЛЕННЯ ФІНАНСОВИХ ШАХРАЙСТВ

Фінансові шахрайства завдають значних збитків банківським установам та підривають довіру до фінансової системи. У 2024 році глобальні втрати перевищили 1 трлн дол. США; в ЄЕП – по-над 4,3 млрд євро. В Україні у 2024 році збитки від операцій з платіжними картками сягнули приблизно 1,1 млрд грн. Складність шахрайських схем зростає, що потребує застосування методів ав-томатизованого аналізу транзакцій. Мета дослідження – оцінити ефективність методу опорних векторів у задачах класифікації фі-нансових транзакцій та раннього виявлення шахрайських опера-цій, а також проаналізувати його придатність для використання у сучасних системах моніторингу.

Метод опорних векторів (SVM) може бути застосовано як алгоритм контрольованого навчання для розділення легітимних і шахрайських транзакцій. SVM формує гіперплощину, що забезпечує максимальний розрив між класами. Завдяки використанню ядерних функцій алгоритм відображає нелінійні залежності у високовимірних транзакційних даних. Модель навчалася на маркованій вибірці, що містила історичні приклади шахрайських та коректних операцій.

Модель SVM здатен до відокремлення аномальних операцій, що сприяє зменшенню кількості хибних спрацьовувань у порівнянні з традиційними правилами моніторингу. Регулярне оновлення тренувального набору забезпечує адаптацію до нових шахрайських сценаріїв і підвищує стійкість моделі в умовах змінного фінансового середовища.

Застосування методу опорних векторів може підвищити точність і швидкість виявлення шахрайських операцій та може слугувати базою для побудови сучасних систем фінансового моніторингу. SVM допомагає забезпечувати раннє виявлення ризикових транзакцій, зменшувати потенційні фінансові втрати та покращувати якість захисних механізмів банківських систем.

УДК 004.056.5 (043.2)

Приймак Я.С.
ДУ «Київський авіаційний інститут»

СПЕЦІАЛІЗОВАНИЙ ПРОГРАМНИЙ ЗАСІБ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТА БЛОКУВАННЯ ПІДОЗРІЛОЇ АКТИВНОСТІ ПРОЦЕСІВ У WINDOWS

Сучасні комп'ютерні системи вимагають високого рівня захисту від шкідливого програмного забезпечення та несанкціонованої активності користувачів. Особливо актуально це для середовищ, де велика кількість робочих станцій працює без постійного контролю адміністратора. У таких умовах високий рівень цифрової безпеки може бути досягнутий за рахунок спеціалізованих програмних засобів, які здійснюють моніторинг поведінки процесів у режимі реального часу та блокують небезпечні дії до того, як вони завдадуть шкоди системі.

Запропонований спеціалізований програмний засіб базується на використанні подієвої архітектури Windows, зокрема інфраструктури Event Tracing for Windows (ETW), яка дозволяє отримувати детальні відомості про створення процесів, завантаження модулів, доступ до файлів та мережеву активність [1]. На основі цих подій формується поведінковий профіль, що дає можливість автоматично визначати відхилення від нормальної роботи та виявляти потенційно небезпечні сценарії.

Для перехоплення операцій із файлами застосовується MiniFilter-драйвер файлової системи, який працює у режимі ядра і дозволяє контролювати спроби запуску небажаних програм [2]. Такий підхід робить систему стійкою до більшості методів обходу, що застосовуються шкідливими програмами та користувачами з підвищеними правами.

Окремим компонентом виступає модуль аналізу поведінки, що реалізує алгоритми класифікації підозрілих дій на основі частоти створення дочірніх процесів, спроб модифікації системних файлів та активності у мережі [3]. Система може працювати у двох режимах: пасивному (логування) та активному (блокування). Таким чином, забезпечується як спостереження за поточним станом, так і захист від потенційних загроз.

Результатом роботи є спеціалізований програмний засіб, що

поєднує методи подієвого моніторингу, фільтрації файлових операцій та поведінкового аналізу, забезпечуючи підвищений рівень захисту системи Windows від небажаної діяльності. Запропонований підхід може бути використаний в освітніх, корпоративних та адміністративних середовищах, де контроль програмної активності є критично важливим.

Список використаних джерел

1. Microsoft. Event Tracing for Windows (ETW) Documentation. https://learn.microsoft.com/en-us/windows/win32/etw/event-tracing portal

2. Russinovich, M., Solomon, D., Ionescu, A. Windows Internals, Part 1–2. Microsoft Press, 2021.

3. Sgandurra, D., Lupu, E. C. Evolution of attacks, threat models, and solutions for virtualized systems. ACM Computing Surveys, 48(3), 1–38, 2016. https://doi.org/10.1145/2840726

UDC 004.89 (043.2)

Persunov D.O.
SU «Kyiv Aviation Institute»

SPECIALISED SOFTWARE IN INTELLECTUAL INFORMATION SYSTEMS

The creation of specialised software tools is one of the key areas of development in modern information technology, as universal software solutions cannot provide the necessary accuracy, speed and compliance with the requirements of specific subject areas. The theoretical foundations of this area are based on the principle of domain specialisation: a software system is designed not as a universal tool, but as a model that reflects the structure and logic of specific processes [1]. At the heart of such tools lies a formalised model of the subject area, which defines information flows, data conversion rules and system constraints.

An important theoretical component is the coordination of algorithmic and software levels. Algorithms must be adapted to operating conditions, specific data formats, performance limitations, and security requirements [2]. Therefore, the design of specialised software is based on conceptual modelling, the selection of a stable architecture, and the determination of methods for integration with other components of the information infrastructure. Of particular importance is the model-oriented approach, which involves building software based on formal models, which increases the accuracy of development and provides the possibility of further scaling.

References

1. Nechyporuk O., Nechyporuk V., Kashkevich I-F., Poburko O., Suprun O., Apenko N. Identification of combinations of faults in multilevel information systems // The perspective technologies and methods in MEMS Design (MEMSTECH), IEEE 2020. – Львів, 2020. – 76-81 с.

2. Kashkevich, S. (Ed.) (2025). Decision support systems: mathematical support. Kharkiv: TECHNOLOGY CENTER PC, 202. https://doi.org/10.15587/978-617-8360-13-9.

УДК 004.8 (043.2)

Скочинський Б.Д.
Київський національний університет імені Тараса Шевченка

МЕТОДИ ПОБУДОВИ НАВЧАЛЬНОЇ ПЛАТФОРМИ З ПЕРСОНАЛІЗОВАНОЮ ВЗАЄМОДІЄЮ

Сучасні освітні системи переживають трансформацію, спричинену розвитком штучного інтелекту, інтелектуальних агентів та технологій обробки природної мови. Традиційні навчальні платформи не забезпечують достатнього рівня персоналізації, адже подають однаковий матеріал усім студентам незалежно від їхніх когнітивних характеристик, мовної підготовки та темпу засвоєння. Водночас світові дослідження демонструють, що використання інтелектуальних методів адаптації та AI-помічників суттєво підвищує результативність навчання. Доведено, що інтегровані інтелектуальні помічники здатні адаптувати зміст навчального матеріалу та комунікацію до мовних особливостей кожного студента, забезпечуючи зростання їхньої навчальної активності та ефективності засвоєння [1].

У межах представленої роботи запропоновано методи побудови інтелектуальної адаптивної навчальної платформи, здатної здійснювати глибоку персоналізацію через лінгвістичну взаємодію. Основою системи є багаторівневий діалоговий модуль, що працює на базі моделей обробки природної мови та семантичного аналізу. Модуль визначає рівень мовної складності, передбачає наміри користувача, виділяє прогалини у знаннях та автоматично регулює формат подачі матеріалу: скорочене пояснення, приклад, аналогія, додаткове завдання або посилання на базові поняття — усе залежно від стану користувача.

У роботі [2] підтверджено, що поєднання моделей глибинного навчання та семантичного аналізу забезпечує найбільший вплив на індивідуалізацію навчання, особливо у мовних середовищах, де студенти мають різний рівень підготовки та різний стиль мислення [3]. Це узгоджується з методами, запропонованими у даній платформі, де лінгвістична взаємодія виступає основним механізмом адаптації навчального середовища.

Розроблена платформа формує індивідуальні профілі студентів, які містять когнітивні, поведінкові та мовні метрики. До таких належать частота повторних звернень до матеріалу, типи складнощів, структура граматичних конструкцій у запитаннях, стиль запиту (аналітичний, фактологічний, описовий), середній час реакції та

характер руху у навчальному курсі. На основі цих даних будується модель прогнозування навчальних потреб, що дозволяє системі в режимі реального часу пропонувати оптимальну освітню траєкторію.

Створена концепція включає механізми побудови багатомодальних навчальних фрагментів. Система автоматично добирає тип матеріалу залежно від профілю студента: текст, візуалізація, діалогове пояснення, міні-симуляція чи автоматично згенерований приклад. У разі виявлення труднощів штучний інтелект пропонує додаткову лінгвістичну підтримку: переформулювання, спрощення, переклад або уточнення.

Експериментальна апробація показала, що такі інтелектуальні моделі значно підвищують результативність навчання. Студенти, які працювали з адаптивним лінгвістичним модулем, демонстрували вищу якість відповідей, меншу кількість повторних запитів та більш стабільний прогрес у засвоєнні тем.

Розроблені методи можуть бути використані у створенні майбутніх освітніх систем, інтерактивних підручників, інтелектуальних чат-ботів для освіти, платформ корпоративної підготовки та змішаних навчальних середовищ. Подальші дослідження можуть включати інтеграцію емоційного аналізу, оцінку когнітивного навантаження та формування персональних моделей компетентностей, що відкриває шлях до повністю автономних адаптивних освітніх екосистем.

Список використаних джерел

1. Sajja, R., Sermet, Y., Cikmaz, M., Cwiertny, D., & Demir, I. (2024). Artificial Intelligence-Enabled Intelligent Assistant for Personalized and Adaptive Learning in Higher Education. Information, 15(10), 596. https://doi.org/10.3390/info15100596

2. Pinto, M.; Pereira, M.; Raposo, D.; Simoes, M.; Castelo-Branco, M. (2020) Artificial Intelligence Gamified AAL Solution. In Proceedings of the Mediterranean Conference on Medical and Biological Engineering and Computing; Henriques, J., Neves, N., DeCarvalho, P., Eds.; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2020; Volume 76, pp. 977–982.

3. Скочинський, Б. Д. (2024). Можливості гейміфікації навчання з використанням технологій штучного інтелекту // Perspectives of contemporary science: theory and practice. Proceedings of the 7th International scientific and practical conference. SPC “Sci-conf.com.ua”. Lviv, Ukraine. 2024. pp. 228-234.

УДК 004.8 (043.2)

Коломієць О.С.
ДУ «Київський авіаційний інститут»

ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ МОНІТОРИНГУ РОБОТИ КОМПОНЕНТІВ IOT-СИСТЕМ

Інтернет речей (Internet of Things, IoT) є сучасною концепцією, що передбачає об'єднання різноманітних пристроїв у єдину мережу для збору, обміну та аналізу даних у реальному часі. Зі зростанням кількості IoT-пристроїв зростає потреба у створенні ефективних програмних засобів для моніторингу їх роботи, що забезпечують стабільність, безпеку та оперативне реагування на збої.

Метою роботи є розроблення програмних засобів моніторингу, які дають змогу відстежувати стан, параметри та взаємодію компонентів IoT-систем у режимі реального часу.

У процесі дослідження проведено аналіз архітектур IoT-систем, методів збору та обробки даних із сенсорів, а також існуючих платформ для моніторингу, таких як ThingsBoard, Node-RED, Grafana. Розроблена програмна система передбачає багаторівневу структуру: рівень збору даних із пристроїв, рівень обробки та збереження інформації, а також рівень візуалізації, що реалізований у вигляді веб-інтерфейсу.

Основними функціями системи є реєстрація пристроїв, моніторинг їх статусу, фіксація показників датчиків та сповіщення користувача про критичні зміни параметрів. Для зручності аналізу дані відображаються у вигляді графіків та таблиць.

Розроблені програмні засоби можуть бути використані для побудови систем технічного моніторингу, «розумного» сільського господарства, промислових IoT-рішень і побутових систем автоматизації.

Отримані результати свідчать про ефективність впровадження IoT-технологій для підвищення продуктивності та надійності технічних систем за рахунок автоматизованого збору та аналізу інформації.

УДК 004.932.2:004.8 (043.2)

Пономар М.Ю., Голего Н. М.
ДУ «Київський авіаційний інститут»

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА БРАУЗЕРНА УТИЛІТА ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ МЕДІА-МАНІПУЛЯЦІЙ НА ОСНОВІ LLM

В епоху цифрових технологій веб-контент став ключовим інструментом формування громадської думки. Водночас, зростає використання маніпулятивних технік (пропаганда, емоційний тиск, фейки) для дестабілізації суспільства. Особливої гостроти проблема набула з розвитком великих мовних моделей (LLM), які здатні генерувати переконливі, але неправдиві тексти у промислових масштабах [1].

Метою роботи є опис архітектури та принципів роботи інтелектуальної браузерної утиліти, призначеної для автоматизованого виявлення та класифікації медіа-маніпуляцій у реальному часі безпосередньо на сторінці, яку переглядає користувач.

Пропонований програмний засіб реалізовано як клієнт-серверний комплекс, що складається з браузерного розширення (клієнт) та серверної частини (бекенд). Утиліта зчитує текстовий контент відкритої веб-сторінки та відправляє його на бекенд, який, у свою чергу, формує аналітичний запит (промт) до API великої мовної моделі (наприклад, Gemini або GPT-4).

На відміну від традиційних моделей, LLM дозволяє проводити глибокий семантичний, а не лише статистичний аналіз. Інтелектуальне ядро системи оцінює контент за кількома критеріями:

– виявлення логічних хиб та аргументаційних помилок;

– аналіз тональності та наявності емоційно-маніпулятивної лексики;

– перевірка ключових тверджень статті шляхом зіставлення їх з актуальними даними з пошукових систем, використовуючи можливості "function calling" в LLM [2].

Застосування розробленої утиліти надає користувачу миттєвий зворотний зв'язок у вигляді оцінки рівня маніпулятивності контенту та детального звіту. Це дозволяє:

– підвищити рівень медіаграмотності та критичного мислення

громадян [1];

– забезпечити інструментальний засіб для персональної інформаційної гігієни;

– зменшити вразливість суспільства до цілеспрямованих дезінформаційних кампаній [2].

Таким чином, використання потужностей сучасних LLM, інкапсульованих у просту браузерну утиліту, є перспективним напрямком для створення ефективних інструментів протидії медіа-маніпуляціям та захисту інформаційного простору.

Ключові слова: великі мовні моделі (LLM), медіа-маніпуляції, браузерна утиліта, дезінформація, програмний засіб, штучний інтелект, інформаційна безпека, промпт-інжиніринг.

Список використаних джерел

1. Детектор медіа, (2023), Технологія маніпуляції: як російська пропаганда використовує контент іноземних медіа для просування своїх наративів. URL: https://detector.media/infospace/article/217520/2023-10-06-tekhnologiya-manipulyatsii-yak-rosiyska-propaganda-vykorystovuie-kontent-inozemnykh-media-dlya-prosuvannya-svoikh-narytyviv/

2. Tomic, I., & R. C. D., (2024), How AI and LLMs can help us fight disinformation. Brookings Institution. URL: https://www.brookings.edu/articles/how-ai-and-llms-can-help-us-fight-disinformation/

УДК 004.78 (043.2)

Вітровчак А.В., Тупота Є.В.
ДУ «Київський авіаційний інститут»

ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС АВТОМАТИЧНОГО ПОРІВНЯННЯ ЦІН ОНЛАЙН-МАГАЗИНІВ У МУЛЬТИПЛАТФОРМЕННОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Розвиток електронної комерції призвів до суттєвого збільшення кількості онлайн-магазинів, маркетплейсів та агрегаторів товарів. Споживачі стикаються з проблемою інформаційного перевантаження, оскільки ціни, наявність і характеристики товарів постійно змінюються, а сама інформація розподілена між різними джерелами. Наявні агрегатори не завжди забезпечують актуальність даних, мають обмежений перелік підтримуваних магазинів або працюють на основі ручних оновлень.

Розроблено програмний комплекс, який забезпечує автоматичне порівняння цін товарів у різних онлайн-магазинах з використанням мультиплатформенної архітектури. Система складається із модуля збору даних, ядра агрегації, аналітичного компонента та веб-інтерфейсу користувача. Модуль збору виконує роль інтелектуального скрапінг-агента: він аналізує структуру сторінок, використовує селектори різних рівнів, автоматично адаптується до змін DOM-дерева, ідентифікує псевдоелементи, AJAX-запити та приховані структури даних. Для підвищення надійності система підтримує два режими збору: традиційний HTML-парсинг і браузерну емулюцію через headless-рушій.

Щоб уникнути великої кількості помилкових операцій та блокувань сторінками, модуль збору застосовує технології ротації User-Agent, динамічних проксі та затримок, які імітують поведінку реального користувача. Отримані дані очищуються, нормалізуються та відправляються в ядро агрегації, яке усуває дублікати, визначає еквівалентність товарів за назвою, артикулом, GTIN або семантичними ознаками, а також формує уніфіковане представлення товарної позиції.

Аналітичний компонент забезпечує розрахунок мінімальних і середніх цін, визначення аномально низьких пропозицій, моніторинг динаміки змін та формування графіків ціноутворення.

Завдяки алгоритмам аналізу часових рядів система може оцінювати стабільність продавця, виявляти підозрілі коливання цін або прогнозувати можливе зростання вартості товару. Для користувача у веб-інтерфейсі відображаються відсортовані списки пропозицій, історія змін та рекомендації щодо вибору оптимального магазину.

Особливої уваги заслуговує мультиплатформенна архітектура комплексу. Вона дозволяє розміщувати модулі збору на різних операційних системах (Windows, Linux, Android), що забезпечує масштабування та паралельний збір даних. Використання контейнеризації (Docker) спрощує розгортання системи та апаратну незалежність, тоді як серверна частина підтримує REST API для інтеграції з мобільними застосунками, браузерними розширеннями або сторонніми сервісами.

Експериментальне тестування довело ефективність комплексу під час роботи з великими обсягами даних і частими змінами структури магазинів. Система демонструє високу точність визначення відповідності товарів, стабільний збір інформації при паралельному опитуванні десятків джерел та здатність оновлювати ціни з мінімальною затримкою. Підвищена стійкість до змін сайтів досягнута за рахунок алгоритмічної адаптації структури парсерів.

Запропоноване рішення може бути використане як споживачами, так і бізнес-структурами: маркетинговими відділами, конкурентними аналітиками та компаніями, що працюють із динамічним ціноутворенням. Перспективи розвитку полягають у застосуванні моделей машинного навчання для автоматичної ідентифікації товарів, розширенні системи рекомендацій, інтеграції з фінансовими сервісами та створенні персоналізованих ботів для моніторингу цін у реальному часі.

УДК 004.78 (043.2)

Артамонов Є.Б., к.т.н., доцент, Крант Є.В.
ДУ «Київський авіаційний інститут»

МЕТОДИ АНАЛІЗУ ТА ВИМІРЮВАННЯ ЗАЛУЧЕНОСТІ СТУДЕНТІВ У НАВЧАЛЬНИЙ ПРОЦЕС

Сучасна система вищої освіти дедалі більше переходить до моделей, орієнтованих на студента, де центральним чинником якості навчання стає не лише засвоєння матеріалу, а й рівень зацікавленості та залученості здобувачів освіти. За умов дистанційних форм, змішаного навчання та широкого використання цифрових освітніх платформ традиційні опитування вже не здатні надати об'єктивну оцінку реальної зацікавленості студентів навчальною дисципліною. Це вимагає впровадження комплексних підходів, які враховують поведінкові, когнітивні та технологічні індикатори активності студентів. Особливої актуальності ця проблема набуває в умовах різноманітності контингентів, різних моделей мотивації та високої важливості персоналізації освітнього процесу.

У роботі представлено підхід до систематизації та порівняння методів оцінювання зацікавленості студентів, що поєднують як суб'єктивні, так і об'єктивні джерела даних. Першу групу становлять методи самозвіту: анкетування, рефлексивні щоденники, відкриті опитування та змішані формати оцінювання. Ці дані дозволяють виявляти загальні тенденції, однак мають обмеження, пов'язані з нещирістю відповідей, соціально бажаними реакціями та залежністю від емоційного стану студента [1].

Другу групу формують поведінкові методи, що ґрунтуються на аналізі активності студентів на освітніх платформах: частота переглядів матеріалів, швидкість виконання завдань, участь в онлайн-обговореннях, час взаємодії з навчальними ресурсами, метрики активності у тестових модулях. Такі дані мають високу точність, оскільки відображають реальну взаємодію з дисципліною, та дозволяють автоматизувати аналіз великих груп студентів.

Третю групу становлять методи когнітивно-поведінкової аналітики, які використовують моделі розпізнавання патернів, аналізу інтересу та уваги, а також індикатори мікроповедінки у цифрових системах. Зокрема, аналіз ритму кліків, швидкості

реакцій, структури навігації між матеріалами та ймовірнісних переходів між темами дозволяє визначити внутрішню зацікавленість навіть за умов відсутності явного зворотного зв'язку. Ці методи особливо корисні для великих груп і можуть функціонувати без додаткових дій з боку студентів.

Запропонована в роботі узагальнена методика передбачає поєднання кількох джерел даних та побудову інтегрального індексу зацікавленості, який може бути адаптовано до конкретної дисципліни чи типу студентів. Такий індекс враховує як кількісні показники (активність, своєчасність виконання робіт, ступінь повернення до навчальних матеріалів), так і якісні фактори (ставлення до дисципліни, рівень самостійності, динаміка розвитку інтересу протягом семестру). Важливо, що система дозволяє відслідковувати зниження або підвищення мотивації у реальному часі та оперативно коригувати освітню траєкторію.

У підсумку методи оцінювання зацікавленості студентів мають формувати цілісне бачення навчального процесу, допомагаючи викладачу не лише оцінювати факт засвоєння матеріалу, а й розуміти мотивацію студентів, якість взаємодії з навчальними матеріалами та ефективність обраних педагогічних підходів. Перспективи подальших досліджень включають створення адаптивних моделей, здатних прогнозувати зміну зацікавленості, інтеграцію сингулярних поведінкових сигналів, використання методів машинного навчання для персоналізації освітнього контенту та формування рекомендацій викладачу щодо вибору оптимальних педагогічних стратегій.

Список використаних джерел

1. Артамонов Є.Б. Підхід до побудови симуляцій навчальних процесів із використанням генеративного штучного інтелекту / Артамонов Є.Б., Коцюр А.Б., Радченко К.М., Кухар Є.І.//«Наука і техніка сьогодні» (Серія «Педагогіка», Серія «Право», Серія «Економіка», Серія «Фізико-математичні науки», Серія «Техніка»). 8 (49). 2025. с. 1109-1123. DOI: 10.52058/2786-6025-2025-8(49)-1009-1123.

УДК 004.78 (043.2)

Радченко К.М.
ДУ «Київський авіаційний інститут»

МЕТОДИ АВТОМАТИЧНОГО ФОРМУВАННЯ НАВЧАЛЬНИХ СЦЕНАРІЇВ ДЛЯ КОРИСТУВАЧІВ З ПОРУШЕННЯМИ ЗОРУ В ІНКЛЮЗИВНИХ ОСВІТНІХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ

Сучасні тенденції цифровізації освіти підкреслюють необхідність створення інклюзивних комп'ютерних систем, здатних адаптувати навчальні матеріали та сценарії до потреб різних категорій користувачів, зокрема осіб із порушеннями зору. Традиційні онлайн-платформи не враховують специфіку роботи незрячих або слабозорих студентів, що призводить до зниження доступності інформації, надмірного когнітивного навантаження та неможливості проходження навчального контенту без супроводу. Парадигма інклюзивної освіти передбачає використання інтелектуальних систем, здатних формувати навчальні сценарії автоматично — відповідно до індивідуальних характеристик користувача, його поведінки, рівня підготовки та особливостей взаємодії з системою.

У межах представленої роботи запропоновано модель формування інтелектуальних навчальних сценаріїв для користувачів з порушеннями зору. Ключовим елементом системи є модуль поведінкового та сенсорного аналізу, який визначає спосіб взаємодії студента з інтерфейсом, його темп роботи, характер помилок, складність навігації та частоту звернення до допоміжних функцій. На підставі цих даних система формує індивідуальний когнітивно-поведінковий профіль, що надалі використовується для генерації адаптивних навчальних сценаріїв.

Модель сценарію складається з послідовності кроків різного формату: голосові пояснення, описові інструкції, тактильні або звукові підказки, альтернативні представлення матеріалу, інтерактивні вправи та елементи постійного контролю розуміння. Особливістю запропонованого підходу є застосування генеративних AI-моделей, здатних автоматично створювати текстові та аудіоскладові сценарію з урахуванням рівня бачення користувача. Це забезпечує не лише адаптацію складності

матеріалу, а й повноцінну трансформацію способу подання контенту — наприклад, заміну графічних елементів на описові аудіосеквенції або прогнозування можливих труднощів у проходженні теми.

Система також реалізує механізм «контекстної підтримки», який визначає, коли студент вагається або втрачає орієнтацію в інтерфейсі. У таких випадках автоматично вмикаються голосові навігаційні підказки, збільшення інтервалів пауз, акцентування ключових елементів та спрощення структури діалогу. На основі результатів попередніх досліджень доведено, що така адаптивність значно знижує когнітивне навантаження та дозволяє незрячим студентам підтримувати тривалий час активного навчання без додаткової фізичної підтримки з боку оператора або викладача.

Експериментальна апробація продемонструвала, що використання інтелектуальних сценаріїв дозволяє скоротити помилки навігації на 40–55%, а ефективність засвоєння матеріалу збільшується на 25–30% у порівнянні зі звичайними системами екранного доступу. Також відзначено зменшення рівня фрустрації та збільшення загального часу взаємодії зі системою — важливий індикатор доступності цифрового освітнього середовища.

Запропонована методика може бути використана в освітніх платформах для шкіл, університетів, систем професійної реабілітації, а також у спеціалізованих адаптивних тренажерах для людей із сенсорними порушеннями. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на інтеграцію біометричних моделей аналізу голосу, впровадження емоційної аналітики та розробку універсальних шаблонів сценаріїв для різних груп користувачів з інвалідністю.

УДК 623.6 (043.2)

Лебідь О.О., Халімон Н.Ф., к.т.н., доцент
ДУ «Київський авіаційний інститут»

ПРОЄКТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАСОБУ ДЛЯ БРОНЮВАННЯ РЕСУРСІВ У СФЕРІ НАДАННЯ ПОСЛУГ

Проєктування програмного засобу для бронювання ресурсів у сфері надання послуг вимагало формування рішення, яке б задовольняло високі функціональні та нефункціональні вимоги, включаючи надійність реєстрації, швидкість обробки бронювань (до 2 секунд) та високий рівень безпеки даних. З огляду на необхідність створення масштабованої системи з інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом, було обрано сучасний технологічний стек на базі архітектури Single Page Application (SPA). Для фронтенду застосовано фреймворк Angular у поєднанні з TypeScript, що забезпечує підвищену надійність коду та модульність; візуальна частина системи базується на адаптивних бібліотеках Angular Material та Bootstrap, гарантуючи сучасний дизайн та коректне відображення на будь-яких пристроях.

Серверна частина системи реалізована на кросплатформеному фреймворку ASP.NET Core 2.1 з використанням мови C#, що є запорукою високої продуктивності та гнучкості [1]. Бекенд надає REST API для універсального обміну даними у форматі JSON, що робить архітектуру відкритою для інтеграції з різними клієнтськими платформами. Критично важливим для транзакційної системи бронювання є забезпечення цілісності та надійності даних, тому обрано реляційну СУБД MS SQL Server, яка підтримує повністю властивості ACID. Взаємодія з базою даних здійснюється за допомогою Entity Framework Core, що спрощує розробку і підвищує безпеку доступу до інформації.

Архітектура системи побудована на чіткому розмежуванні рівнів: фронтенд (Angular), бізнес-логіка (ASP.NET Core) та рівень даних (SQL Server), що було візуалізовано за допомогою UML-діаграм компонентів та випадків використання [2]. Це забезпечує зручність адміністрування та подальшого масштабування. Ключовим аспектом безпеки є засіб JWT Bearer Authentication на базі ASP.NET Identity, який забезпечує надійну автентифікацію користувачів та розмежування прав доступу. Система чітко розділяє повноваження між адміністратором та звичайним користувачем. Проєктування бази даних реалізовано в реляційній моделі, що відображено в ER-діаграмі (рис.1).

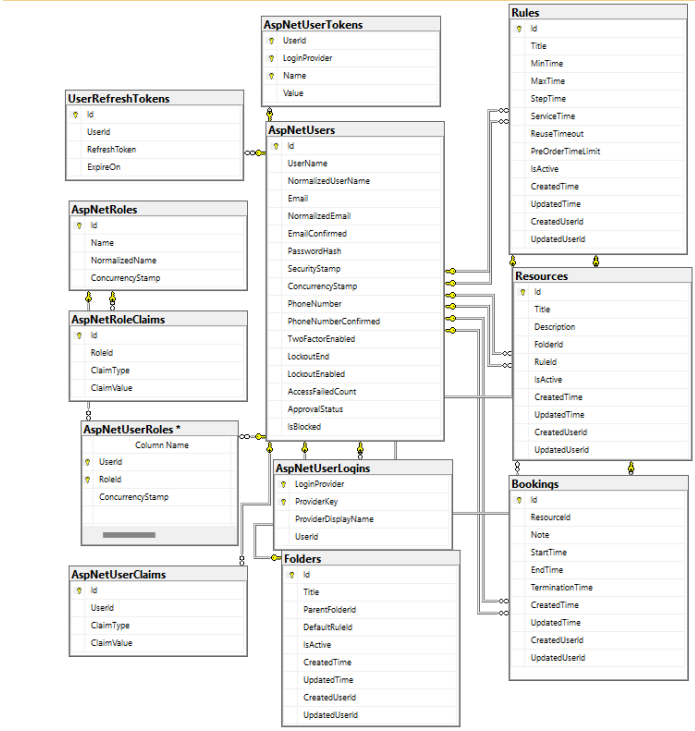


Рис. 1 ER-діаграма бази даних бронювання

База даних включає таблиці Folders, Resources, таблицю правил бронювання Rules та головну таблицю Bookings, та інші які у комплексі з системними таблицями ASP.NET Identity забезпечують логіку збереження та узгодженості інформації. Така структура гарантує, що всі операції, пов'язані з бронюванням, є транзакційними та цілісними.

Список використаних джерел

1. Microsoft. ASP.NET Core documentation. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://learn.microsoft.com/aspnet/core (дата звернення: 20.09.2025)

2. Angular Documentation. Angular. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://angular.io (дата звернення: 20.09.2025)

3. TypeScript Documentation.TypeScript: JavaScript with syntax for types. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.typescriptlang.org (дата звернення: 20.09.2025)

Наукове видання

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ СИСТЕМНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

Тези доповідей науково-практичної конференції

20-21 листопада 2025 року

Тези доповідей надруковані в авторській редакції двома робочими мовами конференції: українською та англійською

В авторській редакції