МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

М А Т Е Р І А Л И

XIII НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

«ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ, СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»

17-18 грудня 2025 року

ТЕРНОПІЛЬ
2025

УДК 001
М34

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

Голова: Микола Приймак– професор кафедри комп'ютерних систем та мереж, д.т.н., професор;

Співголови: Павло Марущак– докт. техн. наук, професор, проректор з наукової роботи.
Ігор Баран– канд. техн. наук, доцент, декан факультету ФІС.

Науковий секретар: Галина Семенишин– старший викладач.

Члени: докт. фіз.-мат. наук, професор Василь Кривень; докт. техн. наук, професор Ярослав Литвиненко; докт. техн. наук, професор Микола Карпінський; докт. фіз.-мат. наук, професор Михайло Петрик; канд. техн. наук, доцент Галина Осухівська; канд. пед. наук, доцент Жанна Баб'як; канд. техн. наук, доцент Наталія Загородна.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова: Юрій Скоренький– канд. фіз.-мат. наук, доцент кафедри фізики

Члени: канд. техн. наук, доцент Вячеслав Никитюк; канд. техн. наук, доцент Дмитро Михалик; канд. техн. наук, доцент Марія Стадник; канд. техн. наук Євгенія Тиш; ст. викладач Ліліана Джиджора.

М34 Матеріали XIII науково-технічної конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, (Тернопіль, 17–18 грудня 2025 р.). – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2025. –248 с.

Адреса оргкомітету: ТНТУ ім. І. Пулюя, м. Тернопіль, вул. Руська, 56, 46001,
тел. (0352) 52-41-33, факс (0352) 254983.
E-mail: conffis2025@gmail.com

Редагування, оформлення та верстка: Галина Семенишин

СЕКЦІЇ КОНФЕРЕНЦІЇ, ЯКІ ПРЕДСТВЛЕНІ В ЗБІРНИКУ

- Математичне моделювання;
- Інформаційні системи та технології;
- Комп'ютерні системи та мережі;
- Програмна інженерія та моделювання складних розподілених систем;
- Новітні фізико-технічні та освітні технології.

В збірнику надруковано тези доповідей XIII науково-технічної конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» (Тернопіль, 17–18 грудня 2025 р.) за такими науковими напрямками: математичне моделювання; інформаційні системи та технології; комп'ютерні системи та мережі; програмна інженерія та моделювання складних розподілених систем; новітні фізико-технічні та освітні технології.

Розрахований на науковців, викладачів та студентів вузів.

За зміст тез та дотримання норм академічної доброчесності відповідальність несе автор.

СЕКЦІЯ 1. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

УДК 621.397
О. Керніцький; В. Сікула; Т. Максимів; І. Дедів, к. т. н., доц.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ВІЗУАЛЬНОГО СПРИЙНЯТТЯ ПОШКОДЖЕНИХ ЗОБРАЖЕНЬ НА ОСНОВІ СТОХАСТИЧНОГО РЕЗОНАНСУ

UDC 621.397
O. Kernitsky; V. Sikula; T. Maksymiv; I. Dediv, PhD., Assoc. Prof.

THE METHOD FOR ENHANCING THE LEVEL OF DAMAGED IMAGES VISUAL PERCEPTION BASED ON STOCHASTIC RESONANCE

Візуальна якість зображень є ключовим поняттям у цифровій обробці зображень, комп'ютерному зорі, системах стиснення та передавання мультимедійних даних. Від того, наскільки якісно відтворюється зображення, залежить комфорт користувача, точність діагностики в медичних застосуваннях, надійність систем відеоспостереження та ефективність автоматизованих систем розпізнавання. Під візуальною якістю зображення зазвичай розуміють ступінь відповідності між сприйнятим спостерігачем зображенням і тим, що вважається еталонним з точки зору людського зору.

На сьогодні розроблено велику кількість методів покращення якості зображень, що в свою чергу, призводить до покращення їхнього візуального сприйняття. Перспективним до обробки зображень, зокрема покращення візуального сприйняття, є застосування принципу стохастичного резонансу, що є явищем, коли додавання шуму до слабкого сигналу допомагає краще його виявити. У випадку зображень, до них додається певна кількість випадкового шуму та застосовується нелінійна обробка, і в результаті контури, деталі та структури стають видимішими, особливо у темних або низькоконтрастних ділянках. Однак, основною вимогою цього методу є та, що параметри шуму мають бути оптимальними. Якщо порівнювати цей метод із іншими поширеними, то, на приклад, контрастування й адаптивне гістограмне вирівнювання з обмеженням контрасту є різними версіями детермінованих перетворень яскравості, а метод стохастичного резонансу є нелінійним шумо-спричиненим підсиленням слабких сигналів, де шум входить в структуру методу як необхідний елемент.

Для середовища Matlab було проведено розробку програми, яка підтримує роботу із сіро-рівневими та кольоровими (RGB) зображеннями, передбачає автоматичне оновлення параметрів стохастичного резонансу, забезпечує наочне порівняння отриманого після обробки зображення із оригіналом. Для власне обробки в методі реалізовано алгоритм стохастичного резонансу в плані багаторазового додавання шуму, нелінійної порогової обробки, усереднення результатів та фінального підсилення контрасту.

Як тестове зображення було використано пошкоджене зображення CAPTCHA. Встановлено, що при додаванні шуму з допомогою розробленого методу в зображенні починають виокремлюватись краї тексту і він стає більш сприйнятним візуально. Попри те, що на зображенні присутній значний рівень фонового шуму, який був штучно доданий в процесі реалізації стохастичного резонансу, окремі букви тексту стало набагато простіше диференціювати візуально, тобто візуальне сприйняття покращилось.

Таким чином встановлено, що застосування стохастичного резонансу до обробки пошкоджених зображень справді дає можливість підвищення рівня візуального сприйняття пошкоджених зображень, а розроблена програма дає можливість пошуку оптимальних параметрів обробки, зокрема рівня доданого шуму.

УДК 519.876.5:612.172
А. Кондратюк; Я. Литвиненко, д. т. н., проф.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

МЕТОДИ МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОКАРДІОСИГНАЛУ З АРТЕФАКТАМИ

UDC 519.876.5:612.172
A. Kondratyuk; I. Lytvynenko, Dr., Prof.

METHODS FOR MODELING ELECTROCARDIO SIGNAL WITH ARTIFACTS

Електрокардіосигнал (ЕКС) є одним із ключових джерел інформації про функціональний стан серцево-судинної системи. Його аналіз широко застосовується в клінічній діагностиці, моніторингу пацієнтів та при створенні інтелектуальних медичних систем. Проте на практиці реєстрований електрокардіосигнал зазнає значного впливу різноманітних завад і артефактів, що ускладнює його інтерпретацію, автоматизовану обробку та діагностику. Тому актуальним є завдання моделювання електрокардіосигналу з урахуванням артефактів різної природи для тестування алгоритмів фільтрації, розпізнавання та аналізу.

Дана теза стосується огляду методів моделювання електрокардіосигнналу з врахуванням артефактів.

До основних типів артефактів в ЕКС належать м’язові (ЕМГ) завади, перешкоди від електромережі, дрейф ізолінії, рухові артефакти, а також спотворення, пов’язані з некоректним накладанням електродів або зміною імпедансу контакту. Кожен із цих видів артефактів має специфічні спектральні й часові характеристики, що потребує окремих підходів до моделювання.

Одним із найпоширеніших підходів є детерміноване моделювання артефактів шляхом додавання до «чистого» електрокардіосигналу штучно сформованих складових. Наприклад, дрейф ізолінії може моделюватися низькочастотними синусоїдальними коливаннями, а завади мережі живлення – гармонічною складовою з частотою 50 або 60 Гц. М’язові артефакти часто описуються як високочастотний шум з певним спектральним розподілом, близьким до білого або кольорового шуму.

Інший підхід ґрунтується на стохастичних моделях, де артефакти описуються випадковими процесами з наперед заданими статистичними характеристиками (середнє значення, дисперсія, спектральна густина потужності). Такий підхід дозволяє отримати множину варіантів сигналу з різним рівнем зашумлення, що є корисним при тестуванні стійкості алгоритмів обробки ЕКС.

Окрему групу становлять «максимально реалістичні» моделі, що формуються на основі реальних записів артефактів. У цьому випадку завади, попередньо виділені з реальних ЕКГ, накладаються на еталонний модельований сигнал. Даний метод забезпечує найбільшу відповідність реальним умовам, однак потребує наявності великої кількості репрезентативних записів.

У сучасних дослідженнях все частіше застосовуються методи машинного навчання та нейронних мереж для моделювання та генерації електрокардіосигналів з артефактами. Зокрема, генеративні моделі здатні автоматично відтворювати складні структури сигналів і завад без явного задання математичних залежностей. Це відкриває нові можливості для створення великих навчальних вибірок і підвищення ефективності систем автоматичної діагностики.

В заключення необхідно сказати, що моделювання електрокардіосигналу з артефактами є важливим етапом у розробці та випробуванні методів цифрової обробки та аналізу біомедичних сигналів. Поєднання детермінованих, стохастичних і інтелектуальних підходів дозволяє отримати найбільш повну й реалістичну модель, що враховує умови реєстрації та особливості впливу зовнішніх і внутрішніх перешкод.

Література

1. Lytvynenko I. V., Lupenko S. A., Onyskiv P. A., Trysnyuk V. M., Zozulia A. M. Mathematical model of rhythmocardiosignal in vector view of stationary and stationary-related case sequences // Automatic Control and Computer Science. 2020. Vol. 54, №. 2. P. 123–130.
2. Луцик Н. С., Литвиненко Я. В., Лупенко С. А., Зозуля А. М. Програмний комплекс для морфологічного аналізу та аналізу серцевого ритму з підвищеною інформативністю // Інформаційні технології та комп’ютерна інженерія. 2016. № 1(35). С. 13–22.

УДК 530:517.5
В. Кривень, д. ф.-м. н., проф.; В. Шаповалов
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОПОРУ КРУГОВОЇ ПЛАСТИНИ

UDC 530:517.5
V. Kryven, Dr., Prof., V. Shapovalov

MATHEMATICAL MODEL OF ELECTRICAL RESISTANCE OF A CIRCULAR PLATE

Розглянемо задачу про електричний опір електропровідної кругової пластини (рис. 1, обасть ***D*** площини *Oxy*) із двома ідеально провідними контактами, діаметрально протилежно накладеними на її контур (рис. 1, область ***D*** площини *Oxy*), за умови, що опір такої ж квадратної пластини відносно таких же контактів, накладених на протилежні сторони квадрата, рівний R_0.

Складність цієї задачі обумовлена тим, що лінії стуму в тілі пластини мають різні довжини і по різному чинять опір проходженню струму.

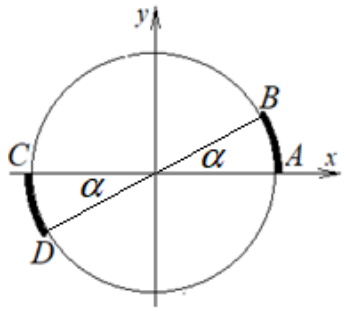


Рисунок 1. Схема здачі. Потовщені лінії – ідеальні електричні контакти

Ми скористаємося фактом гармонічності поля потенціалу напруг $\Delta\varphi = 0, (x, y) \in D$ і уведемо аналітичну функцію комплексного аргументу $f(z) = \varphi(x, y) + i\psi(x, y)\ z = x + iy$, де $\psi(x, y)$ – функція, гармонічно спряжена із $\varphi(x, y)$ [1].

Можна переконатися, що аналітична в області ***D*** функція $\omega = f(z)$ конформно відображає область ***D*** площини z на прямолінійний прямокутник $A'B'C'D'$ площини ω, причому так, що величина$\gamma|B'C'|/|A'B'|$ рівна шуканому опору.

Для розв'язання появленої задачі слід побудувати конформне відображення круга ABCD на прямолінійний прямокутник $A'B'C'D'$. Для цього відобразимо спочатку круг ABCD на верхню півплощину $\mathrm{Im}t > 0$, довільно вибравши образи трьох точок границі кола: $t_A = 0, t_B = 1, t_C = 2$. Образ четвертої точки однозначно визначається з умови існування потрібного відображення. Його знайдемо із ангармонічного відношення трьох точок: $\frac{z-z_1}{z-z_2}\frac{z_3-z_2}{z_3-z_1} = \frac{t-t_A}{t-t_B}\frac{t_C-t_B}{t_C-t_A}$, де $z_1 = 0, z_2 = e^{i\alpha}, z_3 = -1, z_4 = -e^{i\alpha}$. Координату точки D у площині t знайдемо розв'язавши останнє рівняння відносно t та поклавши в нього $z_4 = -e^{i\alpha}$. Відобразимо тепер верхню півплощину $\mathrm{Im}t > 0$ на прямокутник площини ω, скориставшись перетворенням Шварца-Крістоффеля $\omega = \int_0^t F(\vartheta)d\vartheta$, де $F(\vartheta) = \frac{1}{\sqrt{\vartheta(\vartheta-1)(\vartheta-2)(\vartheta-t_D)}}$.

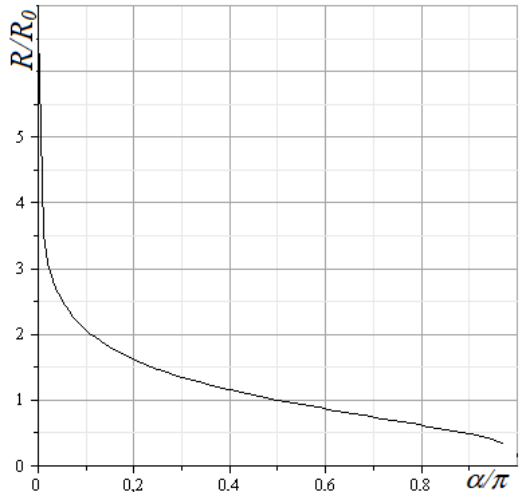


Рисунок 2. Залежність величини електричного опору кругової пластини від кутового розміру контакту

Розв'язок задачі знайдено

$$R = R_0 \frac{\int_1^2 |F(\vartheta|d\vartheta}{\int_0^1 |F(\vartheta)|d\vartheta}.$$

Зміна величини опору зі збільшенням довжини контактів наведена на рис. 2.

Література

1. Кривень В.А., Валяшек В.Б., Ясній О.П. Теорія функцій комплексної змінної. Конспект лекцій для студентів технічних спеціальностей усіх форм навчання. – Тернопіль : ТНТУ, 2015.– 87 с.

УДК 339.138, 004.94
С. Литвиненко; М. Фриз, к. т. н., доц.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ПІДХОДИ ДО МОДЕЛЮВАННЯ СПОСОБІВ ПРОСУВАННЯ ЦІЛЬОВОЇ РЕКЛАМИ

UDC 339.138, 004.94
S. Lytvynenko; M. Friz, PhD., Assoc. Prof.

APPROACHES TO MODELING METHODS OF TARGETED ADVERTISING

Активний розвиток цифрових технологій та перехід бізнесу в онлайн-середовище суттєво змінили підходи до просування товарів і послуг. Традиційні методи реклами поступово втрачають ефективність, натомість на перший план виходять персоналізовані інструменти комунікації, орієнтовані на конкретні цільові аудиторії. У цьому контексті особливого значення набуває цільова (таргетована) реклама, яка базується на аналізі поведінки користувачів, їхніх інтересів та вподобань.

Дана теза стосується огляду методів моделювання способів просування цільової реклами.

У сучасному цифровому просторі цільова (таргетована) реклама є одним із найефективніших інструментів комунікації бренду з потенційним споживачем. Її особливість полягає в орієнтації на конкретну аудиторію з урахуванням соціально-демографічних характеристик, інтересів, поведінки в Інтернеті та попереднього досвіду взаємодії з рекламним контентом. Зважаючи на високий рівень конкуренції в онлайн-середовищі, актуальною є проблема моделювання та оптимізації способів просування цільової реклами з метою підвищення її ефективності.

Одним із базових підходів до моделювання є статистичний аналіз, що ґрунтується на обробці історичних даних про кількість показів, кліків, переходів та конверсій (тобто це перетворення звичайного користувача на того, хто виконав потрібну нам дію). За допомогою кореляційного аналізу, регресійних моделей та кластеризації здійснюється сегментація аудиторії й прогнозування поведінки користувачів. Такий підхід дозволяє виявити основні закономірності взаємодії споживачів із рекламними повідомленнями.

Більш глибокі можливості надає застосування методів машинного навчання. Алгоритми класифікації та прогнозування, зокрема дерева рішень, випадкові ліси та нейронні мережі, використовуються для персоналізації рекламних повідомлень та підбору оптимальної аудиторії. Завдяки обробці великих масивів даних ці методи здатні враховувати складні взаємозв’язки між характеристиками користувачів, що підвищує точність прогнозів.

Окрему увагу при цьому приділяють імітаційному моделюванню, яке дозволяє відтворити різні сценарії проведення рекламних кампаній у віртуальному середовищі без залучення реального бюджету. За допомогою таких моделей можна змінювати параметри кампанії (канали просування, час показу, частоту контактів) та аналізувати їхній вплив на кінцевий результат.

Важливим інструментом практичної перевірки моделей є A/B-тестування, яке дає змогу порівняти декілька варіантів рекламного контенту та визначити найбільш ефективний із них. Поєднання аналітичних і емпіричних методів забезпечує обґрунтований вибір стратегії просування.

У підсумку необхідно сказати, що моделювання способів просування цільової реклами базується на комплексному поєднанні статистичних, інтелектуальних та імітаційних підходів, що дозволяє оптимізувати рекламні кампанії та підвищити їх результативність в умовах цифрової економіки.

УДК 621.326
І. Плескун; Д. Кривко; Т. Дубиняк к. т. н., доц.; М. Яворська к. т. н., доц.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНИМ РЕЖИМОМ ГОСПОДАРСЬКОГО ПРИМІЩЕННЯ

UDC 621.326
I. Pleskun; D. Kryvko; T. Dubyniak PhD., Assoc.Prof.; M. Yavorska PhD., Assoc.Prof.

MODELING OF A TEMPERATURE CONTROL SYSTEM FOR UTILITY ROOMS

Відповідні кліматичні умови в господарському приміщенні, в нашому випадку погребі, є необхідною передумовою збереження закладеної продукції. Для створення необхідних визначених конкретними нормами зберігання умов, таких як температура, вологість, тощо, слід забезпечити робочий простір ефективними автоматизованими системами керування даними показниками (системами клімат-контролю). Впровадженню системи у виробництво і подальшу експлуатацію передує симулювання її функцій на математичній моделі, яке дозволяє без експериментального тестування підібрати параметри виконавчих механізмів, що забезпечать оптимальний режим функціонування.

Розглянемо структурну схему автоматизованої системи управління мікрокліматом, зокрема температурним режимом, складського приміщення. Вихідною інформацією для синтезу сигналу керування є дані про характеристики повітря в приміщенні. На основі аналізу отриманих даних здійснюється керування приточно-витяжною системою. Структурна схема системи керування показана на рис. 1.

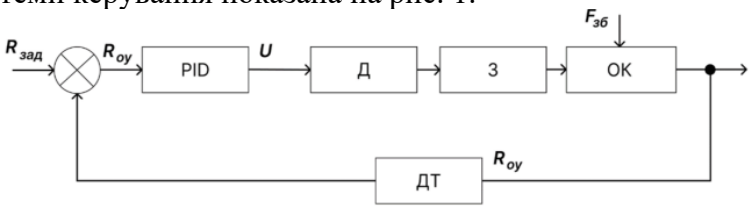


Рисунок 1. Структурна схема системи керування показана температурним режимом

Функціональні блоки структурної схеми: PID – регулятор; Д – виконавчий механізм (двигун); З – регулюючий орган (заслонка); ОК – об'єкт керування (складське приміщення); ДТ – давач температури; Rзад – задана температура; Roy – температура в приміщенні; Fзб – зовнішній тепловий вплив на ОК; U – напруга керування.

Підтримання робочого рівня температури здійснюється через вплив повітря, надходження якого до приміщення регулюється виставленням заслінки на певному рівні, залежно від заданої температури, впливу зовнішнього середовища та динамічних характеристик виконавчих механізмів. Для оптимального налаштування системи була створена S-модель в середовищі MATLAB SMULNK, показана на рис. 2.

Динамічні характеристики ланок: $W_{TE} = \frac{k}{Tp+1}$ де k -температурний коефіцієнт спротиву теплоносія, Tp – постійна часу.

Передавальна функція регулюючого органу (заслонка):

$$W_{BM} = \frac{k}{Tвм+1}$$

де k – температурний коефіцієнт спротиву теплоносія,
Tp – постійна часу;

$$W_{PO} = \frac{k_{PO}}{T_{PO}+1}$$

де k_{PO} – коефіцієнт чутливості регулюючого клапана,
Tpo – постійна часу.
Параметри налаштування ПІД-регулятора подані в Таблиці 1.

Таблиця 1. Параметри PID регулятора

Параметр	Значення
Пропорційна складова коефіцієнту підсилення	0,20456
Інтегральна складова коефіцієнту підсилення	0,044256
Диференціальна складова коефіцієнту підсилення	0,23427
Час наростання, сек.	3,63
Час встановлення, сек.	10,6
Пікова характеристика	1,04

Здійснено симулювання функціонування системи автоматичного регулювання температури, представленої структурною схемою на рис. 1, на S-моделі, показаній на рис. 2. Розглянута система автоматичного регулювання температури повітря забезпечує постійний моніторинг та контроль процесу вентиляції, в результаті чого температура підтримується на заданому рівні, як показано на рис. 3. Також змодельовано динаміку витрат на підтримання температурного режиму на заданому рівні як показано на рис. 4.

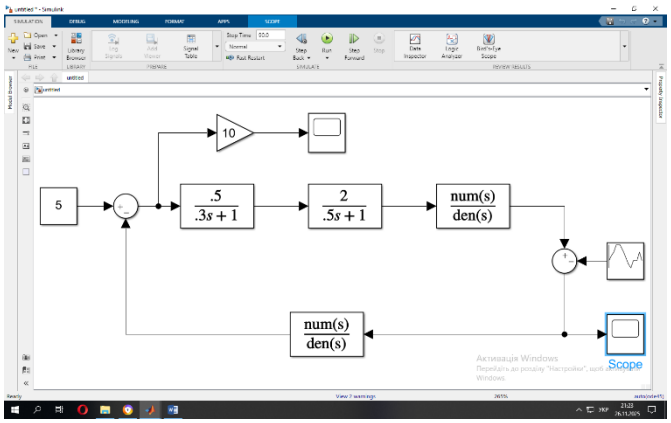


Рисунок 2. S-модель системи автоматичної підтримки рівня температури

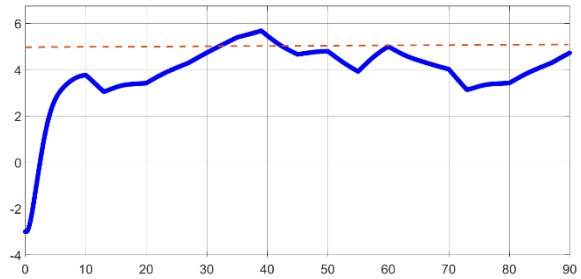


Рисунок 3. Динаміка температурного режиму в контрольованому середовищі

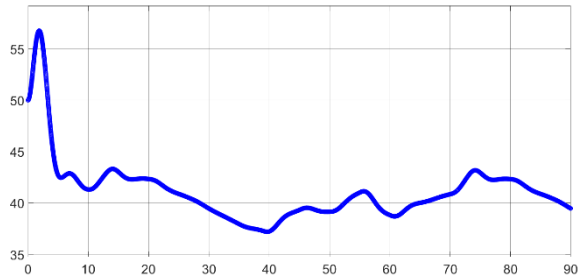


Рисунок 4. Динаміка витрат на підтримання температурного режиму на заданому рівні

Висновки. Розглянута S-модель дозволяє здійснювати симулювання досліджуваної системи за різних динамічних і фізичних характеристик її вузлів і, таким чином, підбирати оптимальні режими роботи з огляду на потреби користувача.

Література

1 Зайцев Д.А. Математичні моделі дискретних систем: Навчальний посібник // Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2004. – 40 с.
2 Дмитрієва В.Ф. Фізика. – К.:Техніка, 2008.- 644 с.
3 Тестування розрахованого каскаду мостового випрямляча в системі MICROCAP-8 / Мирослава Іванівна Яворська, Тарас Степанович Дубиняк, В. Невожай, М. Пошивак // Матеріали Міжнародої науково-технічної конференції „Міцність і довговічність сучасних матеріалів та конструкцій“, 10-11 листопада 2022 року. – Т. : ФОП Паляниця В. А., 2022. – с. 142–144. – (Нові та сучасні матеріали та технології).

УДК 519.711.3:574
М. Стрілецький, аспірант
(Західноукраїнський національний університет (ЗУНУ), Тернопіль, Україна)

МОДЕЛЬ ЛОТКА-ВОЛЬТЕРРА ОЦІНКИ ЗАБРУДНЕНЬ В ЗОНІ ФУНКЦІОНУВАННЯ МАЛОГО МАШИНОБУДІВНОГО ПІДПРИЄМСТВА

UDC 519.711.3:574
M. Striletskyi, PhD. student

LOTKA-VOLTERRA MODEL FOR ASSESSING POLLUTION IN THE OPERATIONAL ZONE OF A SMALL MACHINE-BUILDING ENTERPRISE

Характер моделі Лотка-Вольтерра. Модель Лотка-Вольтерра активно використовується в різних областях діяльності людини. Отримання математичної моделі Лотка - Вольтерра в рамках даного дослідження – оцінка забруднення в результаті діяльності малого підприємства машинобудівного спрямування - не є чимось новим; однак дослідження моделі загалом, в такому прикладному варіанті, має ряд особливостей, а значить володіє новиною. Тут значно більше уваги приділяється аналізу відомої системи рівнянь; увагу зосереджено на вузлових опорних точках і їх вплив на загальний характер стану екосистеми, що включає мале машинобудівне підприємство. Всі вказані фактори вказують на актуальність досліджуваної тематики.

Рівняння Лотка-Вольтерра (рівняння хижак – жертва, дихотомія) – система двох звичайних диференціальних рівнянь першого порядку, яка описує кінетику чисельності популяції з одним типом хижаків і одним типом жертв (тут класичний варіант: один на один). Система рівнянь включає хижаків, жертв і чотири параметри; причому коефіцієнти моделі є сталими в просторі і не змінюються з плином часу. Алгоритм побудови математичної моделі Лотка-Вольтерра перенесено на нові фізичні процеси, а саме на характер забруднення навколишнього середовища.

Модель Лотка-Вольтерра в екологічному підході. Взаємодію забруднювачів (викидів виробництва малим машинобудівним підприємством) з природним середовищем (природою) можна трактувати як частковий випадок моделі Лотка-Вольтерра, а саме математичної системи «хижак – жертва»; тут природа, довкілля (environment, E) виступає як жертва, а забруднювач – хижаком pollution, P). Головне припущення, що закладено в основу моделі, полягає в тому, що навколишнє середовище (природа, довкілля) абсорбує і переробляє забруднення аж до певної межі. В подальшому аналізі все, що стосується моделі Лотка-Вольтерра варто розглядати з позиції екологічної ситуації на малому машинобудівному підприємстві.

Аналіз математичної моделі. Особливість рівнянь Лотка-Вольтерра є те, що розв'язком є автоколивання (прерогатива механічних коливань). Система рівнянь має дві стаціонарні точки (в матаналізі: стаціонарна точка – аргумент функції при якому її похідна дорівнює нулю). Аналіз стійкості стаціонарних точок вказує на те, що одна з них сідлова (нульова; 0, 0 – відсутність забруднювачів); інша є фокусом. Показник Ляпунова для фокуса чисто уявний, тому з лінійного аналізу зробити висновок про стійкість/нестійкість системи неможливо. Однак, для рівнянь Лотка-Вольтерра існує інтеграл руху, який вказує на фазові траєкторії – замкнені криві, всередині яких знаходиться фокус. Інтеграл руху – функція змінних фізичної системи зберігається при її еволюції з часом. Існування руху призводить до того, що величини дихотомії визначаються початковими умовами. В даному випадку граничний цикл – атрактор (лат. attrahere – притягувати, приваблювати) для фазових траєкторій відсутній; цикли мають байдужу стійкість. Суттєвим орієнтиром для повноцінного дослідження є матриця групування – лінеаризація рівнянь Лотка-Вольтерра в стаціонарній точці. Дійсна частина власних чисел матриці групування вказує на стабільність у стаціонарній точці: наявність серед власних значень матриці чисел з додатною дійсною частиною – нестійкий стаціонарний стан; умова стійкості (стабільності) стаціонарного стану

– дійсна частина обох власних значень від'ємна. Критичний випадок – дійсна частина власного значення дорівнює нулю (нейтральна стійкість).

З якісних міркувань в системі природа – забруднювач можна виділити, як правило, три принципово різних сценарії взаємодії. Малі викиди забруднень: навколишнє середовище повністю переробляє викиди виробництва (стійка ситуація). Поміркована кількість викидів забруднення: довкілля знаходиться в задовільному стані або існує тенденція до загибелі флори (бістабільна ситуація – рослинний покрив залишається тільки місцями). Катастрофічні викиди: повне вимирання природи.

Чисельне моделювання. Для повноти і порівняльної характеристики доцільно виконати і числове моделювання (звісно на комп'ютері). Використано мову програмування Python і модуль matplotlib.pyplot. Результат числового моделювання: на основі відібраних величин коефіцієнтів встановлено код фазового портрету, відтворено його візуалізація на заданому квадраті і в оточені стаціонарної точки; отримані результати відповідають теоретичним прогнозам. Графіки розв'язків представлено у 2D і 3D форматі для випадків $E(0) > P(0)$ і $E(0) < P(0)$.

Відомо, що модель Лотки-Вольтерра яка враховує внутрішньовидову конкуренцію, також описується системою диференціальних рівнянь. Зауважимо, що для чисельного інтегрування системи рівнянь використано класичний метод Рунге-Кутта.

Висновок. Моделювання процесів поширення забруднювачів малого машинобудівного підприємства дозволяє оцінити вплив різних джерел забруднення на навколишнє середовище. Наприклад, модель формування і поширення парникових газів, або модель накопичення масляного туману навколо технологічного обладнання або… Це дозволяє розробляти заходи по зниженню забруднень і оцінити ризики для екосистеми в цілому, а основне – зберігати здоров'я персоналу.

Моделі екологічних процесів, в тому числі за допомогою рівнянь Лотка-Вольтерра і їх модифікацій, – це важливий інструмент для розуміння і управління складними процесами, що проходять в навколишньому середовищі і на малому машинобудівному підприємстві зокрема. Система рівнянь Лотка-Вольтерра дозволяє: дослідити та прогнозувати поведінку екологічної системи, приймати обґрунтовані рішення в подоланні забруднення і досягти стабільності та стійкості, а їх візуалізація тільки підсилює ефективність. Основні методи (детерміновані, стохастичні, просторове моделювання) забезпечують гнучкість і точність підходів до аналізу різних екологічних сценаріїв. Однак, модель Лотка-Вольтерра передбачає процеси, що відбуваються лише в просторово однорідних системах і нічого не вказує про можливий розвиток подій у випадках просторових неоднорідностей. Тому вона, хоч і дає до деякої міри адекватний розв’язок, але є наближеною, спрощеною і як наслідок, усереднене розуміння процесів.

УДК 621.397
В. Ступка; В. Анненков; І. Дедів, к. т. н., доц.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

МЕТОД СТИСНЕННЯ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ НА ОСНОВІ ВЕЙВЛЕТ-КОДУВАННЯ

UDC 621.397
V. Stupka; V. Annenkov; I. Dediv, PhD., Assoc. Prof.

DIGITAL IMAGE COMPRESSION METHOD BASED ON WAVELET CODING

Актуальність стискання цифрових зображень зумовлена стрімким зростанням обсягів візуальної інформації, яку щодня генерують користувачі, камери спостереження, супутники, медичні прилади, мобільні пристрої тощо. Без ефективних методів стиснення зберігання та передавання таких даних вимагало б надзвичайно великих обчислювальних ресурсів, пропускної здатності мереж і обсягів пам’яті.

Вейвлет-перетворення вважається найпотужнішим і найширше використовуваним інструментом, що з'явився в галузі обробки сигналів за останні кілька десятиліть. Здатність вейвлетів до багатороздільного представлення, що подібна до роботи людської зорової системи, стимулювала швидке впровадження та широке використання вейвлетів в засобах цифрової обробки зображень. Алгоритми на основі вейвлетів стають домінуючими в області стискання зображень. Також, вейвлети все частіше використовуються в кодуванні вихідних даних дистанційного зондування, супутникових та інших геопросторових зображень. Крім того, вейвлети починають використовуватися за межами сфери кодування вихідних даних зі зростанням інтересу до надійної передачі зображень та відео як по дротових, так і по бездротових мережах.

Застосування вейвлет-кодування дає можливість досягнення набагато більших в порівнянні із існуючими методами коефіцієнтів стиснення при достатній якості реконструйованих зображень, незважаючи на обмежену поширеність такого підходу через його новизну та відсутність діючих стандартів.

В розробленому методі реалізовано вейвлет-перетворення, при якому зображення розкладається на коефіцієнти різних масштабів і орієнтацій; багато коефіцієнтів виявляються дуже малими і їх можна обнулити (прибрати), майже не пошкоджуючи вигляд зображення; виконується кодування тільки важливих коефіцієнтів.

Проведено опрацювання тетсового зображення розробленим методом із різними заданими параметрами стиснення та типом використаного вейвлета. Встановлено, що при мінімальному значенні множника порога стиснення найкращий результат стиснення отриманий при засосуванні вейвлета Добеші 4-го порядку, а найгірший результат отримано при застосуванні вейвлета Хаара. Середньоквадратична помилка між оригінальним і відновленим (стисненим) зображенням залишалась незмінною для усіх типів використаних вейвлетів. Якщо значення множника порога стиснення максимальне, то найкращий результат отримано для вейвлета Симлет 4-го порядку та вейвлета Добеші 4-го порядку, а найгірший результат отримано при застосуванні вейвлета Хаара. Стосовно ж середньоквадратичної помилки, то при максимальних параметрах стиснення вона збільшилась для усіх типів вейвлетів, але мінімальною все ще залишилась для вейвлетів Симплет та Добеші 4-го порядку. Візуально жодної різниці між вихідним та стиснутим навіть при максимальних параметрах стиснення зображенням не виявлено.

Таким чином встановлено, що застосування вейвлет-кодування для стиснення цифрових зображень дає можливість отримувати великі ступені стиснення при мінімальних чи невідчутних візуально спотвореннях відновлених зображень, а найкращим серед розглянутих типів вейвлетів виявився вейвлет Добеші 4-го порядку.

УДК 621.391.67, 004.942
В. Сумко; Я. Литвиненко, д. т. н., проф.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ОГЛЯД МЕТОДІВ ІНТЕРПОЛЯЦІЇ СИГНАЛІВ В ЗАДАЧАХ ОЦІНЮВАННЯ ЇХ РИТМІЧНОЇ СТРУКТУРИ

UDC 621.391.67, 004.942
V. Sumko; I. Lytvynenko, Dr., Prof.

A REVIEW OF SIGNAL INTERPOLATION METHODS FOR THE PURPOSE OF ESTIMATING THEIR RHYTHMIC STRUCTURE

Аналіз ритмічної структури сигналів є важливим етапом у багатьох наукових та прикладних дослідженнях, таких сигналів як (електрокардіограми, фонокрадіограми, та інші), акустичні сигнали та обробка циклічних технічних сигналів. У реальних умовах сигнали часто мають пропуски або вимірюються нерегулярно через обмеження обладнання чи шумові фактори, що ускладнює точну оцінку їхніх ритмічних характеристик.

У таких ситуаціях застосування методів інтерполяції стає необхідним для відновлення сигналу між дискретними вимірюваннями, забезпечення його плавності та збереження ритмічних особливостей циклічного сигналу. Використання адекватних алгоритмів інтерполяції дозволяє не лише підвищити точність аналізу, а й формує основу для подальшого дослідження циклічності чи періодичності динаміки розгортання процесів, що формують сигнал.

Дана теза стосується огляду методів інтерполяції, які застосовуються в задачах оцінювання ритмічної структури циклічних сигналів.

Аналіз ритмічної структури сигналів є ключовим завданням у багатьох прикладних областях: від біомедичних досліджень (кардіо-, нейро-, магніто-, апекс-сигнали) та інших технічних сигналів. Однією з основних проблем при цьому є неповнота або нерегулярність вимірюваних даних, що ускладнює точне визначення циклічних характеристик сигналу. Для подолання цього обмеження застосовуються методи інтерполяції, які дозволяють відновити дискретний сигнал на проміжках між вимірюваннями та забезпечити адекватне відтворення його ритмічної структури.

Серед класичних методів інтерполяції виділяють лінійну та поліноміальну інтерполяцію, які характеризуються простотою реалізації, проте мають обмежену точність при відновленні складних коливань із різною частотою або амплітудою. Для сигналів з більш складною структурою застосовуються сплайн-методи, зокрема кубічні сплайни, які забезпечують гладке відтворення сигналу та зменшують похибки на кінцевих ділянках [7].

Важливу роль у сучасних дослідженнях відіграють методи спектральної та частотно-часової інтерполяції, включно з використанням швидкого перетворення Фур'є та хвильового аналізу. Вони дозволяють не лише відновлювати значення сигналу, а й зберігати інформацію про його ритмічні особливості, що особливо важливо для аналізу циклічних, періодичних або квазіперіодичних процесів.

Крім того, активно розвиваються адаптивні та інтелектуальні методи інтерполяції, засновані на алгоритмах машинного навчання, нейронних мережах та регресійних моделях. Ці підходи дозволяють враховувати складну нелінійну поведінку сигналів і корелювати ритмічні компоненти з динамікою процесів, що їх породжують.

У висновку необхідно відмітити, що проведений огляд існуючих методів інтерполяції сигналів показує, що вибір конкретного підходу залежить від структури сигналу, частоти дискретизації та необхідної точності оцінки ритмічних характеристик. Комбінування класичних та сучасних інтелектуальних методів дозволяє досягати високої точності відновлення сигналу і забезпечує надійну основу для подальшого аналізу його ритмічної структури.

Література

1. Ахмедов В. М., Петров С. І. Методи цифрової обробки сигналів: навч. посібник. – Харків: ХНУ, 2020. – 312 с.
2. Мельник О. П. Інтерполяція та апроксимація дискретних сигналів у задачах аналізу ритму // Вісник Київського національного університету. – 2019. – Вип. 45. – С. 55–63.
3. Gonzalez R. C., Woods R. E. Digital Image and Signal Processing. – 4th ed. – New York: Pearson, 2018. – 720 p.
4. IEEE Signal Processing Society. Interpolation Techniques for Signal Analysis [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://signalprocessingsociety.org/interpolation. – Дата звернення: 30.11.2025.
5. Литвиненко Я. В. Методи ідентифікації сегментної та ритмічної структур циклічних сигналів в системах цифрової обробки даних. – Тернопіль : ТНТУ, 2019. – 663 с.
6. Lytvynenko I. Method of the quadratic interpolation of the discrete rhythm function of the cyclical signal with a defined segment structure // Вісник Тернопільського національного технічного університету. – 2016. – № 4 (84). – С. 131–138.
7. Литвиненко Я.В. Метод інтерполяції кубічним сплайном дискретної функції ритму цикліного сигналу із визначеною сегментною структурою / Литвиненко Я.В. // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – Хмельницький, 2017. – № 3. – С. 105–112
8. Method of Evaluation of Discrete Rhythm Structure of Cyclic Signals with the Help of Adaptive Interpolation Lytvynenko, I., Lupenko, S., Onyskiv, P. 2020 IEEE 15th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies, CSIT 2020 - Proceedings, 2020, 1, pp. 155–158, 9321878

УДК 004.94+519.218
М. Фриз, к. т. н., доц.; Б. Млинко, к. т. н., доц.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ ТА МЕТОДІВ МОНІТОРИНГУ ЗАБРУДНЕНЬ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

UDC 004.94+519.218
M. Fryz, PhD., Assoc. Prof.; B. Mlynko, PhD., Assoc. Prof.

SYSTEM ANALYSIS OF ATMOSPHERIC AIR POLLUTION MONITORING MODELS AND METHODS

Відповідно до класифікації, що використовується Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України, екологічні показники моніторингу та оцінки стану навколишнього природного середовища можна поділити на такі основні категорії: забруднення атмосферного повітря та порушення озонового шару атмосфери, зміна клімату, водні ресурси, біорізноманіття та ліси, земельні ресурси та ґрунти, сільське господарство, енергетика, транспорт, відходи.

Серед наведеного категорія «забруднення атмосферного повітря та порушення озонового шару атмосфери» включає: викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря, якість атмосферного повітря в міських населених пунктах, використання озоноруйнівних речовин. Категорія «енергетика» включає: кінцеве енергоспоживання [1], загальний об'єм енергоспоживання, енергоємність, енергоспоживання на основі відновлюваних джерел.

У доповіді розглядаються проблеми моделювання, аналізу та моніторингу забруднення повітря. Розглянуто задачу моделювання та аналізу концентрацій забруднення повітря діоксидом азоту. Обґрунтовано математичну модель досліджуваного процесу у вигляді умовного лінійного циклостаціонарного часового ряду [2, 3] з урахуванням фізичної природи утворення забруднення, що відображає сумарний вплив стохастично залежних викидів, що відбуваються у випадкові моменти часу. Розглянуто властивості багатовимірної характеристичної функції моделі, а також її математичного сподівання та кореляційної функції, підкреслюючи їх періодичність. На основі розробленої моделі виведено властивості циклостаціонарності [4] часових рядів, аналіз яких здійснюється системою моніторингу забруднень.

Наведено результати статистичного аналізу моментних функцій та аналіз гістограм розподілу досліджуваних даних. Обгрунтовано можливість використання розподілу Джонсона S_B.

Література

1. L. M. Scherbak, M. Y. Fryz, and V. A. Hotovych, "Electricity consumption simulation using random coefficient periodicautoregressive model," IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci., vol. 1254, no. 1, p. 12027, 2023, doi: 10.1088/1755-1315/1254/1/012027.
2. M. Fryz and B. Mlynko, "Property analysis of multivariate conditional linear random processes in the problems of mathematical modelling of signals", Technology audit and production reserves, vol. 3, no. 2(65), pp. 29–32. doi: https://doi.org/10.15587/2706-5448.2022.259906.
3. M. Fryz and B. Mlynko, "Determination of the characteristic function of discrete-time conditional linear random process and its application," Scientific Journal of TNTU, vol. 109, no. 1, pp. 16–23, 2023, doi: https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2023.01.016.
4. M. Fryz and L. Scherbak, "Properties of discrete-time conditional linear cyclostationary random processes in the problems of energy informatics," System Research in Energy, no. 1 (72), pp. 72–79. doi: 10.15407/srenergy2023.01.072.

УДК 621.372.852.15
М. Шастків; В. Березовський; А. Федунь; І. Дедів, к. т. н., доц.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДУ АДАПТИВНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ АУДІОСИГНАЛІВ НА ОСНОВІ СПЕКТРАЛЬНОГО ВІДНІМАННЯ

UDC 621.372.852.15
M. Shastkiv; V. Berezovsky; A. Fedun; Iryna Dediv, PhD., Assoc. Prof.

INCREASING THE EFFICIENCY OF THE METHOD OF ADAPTIVE AUDIO SIGNALS FILTERING BASED ON SPECTRAL SUBTRACTION

Центральною задачею обробки сигналів є розроблення ефективних методів виділення їх на фоні завад. Зокрема багато уваги приділяється питанням шумоподавлення в різних сумішах сигналів та шумів, зокрема при адитивних шумах в результаті впливів різних факторів як навколишнього середовища, так і каналу зв'язку. В якості останнього часто розглядається радіоканал.

З цією метою була розвинута теорія оптимальної фільтрації, зокрема із застосуванням адаптивних фільтрів. Такі фільтри використовуються для опрацювання нестаціонарних сигналів та середовищ, або в застосунках, де потрібна адаптація процесу по кожній вибірці або низька затримка часу обробки. Застосування адаптивних фільтрів включають багатоканальне шумоподавлення, вирівнювання каналів для стільникових мобільних систем зв'язку, придушення відлуння та кодування мовлення з малою затримкою тощо. При цьому домінуючим є напрямок розроблення адаптивних алгоритмів шумоподавлення, які можуть застосовуватись до опрацювання як радіосигналів, так і прийнятих і демодульованих/декодованих аудіосигналів для радіозв'язку та телебачення. Адаптивне шумоподавлення є методом обробки сигналів для високоефективного подавлення адитивних перешкод або шумів, що спотворюють прийнятий корисний сигнал, коли відомі параметри та характеристики перешкод, і коли корисний сигнал та перешкоди не корельовані. До таких методів відносять зокрема методи Вінерівської фільтрації, Калманівської ільтрації, спектрального віднімання тощо.

Останній метод є перспективним в плані простоти технічної реалізації, малої часової затримки опрацювання тощо. Основною ж проблемою методу спектрального віднімання є наявність спотворень обробки, спричинених випадковими варіаціями шуму. Тому залишається актуальним завданн розроблення більш ефективного методу адаптивної фільтрації радіосигналів, зокрема аудіосигналів, на основі спектрального віднімання.

Власне для підвищення ефективності методу спектрального віднімання пропонується забезпечити можливість адаптивного оцінювання параметрів шуму. Пропонований алгоритм автоматично відстежує моменти, коли корисний сигнал відсутній, і оновлює параметри спектра шуму в режимі реального часу. Власне метод базується на адаптації до ділянок сигналу, на яких відсутній корисний сигнал. Проведено експериментальну верифікацію пропонованого методу спектрального віднімання із адаптивним визначенням ділянок шуму. Показано, що пропонований метод адаптивної фільтрації на основі спектрального віднімання є більш ефективним в порівнянні із класичним методом.

УДК 004.94:620.9:519.24
Г. Шимчук; Я. Литвиненко, д. т. н., проф.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЦИКЛІЧНОГО ВИПАДКОВОГО ПРОЦЕСУ ТА ARIMA/SARIMA У МОДЕЛЯХ ГАЗОСПОЖИВАННЯ

UDC 004.94:620.9:519.24
G. Shymchuk; I. Lytvynenko, Dr., Prof.

COMPARATIVE ANALYSIS OF CYCLIC RANDOM PROCESS AND ARIMA/SARIMA IN GAS CONSUMPTION MODELS

Проблема ефективного управління газоспоживанням є однією з ключових для енергетичної безпеки держави та оптимізації ресурсів. Надійне прогнозування споживання газу дозволяє підвищити точність планування, мінімізувати ризики дефіциту та зменшити витрати на закупівлю енергоресурсів. У сучасних дослідженнях активно використовуються як класичні моделі (ARIMA, SARIMA), так і нові стохастичні підходи, зокрема моделі на основі циклічного випадкового процесу (ЦВП). Метою даної статті є порівняльний аналіз цих двох математичних підходів та визначення їхньої ефективності у задачах аналізу й прогнозування газоспоживання.

Математична модель на основі циклічного випадкового процесу

Циклічний випадковий процес відображає властивість газоспоживання що прорявляється у повторюваності його ритму (доба, тиждень, сезон), але з елементами стохастичної невизначеності. У такій моделі загальний процес представляється як сума трьох компонент:

- детермінований тренд (довгострокова тенденція зростання або зменшення споживання),
- циклічна компонента (сезонні та добові коливання),
- стохастичний залишок (складова, що відображає вплив непередбачуваних факторів).

Основна перевага моделі ЦВП полягає у можливості конструктивно відображати циклічну природу процесу. Це особливо важливо для енергетичних систем, де спостерігається виражена сезонність і добова повторюваність. Оскільки математична модель враховує сегменти процесу то їх окремий аналіз дозволяє підвищити точність опрацювання та прогнозування.

ARIMA/SARIMA моделі

ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average) та її сезонне розширення SARIMA є класичними статистичними моделями прогнозування часових рядів.

ARIMA добре підходить для стаціонарних процесів. Вона враховує автокореляцію та тренди шляхом параметрів моделі (p, d, q).

SARIMA доповнює модель сезонними параметрами (P, D, Q, s), що дозволяє відображати регулярну повторюваність даних, наприклад, сезонні коливання у газоспоживанні.

Головні переваги ARIMA/SARIMA:

- простота застосування у багатьох практичних задачах;
- наявність статистичного апарату для підбору параметрів та перевірки якості моделі;
- ефективність у короткостроковому прогнозуванні.

Проте ARIMA/SARIMA мають і обмеження, вони погано враховують нерегулярну циклічність і чутливі до зміни режимів газоспоживання, викликаних зовнішніми факторами (аномальні зими, політичні або економічні кризи).

Циклічний випадковий процес краще відображає ритмічність і дозволяє врахувати стохастичні впливи, що робить його придатним для довгострокових прогнозів.

SARIMA ефективніша для короткострокового прогнозування, коли часовий ряд має регулярну сезонність і статистичну повторюваність.

У випадку різких змін у структурі споживання газу (наприклад, зміни тарифів або технологічних режимів), ЦВП показує більшу гнучкість у моделюванні, тоді як ARIMA/SARIMA потребують повторного переналаштування параметрів.

За точністю прогнозів у короткому горизонті (1–3 місяці) ARIMA/SARIMA демонструють високу точність, але при довготривалому прогнозуванні їхня похибка зростає швидше,
ніж у ЦВП.

В даному огляді здійснено порівняння двох підходів до моделювання газоспоживання: математичної моделі на основі циклічного випадкового процесу та класичних статистичних моделей ARIMA/SARIMA. Отримані результати показують, що:

– ARIMA/SARIMA доцільно застосовувати для короткострокових прогнозів у стабільних умовах.

– ЦВП-модель забезпечує більш точне відображення циклічних та стохастичних властивостей процесу, що робить її ефективнішою у довгострокових прогнозах та при змінних зовнішніх факторах.

Таким чином, найкращим рішенням є комбіноване використання двох підходів: застосування ARIMA/SARIMA для короткострокового прогнозування та моделі на основі циклічного випадкового процесу для довгострокового аналізу та стратегічного планування.

Література

1. C. A. Villacorta Cardoso and G. Lima Cruz, «Forecasting Natural Gas Consumption using ARIMA Models and Artificial Neural Networks,» in IEEE Latin America Transactions, vol. 14, no. 5, pp. 2233-2238, May 2016, doi: 10.1109/TLA.2016.7530418.
2. Cardoso, C. A. V., & Cruz, G. L. (2016). Forecasting natural gas consumption using ARIMA models and artificial neural networks. IEEE Latin America Transactions, 14(5), 2233-2238.
3. Lupenko, S., Lytvynenko, I., Nazarevych, O., Shymchuk, G., & Hotovych, V. (2021, December). Approach to gas consumption process forecasting on the basis of a mathematical model in the form of a random cyclic process. In Proceedings of the International Conference „Advanced applied energy and information technologies 2021”, 2021 (pp. 213-219). TNTU, Zhytomyr «Publishing house „Book-Druk “» LLC.
4. Lytvynenko, I., Lupenko, S., Kunanets, N., Nazarevych, O., Shymchuk, G., & Hotovych, V. (2021). Simulation of gas consumption process based on the mathematical model in the form of cyclic random process considering the scale factors. In 1st International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems, ITTAP (Vol. 2021).
5. Wang, H., Gao, X., Zhang, Y., & Yang, Y. (2025). Natural Gas Consumption Forecasting Model Based on Feature Optimization and Incremental Long Short-Term Memory. Sensors, 25(10), 3079.
6. Lytvynenko, I., Lupenko, S., Nazarevych, O., Shymchuk, H., & Hotovych, V. (2022). Additive mathematical model of gas consumption process. Вісник Тернопільського національного технічного університету, 104(4), 87-97.

СЕКЦІЯ 2. ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ, КІБЕРБЕЗПЕКА

УДК 004.72
О. Бідюк, аспірант; С. Марценко, к. т. н., доц.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

АНАЛІЗ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ ХМАРНИХ ІТ СЕРИДОВИЩ

UDC 004.72
O. Bidiuk, PhD student; S. Martsenko, PhD., Assoc. Prof.

ANALYSIS OF CLOUD IT ENVIRONMENT PROTECTION TOOLS

Сучасні хмарні ІТ середовища набувають все більшої популярності завдяки своїй гнучкості, масштабованості та економічній ефективності, що дозволяє організаціям швидко адаптуватися до змін бізнес-процесів і знижувати витрати на ІТ-інфраструктуру. Проте зростання використання хмарних технологій супроводжується значними викликами в галузі інформаційної безпеки, які потребують комплексного підходу до захисту даних і сервісів [1].

Провайдери хмарних послуг пропонують Security as a Service підхід, що дозволяє користувачам використовувати сучасні засоби захисту без необхідності їх самостійного адміністрування. Однак питання прозорості, відповідальності та відповідності нормативним вимогам залишаються актуальними і потребують подальшого удосконалення.

Одним із сучасних напрямків дослідження є автоматизація розгортання та управління хмарною інфраструктурою за допомогою інструментів, таких як Terraform та Ansible. Даний підхід дозволяє підвищити швидкість і повторюваність процесів, знизити ймовірність людських помилок і забезпечити контроль змін. Проте автоматизація також створює нові ризики, пов’язані з можливістю зберігання конфіденційних даних у скриптах, залежністю від сторонніх бібліотек і необхідністю регулярного аудиту автоматизованих процесів. Для мінімізації цих ризиків використовується інтеграція безпекових перевірок у CI/CD процеси та контроль розміщення чутливої інформації [2].

Таким чином, забезпечення інформаційної безпеки в хмарних ІТ середовищах є складним і багатогранним завданням, що вимагає комплексного підходу, який поєднує технологічні рішення, автоматизацію процесів, постійний моніторинг та навчання користувачів.

У наступних дослідженнях пропонується більш детальніше проаналізувати сучасні підходи, що спрямовані на вдосконалення методів захисту, розробку нових інструментів автоматизації безпеки та підвищення обізнаності користувачів, що є ключовими факторами для мінімізації ризиків і підтримки надійності хмарних систем в умовах постійно зростаючих кіберзагроз.

Література

1. Robinson, F.; Evans, T. Cloud Security Standards and Frameworks: An Overview. J. Cloud Comput. 2023, 78–95. [Google Scholar].
2. Lewis, G.; Hall, S. Cloud Security Posture Management: Tools and Techniques. ACM Comput. Surv. 2023, 1–25. [Google Scholar].

УДК 621.382.8
Б. Білоус, аспірант; М. Паламар, д. т. н., проф.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ СТЕРЕОСИСТЕМ З ГЛИБИННОЮ КАРТОЮ НА ЯКІСТЬ РОЗПІЗНАВАННЯ ДИНАМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ У СИСТЕМАХ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ

UDC 621.382.8
B. Bilous, graduate student; M. Palamar, Dr., Prof.

ANALYSIS OF THE IMPACT OF STEREO VISION SYSTEM PARAMETERS WITH DEPTH MAPS ON DYNAMIC OBJECT RECOGNITION PERFORMANCE IN MACHINE VISION

Ключові слова: фокусна відстань, дефокус, розпізнавання об’єктів, нейромережеві детектори.

Keywords: focal length, defocus, object recognition, neural network detectors.

Сучасні системи технічного зору для розпізнавання та супроводу динамічних об’єктів (БПЛА, транспортних засобів, людей тощо) широко використовують стереобачення з побудовою глибинної карти сцени. У таких системах точність оцінки просторового положення цілі визначається не лише алгоритмами нейромережевої обробки, а й стабільністю геометричних параметрів камер та якістю формування зображення. Одним із ключових факторів тут є спосіб фокусування: використання змінної фокусної відстані (автофокусу) або фіксованого фокуса, заданого під конкретний робочий діапазон.

Робота присвячена дослідженню та аналітичній оцінці параметрів, конструктивних особливостей синхронних ПЗС-камер стереозображення для побудови систем технічного зору з метою ефективного розпізнавання високодинамічних об’єктів.

Зокрема розглядалися особливості побудови системи технічного зору наземних

роботизованих комплексів (НРК) із камерами з фіксованим фокусом та із змінною фокусною відстанню.

Як показано у дослідженнях [1–3] розмиття зображення спричинене дефокусом, суттєво знижує ефективність моделей глибинного навчання при класифікації та виявленні об’єктів. Дефокус спричиняє втрату високочастотних деталей та контрасту, що веде до зниження точності локалізації й зростання кількості хибних спрацьовувань та пропусків об’єктів. У дослідженні [4] показано, що згорткові нейромережі (CNN), навчені на чітких зображеннях, втрачають точність при їх розмитті. Це особливо помітно у випадках дефокусу, рухової або комбінованої розмитості, якщо не використовуються спеціальні методи обробки, (деблюринг або додавання розмитих прикладів під час навчання). На рис.1 наведено різні види розмиття зображення що впливають на точність ідентифікації динамічних об’єктів.

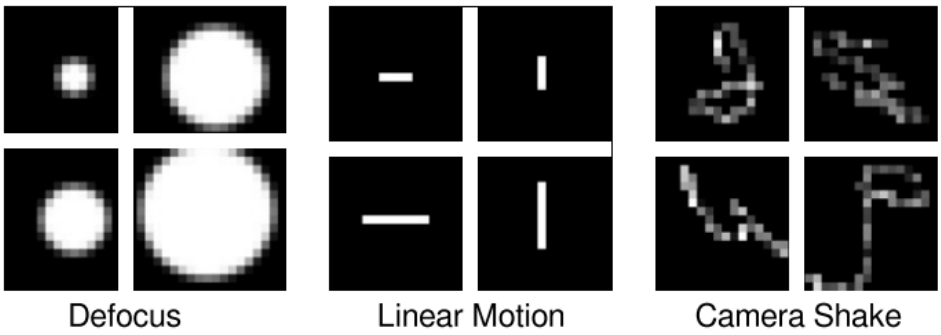


Рисунок 1. Приклади ядер розмиття, використаних у дослідженнях: дефокус (ліворуч), лінійний рух (центр), тремтіння камери (праворуч). Всі ці типи розмиття по-різному впливають на точність моделей глибинного навчання при класифікації об’єктів [4]

Для стереосистем проблема розфокусу ускладнюється тим, що глибинна карта обчислюється з диспаратності пар відповідних точок. Будь-яке зниження різкості або зміна фокусної відстані впливають на положення проекцій точок на матрицях камер, змінюють ефективну фокусну відстань та, як наслідок, призводять до геометричних похибок тріангуляції [1]. Стереозір і методи оцінки глибини з дефокусу ґрунтуються на одному і тому самому принципі геометричної тріангуляції, а зміна фокусної відстані розглядається як зміна параметрів проекції у цьому перетворенні. Якщо внутрішні параметри камери (фокусна відстань, положення головної точки тощо) змінюються в часі внаслідок роботи автофокусу, це призводить до зміни налаштованої моделі отриманої внаслідок калібрування і на якій базуються стандартні стерео алгоритми.

У стереосистемах особливо важлива стабільність внутрішніх і зовнішніх параметрів камер. Навіть невеликі зміни положення матриці, об'єктива або базової відстані призводять до систематичних помилок у вимірюванні глибини [5]. У промислових рекомендаціях щодо вибору оптики для стереосистем окремо наголошується на необхідності жорсткої, стабільної механіки та використанні фіксованих, добре задокументованих параметрів об'єктива для забезпечення повторюваності розрахованої глибини [6].

У системах зі змінною фокусною відстанню (автофокус) механізм фокусування постійно підлаштовує положення лінз відносно матриці, щоб забезпечити максимальну різкість для об'єкту спостереження. Оглядові матеріали з технології автофокусу вказують, що пасивні автофокусні системи, які базуються на аналізі контрасту або фазовому зміщенні, мають низку типових ефектів: затримки фокусування, «полювання» (hunting) у складних умовах освітлення чи низької текстурованості, а також часткові промахи при швидкому русі об'єкта [7]. Для задач супроводу динамічних об'єктів це означає, що певна частина кадрів неминуче буде зафіксована у фазі перестановки лінз, коли різкість різко падає. У ці моменти внутрішні параметри камери вже не відповідають тим, що використовувалися під час калібрування стереопари.

Фіксована фокусна відстань, навпаки, забезпечує незмінність оптичної схеми в часі. Якщо фокус обрано так, щоб площина найкращої різкості потрапляла в робочий діапазон, камера функціонує як система зі стабільними внутрішніми параметрами. Використання малих сенсорів, коротких фокусних відстаней і високих значень діафрагми дозволяє досягти великої глибини різкості – коли як близькі, так і середні відстані залишаються достатньо чіткими. У такому режимі достатньо виконати лише одну калібровку стереосистеми – її результати залишатимуться дійсними протягом тривалого часу. Кожен новий кадр відповідатиме тому самому набору внутрішніх параметрів, що зменшує варіативність похибок у глибині та полегшує роботу нейромережевих трекерів, які використовують 3D-координати.

Отже, за результатами аналізу можна відзначити, що для розпізнавання високодинамічних об'єктів при проєктуванні системи машинного зору фіксований фокус має низку важливих переваг, які можна умовно поділити на технічні та алгоритмічні.

Технічні переваги:

- Відсутність фаз перефокусування дозволяє уникнути окремих фрагментів відео з сильним дефокусом, які інакше знижують достовірність детекції та можуть призводити до розривів траєкторій.
- Стабільна різкість дає змогу впевнено використовувати просторово-часові фільтри, оскільки зміни текстур у зображенні не спотворюються роботою оптики, а відображають реальні події в сцені.
- Стабільність внутрішніх параметрів, що критично важливо для точності триангуляції та стійкості калібрування.
- Відсутність фаз автофокусування з різким погіршенням різкості, які негативно впливають на роботу нейромережевих детекторів.

Алгоритмічні переваги:

- Стабільна геометрія камери допомагає коректно працювати багатокадровим (multi-frame) і багаторакурсним методам (multi-view), які покладаються на незмінність її параметрів (згладження диспаратності, баєсові фільтри, оптичний потік).
- Зменшення загальної варіативності глибинних оцінок і, як наслідок, підвищення якості трекінгу динамічних об'єктів.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на кількісну оцінку точності глибинної карти та ефективності алгоритмів розпізнавання й супроводу динамічних об’єктів (зокрема за метриками mAP, IDF1, MOT) у контексті використання стереокамер із фіксованим фокусом за різних умов освітлення й руху.

Література

1. Y.Y. Schechner, N. Kiryati. Depth from Defocus vs. Stereo: How Different Really Are They? Proc. ICPR, 1998.
2. A.A.K. Ashar et al. A Survey on Object Detection and Recognition for Blurred Images. ACM Computing Surveys, 2024.
3. P. Müller et al. Examining the Impact of Optical Aberrations to Image Classification and Object Detection Models, 2025.
4. Igor Vasiljevic, Ayan Chakrabarti, Gregory Shakhnarovich. Examining the Impact of Blur on Recognition by Convolutional Networks. 30 May 2017.
5. Xu Wang, Yang Gao, and Zhenzhong Wei. Calibration method for large-field-of-view stereo vision system based on distance-related distortion model. Optica Publishing Group, 2023. https://doi.org/10.1364/OE.492498.
6. Stereo Applications Need a Dedicated Lens Choosing.
7. N. Mansurov. Autofocus Modes Explained. Photography Life, 2023.
8. S. Yoshihara et al. Does Training with Blurred Images Bring Convolutional Neural Networks Closer to Humans? Vision Research / PMC, 2023.
9. Analyzing the Side Effects of Blur in Image Classification with Convolutional Neural Networks. ResearchGate preprint, 2025.
10. X. Wang et al. Calibration Method for Large-Field-of-View Stereo Vision System. Optics Express, 2023.
11. K. Wei et al. Accuracy Evaluation of Calibration Methods for Large Field-of-View Cameras. Optics & Laser Technology, 2025.
12. J.K. Harvey et al. Calibration Stability of an Underwater Stereo-Video System: Implications for Measurement Accuracy and Precision. Marine Technology Society Journal, 2003.
13. Canon. All about Autofocus (AF) Systems.
14. How to Use AF Tracking Modes for Capturing Moving Subjects. iPhotography, 2025.
15. M. Palamar, V. Pohrebennyk, I. Puleko, V. Chumakevych, V. Ptashnyk, Automated decryption of bodies of water on the basis of Landsat-8 satellite images with reference to controlled classification, Przeglad Elektrotechniczny, 2020, 96 (11), pp. 115–118.
16. V. Vlasenko, V. Mamarev, V. Ozhinskyi, O. Ulyanov, V. Zakharenko, M. Palamar, A. Chaikovskyi, Method of constructing the primary error matrix of the RT-32 radio telescope in an automated mode, Space Science & Technology, 2021, vol. 27, no 3 (130). pp. 66–75.

УДК 621.382.8
Б. Білоус, аспірант; М. Паламар, д. т. н., проф.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ПОРІВНЯННЯ АПАРАТНИХ ПЛАТФОРМ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ДИНАМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ З ОБМЕЖЕННЯМИ ПО ЕНЕРГОСПОЖИВАННЮ ТА МАСІ

UDC 621.382.8
B. Bilous, graduate student; M. Palamar, Dr., Prof.

COMPARISON OF HARDWARE PLATFORMS FOR DYNAMIC OBJECT RECOGNITION UNDER POWER AND WEIGHT CONSTRAINTS

Ключові слова: розпізнавання об'єктів, стереозір, вбудовані системи.
Key words: object detection, stereo vision, embedded systems.

У системах комп'ютерного зору дедалі важливішим стає завдання точного та енергоефективного розпізнавання динамічних об'єктів у реальному часі. Вибір апаратної платформи суттєво впливає на точність, затримку, автономність і вартість розгортання таких рішень. У роботі виконано порівняльний аналіз трьох сучасних трикамерних платформ, з огляду на критерії, релевантні до задачі розпізнавання динамічних об'єктів у мобільних або енергозалежних сценаріях.

У порівнянні розглядаються три апаратні рішення, які реалізують трикамерну архітектуру з різними підходами до обробки даних глибини та підтримки нейромережевого аналізу:

- Luxonis OAK-D-Lite – камера просторового AI з вбудованим VPU Myriad X.
- Intel RealSense D435i – камера з активним стереозором та IMU, що покладається на зовнішній обчислювальний модуль.

e-con Systems e-CAM130A_TRICUTX2 + Jetson TX2 – три високоякісні RGB-камери, обробка виконується на зовнішньому GPU.

Ці платформи обрані з огляду на обмеження по масі та енергоспоживанню, які є типовими для мобільних робототехнічних систем, БПЛА або edge-пристроїв.

Критерії, що мають вирішальне значення для розпізнавання динамічних об'єктів:

1) Роздільна здатність і частота кадрів – важливі для точного розпізнавання на швидких сценах.
2) Тип затвора – global shutter забезпечує менше спотворень при русі.
3) Підтримка глибинної карти (stereo depth) – визначає можливість трекінгу у 3D-просторі.
4) Обчислювальні ресурси для AI – наявність вбудованої нейромережевої обробки зменшує затримки.
5) Споживана потужність та маса – критичні для автономних систем.

Таблиця 1. Порівняльні параметри платформ

Платформа	RGB камера	Стерео (тип, fps)	Затвор	Глибина	Вбудований AI	Енергоспоживання (Вт)	Маса (г)
OAK-D-Lite	13 Мп, AF/FF	2× 0.3 Мп, до 200 fps	GS	0.8–12 м	Myriad X	~5	61
RealSense D435i	2 Мп, FF	2× IR, до 90 fps	GS	0.2–10 м	–	~4	72
e-CAM130A + TX2	3× 13 Мп, FF	3× 4K@30	RS	–	Jetson TX2	~15	>180

		fps (async)					

OAK-D-Lite демонструє збалансовану конфігурацію: достатню роздільну здатність, підтримку глибинної карти, глобальний затвор в монохромних камерах та вбудований модуль нейромережевої обробки (VPU). Це дає змогу обробляти відеопотік локально без потреби в зовнішньому комп'ютері. У порівнянні, RealSense D435i також забезпечує stereo depth і IMU, але вимагає зовнішнього хоста для обчислення AI. e-con TRICUTX2 з TX2 вирізняється роздільною здатністю, однак має послідовний затвор (rolling shutter) та високе споживання енергії.

Серед розглянутих платформ Luxonis OAK-D-Lite є оптимальним вибором у класі легких, енергоефективних та автономних рішень для розпізнавання динамічних об'єктів. Її переваги полягають у поєднанні вбудованої нейромережевої обробки, глобального затвора та підтримки глибинної карти при низькому енергоспоживанні й масі.

Література

1. Luxonis. OAK-D-Lite Hardware Overview. https://docs.luxonis.com/hardware/products/OAK-D%20Lite
2. Intel RealSense depth camera D435i.
3. https://www.intel.com/content/www/us/en/products/sku/190004/intel-realsense-depth-camera-d435i/specifications.html
4. e-con Systems. e-CAM130A_TRICUTX2. https://www.e-consystems.com/three-synchronized-4k-cameras-for-nvidia-jetson-tx2.asp
5. Palamar M., Yavorska M., Strembitskyi M., Strembitskyi V. Selection of the efficient video data processing strategy based on the analysis of statistical digital images characteristics. Scientific Journal of TNTU. – Tern. : TNTU, 2018. – Vol 91. – No 3. – P. 107–114. – (Instrument-making and information-measuring systems).
6. Palamar M., Strembitskiy M., Chaikovskyi A., Pasternak Y., Kruglov V. Studying cluster neural networks for computer vision. 2019
7. http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/28833
8. Palamar M., Strembitskiy M., Batiuk, M., Chaikovskyi A., Plavutska, I. Information system for detecting low-flying air targets and recognition of their class, 2024.

УДК 004.4
Д. Бойко
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

УДОСКОНАЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО СОРТУВАННЯ ДАНИХ ДЛЯ ІНТЕГРАЦІЇ В «GOOGLE DRIVE API» НА ОСНОВІ КОНТЕНТУ

UDC 004.4
D. Boiko

IMPROVEMENT OF THE INFORMATION SYSTEM OF INTELLIGENT DATA SORTING FOR INTEGRATION INTO “GOOGLE DRIVE API” BASED ON CONTENT

Сучасні інформаційні моделі та технології все частіше орієнтовані на автоматизацію роботи з великими масивами даних, що зумовлює потребу в інтелектуальних системах їх аналізу й обробки. На цій основі розгортається технологічна платформа BackupDriveApp – компактний PHP-додаток, що використовує Google Drive API, MySQL та архітектуру MVC+Service для безпечного зберігання й керування резервними копіями користувачів. [1] Архітектура системи реалізована у вигляді модульної багаторівневої структури, де кожен компонент виконує окрему функціональну роль у процесі інтелектуального сортування даних. Логіка обробки запитів розділена на маршрутизацію, сервісний рівень та модуль аналізу контенту, що забезпечує відокремлення бізнес-процесів від операцій взаємодії з Google Drive API. [2]

Рисунок 1. Послідовність обробки запиту в системі

База даних моделює зв’язок користувачів і їхніх бекапів, а функціональні модулі забезпечують реєстрацію, автентифікацію, завантаження файлів, інтеграцію з Drive, обробку токенів, відновлення та видалення копій згідно визначених алгоритмів взаємодії з API [3]. Завдяки поєднанню цих компонентів формується алгоритмічна основа системи, що охоплює валідацію, фільтрацію, контроль доступу, послідовність операцій із файлами та використання зовнішнього сервісу як формалізованого ресурсу з чіткими правилами запиту й відповіді. Наукова новизна полягає у формуванні контент-орієнтованої моделі сортування, що враховує внутрішні атрибути файлів та дозволяє автоматично визначати їхню категорію перед передачею до Google Drive API [4]. Подальший розвиток проєкту передбачає масштабування логіки обробки даних, впровадження автоматизованих моніторингових механізмів, оптимізацію взаємодії з API та розширення функціональності системи у напрямі складніших моделей резервування й аналізу інформації.

Література

1. Google Drive API Overview [Електронний ресурс] : https://developers.google.com/workspace/drive/api/guides/about-sdk Доступ до ресурсу: 09.12.2025.
2. Ben Shaw. Web Development with Django: Learn to build modern web applications with a Python-based framework / Ben Shaw, 2021 – с. 826.
3. Brenda Jin. Designing Web APIs / Brenda Jin, Saurabh Sahni, Amir Shevat.
4. Luis Serrano. Grokking Machine Learning / Luis Serrano, 2021 – с. 512.

УДК 621.326
В. Бонар; В. Готович к. т. н., доц.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

МЕТОДИ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ЗАВЧАСНОГО ПЕРЕДБАЧЕННЯ НЕСПРАВНОСТЕЙ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ НА ОСНОВІ OBD-2 ДАНИХ

UDC 621.326
V. Bonar; V. Hotovych, PhD.

MACHINE LEARNING METHODS FOR EARLY PREDICTION OF VEHICLE MALFUNCTIONS BASED ON OBD-2 DATA

Протокол OBD-2 є стандартизованим способом зчитування сигналів, пов'язаних з роботою різних систем транспортного засобу. Інформацію можна збирати безперервно під час руху, що забезпечує покращення та здешевлення технічного обслуговування, зменшення витрати палива, моніторинг викидів та розуміння поведінки водія [1]. Реальні дані про водіння є неоднозначними та складними, що ускладнює їх аналіз традиційними методами: сигнали можуть містити так звані шуми, бути неповними або залежати від погоди, дорожнього руху або інших зовнішніх факторів, а різні транспортні засоби можуть відображати подібні проблеми по-різному. Машинне навчання допомагає знайти закономірності та взаємозв'язки, які важко виявити лише за допомогою простих правил порогових значень. Існують різні методи використання машинного навчання. Вони різняться у підході до реалізації, вимогах до першопочаткових даних та кінцевій меті [2] (рис. 1).

Кероване навчання використовується, коли набір містить історичні дані з відомим результатом. Наприклад, якщо набір даних містить містки, які позначають певний тип несправності, модель може навчитися класифікувати несправності у майбутніх даних. Керовані методи є надійними, оскільки їхню ефективність можна чітко виміряти, а отримані моделі можна перевірити на відповідність відомим даним.

Навчання з підкріпленням є актуальним, коли мета – це адаптивна оптимізація, а не чиста діагностика. Система навчається, пробуючи різні дії та спостерігаючи за кінцевими результатами, поступово вдосконалюючи свої рішення для максимізації точності. Модель може використовуватись для оптимізації енергоефективності, надаючи рекомендації стратегій водіння, що балансують продуктивність та використання палива за змінних умов.

Некероване навчання використовується, коли набір даних не містить міток результату. Дані методи вивчають, які значення мають сигнали при визначеному нормальному стані транспортного засобу. Це може бути використано для виявлення аномалій у окремих записах, які можуть відобразити нетипову поведінку ще до того, як спрацює діагностичний код помилки або певна система транспортного засобу вийде з ладу.

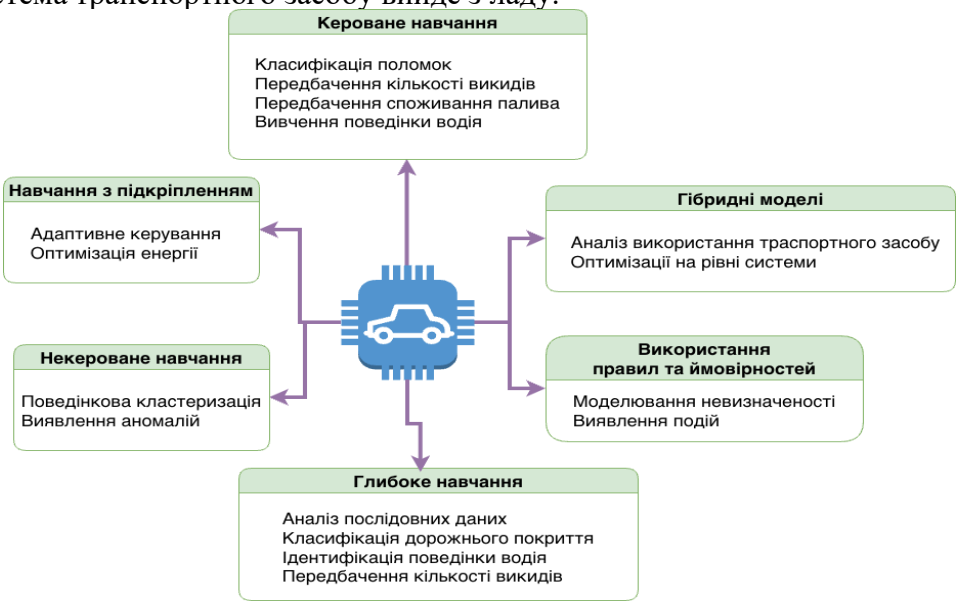


Рисунок1. Методи машинного навчання для завчасного передбачення несправностей транспортного засобу на основі OBD-2 даних

Глибоке навчання надає можливості знаходити складні, нелінійні або з сильною залежністю від часу зв’язки. Багато явищ у транспортних засобах є за своєю суттю послідовними. Закономірності, пов'язані з поведінкою прискорення, тепловими змінами або періодичними несправностями, можуть мати сенс лише при аналізі певного часового вікна, а не в конкретний момент часу. Глибокі моделі, які обробляють послідовності, можуть фіксувати тонкі взаємодії між кількома сигналами та забезпечувати покращену продуктивність.

Гібридні підходи передбачають можливість комбінованого використання інших методів машинного навчання. Система може використовувати некероване навчання для виявлення неочікуваних закономірностей, кероване навчання – для класифікації відомих несправностей та якусь додаткову логіку, засновану на правилах, для покращення результатів конкретної задачі.

Використання правил та ймовірностей є доповненням машинного навчання та слугують як шари перевірки або резервні механізми. Перевагою імовірнісних методів та правил є точність та відтворюваність.

Разом перелічені підходи утворюють інструментарій для перетворення сигналів OBD-2 на змістовні висновки щодо поведінки транспортного засобу. Надійні аналітичні системи OBD-2 переважно інтегрують кілька з цих методів, створюючи науково обґрунтовані, але достатньо практичні для підтримки реальних транспортних засобів та водіїв можливості.

Література

3. Dimitrios Rimpas, Andreas Papadakis, Maria Samarakou, OBD-II sensor diagnostics for monitoring vehicle operation and consumption, Energy Reports, Volume 6, Supplement 3, 2020, Pages 55-63, ISSN 2352-4847, https://doi.org/10.1016/j.egyr.2019.10.018.
4. Michailidis, E.T.; Panagiotopoulou, A.; Papadakis, A. A Review of OBD-II-Based Machine Learning Applications for Sustainable, Efficient, Secure, and Safe Vehicle Driving. Sensors 2025, 25, 4057. https://doi.org/10.3390/s25134057

УДК 004.4
А. Боруха; А. Бадалян, к. ф.-м. н.
(Сумський держаний університет, Україна)

ВЕБОРІЄНТОВАНА ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ЕЛЕКТРОННОЇ КОМЕРЦІЇ: АРХІТЕКТУРА, ФУНКЦІОНАЛЬНІСТЬ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

UDC 004.4
A. Borukha; A. Badalyan, PhD.

WEB-ORIENTED INFORMATION SYSTEM FOR E-COMMERCE: ARCHITECTURE, FUNCTIONALITY AND DEVELOPMENT PROSPECTS

Сучасні електронні торговельні платформи потребують високого рівня адаптивності, інтерактивності та структурованості інформаційних модулів, що зумовлює важливість розроблення ефективних веборієнтованих інформаційних систем. Актуальність дослідження зумовлена швидким розвитком онлайн-торгівлі, підвищеними вимогами до адаптивності вебінтерфейсів та необхідністю оптимізації взаємодії користувача з цифровими торговельними платформами [1].

Метою дослідження було комплексне застосування компонентної архітектури та модульного підходу до організації інтерфейсу. Використання фреймворку Vue.js дало можливість реалізувати динамічну клієнтську частину, що підтримує розширення, повторне використання компонентів і підвищує структурованість коду. Застосування Tailwind CSS забезпечило формування адаптивного інтерфейсу з мінімальними витратами на ручну стилізацію та стандартизовану систему візуальних класів [2]. Розроблена система містить такі ключові модулі:

– каталог товарів із розширеними можливостями сортування, фільтрації та пошуку;
– механізми управління вибраними елементами та формування замовлення;
– інтерфейсні модулі взаємодії з користувачем (модальні вікна, форми введення, алгоритми перевірки коректності даних).

Запропонована структура даних та інформаційна архітектура забезпечують логічну організацію каталогу і мінімізують когнітивне навантаження на користувача. Проведене ручне тестування підтвердило стабільність роботи системи на різних типах пристроїв та коректність відображення в основних браузерах [3]. Практична цінність розробки полягає в можливості її застосування як гнучкої основи для створення комерційних онлайн-систем із будь-яким типом асортименту. Запропонована архітектура придатна для масштабування та інтеграції з зовнішніми сервісами.

Література

1. Vue.js Core Team. Vue.js Official Documentation. – Режим доступу: https://vuejs.org/guide.
2. Tailwind Labs. Tailwind CSS Documentation. – Режим доступу: https://tailwindcss.com/docs.
3. Бондаренко В. А. Інформаційні системи та технології в електронній комерції : навч. посіб. – Київ : КНЕУ, 2020. – 312 с.

УДК 004.056.5
В. Бурса; І. Мудрик, доктор філософії
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ПЕРСПЕКТИВИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ОПОВІЩЕННЯ ПРО ВРАЗЛИВОСТІ ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ НА ОСНОВІ ДАНИХ NVD ТА ІДЕНТИФІКАТОРІВ CPE

UDC 004.056.5
V. Bursa; I. Mudryk, PhD.

PROSPECTS OF AUTOMATED VULNERABILITY ALERTING FOR SOFTWARE PRODUCTS BASED ON NVD DATA AND CPE IDENTIFIERS

Зважаючи на стрімке зростання кількості відомих вразливостей та постійне оновлення бази National Vulnerability Database, ручний моніторинг безпекових повідомлень стає малоефективним і створює ризик пропуску критичних загроз для програмних продуктів [1]. Навіть за наявності фільтрів у NVD спеціалісти змушені витрачати значний час на відбір релевантних записів.

Виникає питання: чи можна створити веб-сервіс, який автоматично відбиратиме потрібні записи з NVD на основі формального опису продуктів за допомогою Common Platform Enumeration та повідомлятиме фахівців про важливі вразливості електронною поштою [2]?

Метою роботи є проєктування веборієнтованої системи моніторингу, що періодично звертається до NVD, фільтрує вразливості за CPE-ідентифікаторами і ключовими словами та формує автоматичні e-mail-сповіщення для визначених отримувачів. Основна ідея полягає у налаштуванні користувачем «моніторингів», кожен з яких задає цільові продукти, ключові слова та пороговий рівень критичності; система регулярно виконує перевірку і надсилає стислий звіт із переліком актуальних CVE.

Подальший розвиток передбачає підключення додаткових джерел (вендорські бюлетені, списки активно експлуатованих вразливостей), розширення каналів сповіщення (месенджери, інтеграція з SIEM) та додавання аналітичних засобів для оцінки динаміки ризиків [3]. Це дозволить перетворити систему на гнучкий компонент комплексного процесу управління інформаційною безпекою.

Література

1. National Vulnerability Database (NVD). National Institute of Standards and Technology [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://nvd.nist.gov.
2. Cheikes B. A., Waltermire D., Scarfone K. Common Platform Enumeration: Naming Specification. Version 2.3 : NIST Interagency Report 7695 [Електронний ресурс]. – Gaithersburg, MD : NIST, 2011. – Режим доступу: https://csrc.nist.gov/pubs/ir/7695/final.
3. Кавун С. В., Носов В. В., Манжай О. В. Інформаційна безпека : навч. посіб. – Харків : Вид-во ХНЕУ, 2008. – 352 с.

УДК 004.056.53:004.8
Д. Вихованець; М. Стадник, к. т. н.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ВИЯВЛЕННЯ ФІШИНГОВИХ ПОВІДОМЛЕНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ LLM

UDC 004.056.53:004.8
D. Vykhovanets; M. Stadnyk, PhD.

DETECTION OF PHISHING MESSAGES USING LLMS

Виявлення фішингових повідомлень за допомогою великих мовних моделей (LLM) є одним із найперспективніших напрямів сучасної кібербезпеки. Стрімке зростання кількості електронних комунікацій та масштабування соціоінженерних технік призвели до того, що фішинг став домінуючим вектором атак: за даними Verizon DBIR [1], 42% успішних кіберінцидентів у 2025 році починалися з фішингової взаємодії, а аналітика IBM свідчить, що середня вартість наслідків однієї фішингової атаки сягає 4,76 млн доларів США. Компанія Proofpoint [2] відзначає, що понад 90% світових організацій щороку піддаються фішинговим атакам, а частота таргетованого spear-phishing зросла більш ніж на 22% у 2023–2025 рр. Одночасно зі збільшенням кількості загроз спостерігається й підвищення їх складності, оскільки зловмисники активно використовують генеративні моделі для створення високоякісних та персоналізованих фішингових повідомлень, які складно виявити традиційними методами.

Традиційні підходи до виявлення фішингу демонструють зниження ефективності через динамічний характер атак та здатність зловмисників обходити відомі механізми захисту. Це створює потребу у впровадженні інтелектуальних систем, здатних аналізувати не лише поверхневі ознаки, а й семантичний зміст, контекст, наміри та приховані патерни в тексті повідомлень.

Поява великих мовних моделей (GPT, LLaMA, Claude, Mistral та ін.) докорінно змінила можливості аналізу текстової інформації. Архітектура Transformer забезпечує глибоке розуміння контексту, що дозволяє LLM виявляти фішингові повідомлення у zero-shot та few-shot режимах, часто без додаткового навчання на спеціалізованих вибірках. Це значно підвищує гнучкість та швидкість адаптації системи до нових типів атак, включаючи spear-phishing, clone-phishing та шахрайські повідомлення у соціальних мережах і месенджерах. Використання технологій fine-tuning, prompt engineering та RAG-архітектури відкриває можливість створення високоточних моделей класифікації фішингових текстів, які не лише визначають наявність загрози, але й пояснюють логіку прийнятого рішення.

Проте застосування LLM у сфері кібербезпеки супроводжується низкою викликів: ризиком генеративних галюцинацій, потенційними вразливостями до prompt-ін’єкцій, необхідністю захисту конфіденційних даних та оптимізації обчислювальних ресурсів під час розгортання моделі в хмарі або локальній інфраструктурі.

Експериментальні дослідження та практичні впровадження демонструють, що LLM-орієнтовані рішення можуть значно підвищити точність виявлення фішингу, зменшити кількість хибних спрацювань і забезпечити здатність системи адаптуватися до загроз.

Література

1. Verizon. (2025). 2025 Data Breach Investigations Report. https://www.verizon.com/business/resources/T555/reports/2025-dbir-data-breach-investigations-report.pdf (date of access: 03.12.2025).
2. Proofpoint. (2024). State of the Phish 2024. Proofpoint, Inc. https://www.proofpoint.com/us/resources/threat-reports/state-of-phish (date of access: 03.12.2025).

УДК 004.056.5
Н. Вівчарівський; Т. Лечаченко, доктор філософії
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

МЕХАНІЗМ БЕЗПЕЧНОГО ОНОВЛЕННЯ КОНТЕЙНЕРІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ КРИПТОГРАФІЇ

UDC 004.056.5
N. Vivcharivskyi; T. Lechachenko, PhD.

SECURE CONTAINER UPDATE MECHANISM USING CRYPTOGRAPHY

Сучасні CI/CD-конвеєри пришвидшують розробку програмного забезпечення, проте стають ціллю атак на ланцюги постачання. Компрометація етапів збірки чи деплойменту контейнерів може призвести до впровадження шкідливого коду або витоку секретів. Показовим прикладом є атака GhostAction (вересень 2025 року), коли зловмисники вбудували шкідливі CI-воркфлови у GitHub-репозиторії та викрали понад 3 тисячі секретів із більш ніж 800 проєктів [1]. Це актуалізує потребу у механізмах довіри до контейнерів і конфігурацій на всіх етапах їх життєвого циклу.

У роботі запропоновано механізм безпечного оновлення контейнеризованих застосунків, що поєднує два рівні захисту: криптографічний підпис контейнерних образів і шифрування конфігураційних файлів. Для підпису використано інструмент Cosign з екосистеми Sigstore, який зберігає сигнатури в OCI-сумісному реєстрі та дає змогу виявляти несанкціоновані зміни образу під час розгортання [2]. Конфіденційність секретів (паролі, токени, змінні оточення) забезпечує утиліта Mozilla SOPS, що шифрує YAML/JSON-файли із застосуванням сучасних криптоалгоритмів, тоді як ключі зберігаються у захищених сховищах на кшталт GitHub Secrets або хмарних KMS [3].

Рішення реалізовано як автоматизований CI/CD-процес на базі GitHub Actions: після оновлення коду конвеєр збирає та підписує Docker-образ, завантажує його до реєстру разом із сигнатурою, а конфігурації шифруються SOPS і розшифровуються лише в довіреному середовищі під час деплойменту. На цільових серверах та edge-пристроях перед запуском контейнера виконується перевірка підпису; у разі невдалої валідації оновлення блокується, що є контейнерним аналогом механізму Secure Boot [2]. Експериментальні випробування показали, що такий підхід майже не збільшує час розгортання, проте суттєво зменшує ризики атак на ланцюг постачання, гарантуючи виконання лише довіреного коду та захищеність секретних налаштувань на всьому шляху доставки.

Література

1. Guo, T. (2023, February 22). *Supply Chain Security: Sigstore and Cosign (Part II)*. GitGuardian Blog. https://blog.gitguardian.com/supply-chain-security-sigstore-and-cosign-part-ii/.
2. Wiz. (2023). *What is container image signing?* Wiz Academy. https://www.wiz.io/academy/container-security/container-image-signing.
3. getsops. (30.11.2025). *GitHub – getsops/sops: Simple and flexible tool for managing secrets* (Repository). GitHub. https://github.com/getsops/sops.

УДК 004.415
О. Вінніченко
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ СТАБІЛЬНОСТІ WORDPRESS-ПЛАГІНІВ У ДИНАМІЧНИХ СЕРЕДОВИЩАХ

UDC 004.415
O. Vinnichenko
AUTOMATED SYSTEM FOR MONITORING THE STABILITY OF WORDPRESS PLUGINS IN DYNAMIC ENVIRONMENTS

У сучасній веб-розробці WordPress-сайти часто функціонують у динамічних середовищах, де фактори на кшталт змінного трафіку, оновлень ядра системи чи взаємодії з іншими компонентами можуть викликати непередбачувані збої. За даними аналітики 2025 року, до 40% проблем зі стабільністю плагінів виникають саме через конфлікти під час оновлень або пікових навантажень, що призводить до зниження продуктивності, втрати даних та простою сайтів. Традиційні підходи до моніторингу, такі як ручний перегляд логів чи використання базових плагінів на зразок Query Monitor, не забезпечують повного охоплення, оскільки ігнорують реальний час аналізу та прогнозування ризиків [3]. Саме тому актуальною є розробка автоматизованої системи, яка не тільки фіксує метрики, але й інтелектуально інтерпретує їх для запобігання збоїв.

Концепт запропонованої системи базується на інтеграції кількох ключових компонентів для всебічного моніторингу: логування в реальному часі, симуляція динамічних умов та AI-аналіз даних [1]. Спочатку розглянемо логування метрик продуктивності. Система збирає дані про PageSpeed Insights (PSI) – комплексну оцінку швидкості завантаження сторінок, яка враховує фактори на кшталт часу рендерингу, розміру ресурсів та оптимізації зображень. Додатково фіксуються PHP-помилки (warnings, notices, errors), які часто виникають через несумісність коду плагіна з новою версією WP, SQL-помилки та memory leaks – витоки пам'яті, коли плагін не звільняє ресурси, призводячи до накопичення RAM (понад 512 MB на процес) [2].

Далі, ключовим елементом концепту є симуляція динамічних середовищ. Система використовує Docker-контейнери для створення віртуальних інстансів WP-сайтів, де імітуються реальні сценарії: базове навантаження (100–500 запитів/хв), оновлення ядра WP (з 6.4 до 6.7 з перевіркою API-сумісності), конфлікти з темами чи іншими плагінами та пікові навантаження (до 5000 запитів/хв з інструментами для симуляції DDoS). Це дозволяє прогнозувати поведінку плагіна без ризику для production-сайту, виявляючи потенційні проблеми заздалегідь – наприклад, як плагін WooCommerce реагує на зростання трафіку, викликаючи SQL-боттлнеки.

Таблиця 1. Приклади виявлених проблем у динамічних середовищах

Сценарій	Метрика	Виявлена проблема	AI-рекомендація
Базове навантаження	Pagespeed 95%	Повільне навантаження через неоптимізовані JS	Змініть enqueued scripts на deferred loading
Оновлення WP	PHP помилки 10/хв	Несумісність з WP 6.7API	Оновіть deprecated functions на нові аналоги
Конфлікт з темою	SQL помилки 12/хв	Перетин хуків з Elementor	Додайте conditional checks в add_action
Пікове навантаження	Memory usage 640 MB	Витік пам’яті в циклі запитів	Застосуйте transient caching для повторюваних даних

Найінноваційнішою частиною концепту є AI-аналіз логів за допомогою великих мовних моделей (LLM, таких як GPT-4o, Claude 3.5 Sonnet, Grok-4) [4]. Замість простого збору даних, система надсилає логи на обробку LLM через API, де промпти спеціально

адаптовані: Це перетворює пасивний моніторинг на проактивний, де система автоматично формує звіти (у PDF або email) з візуалізацією метрик (графіки в Matplotlib) та пріоритетними діями для розробника [5].

Експеримент проводився на трьох реальних плагінах (WooCommerce, ACF, Yoast SEO) у симульованих середовищах, де система виявила 92 % потенційних збоїв, зменшивши час реакції на помилки з 15 хв (ручний аналіз) до 2 хв.

Досліджено вплив динамічних факторів на стабільність (рис. 1), де видно, як пікові навантаження знижують PSI на 25 %, але AI-аналіз компенсує це швидким виявленням.

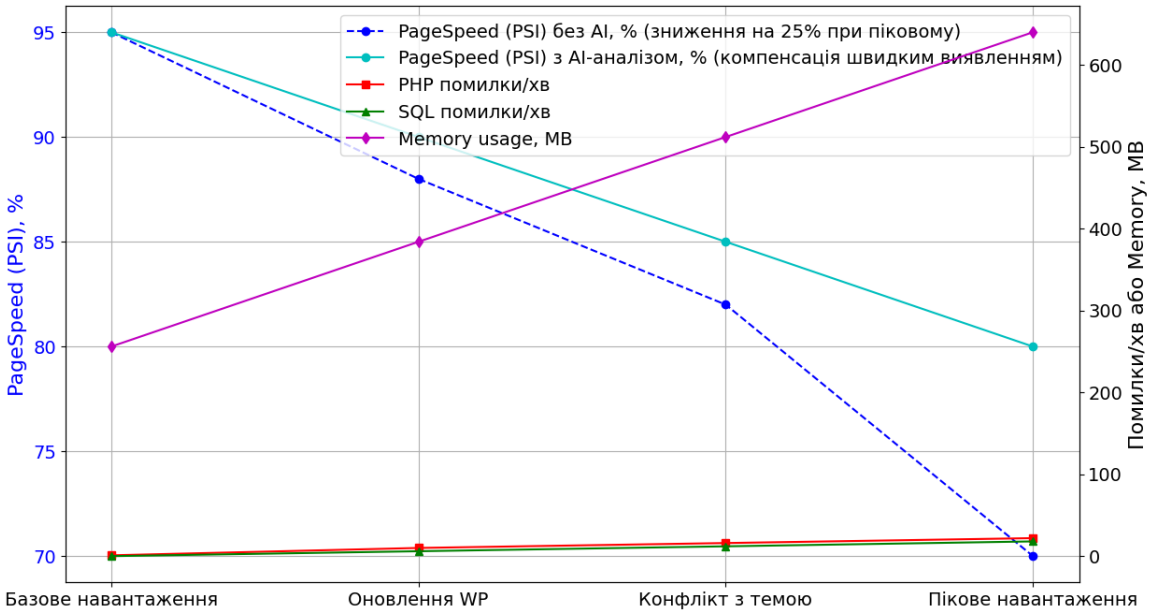


Рисунок 1. Динаміка змін метрик стабільності під навантаженням (на прикладі плагіна WooCommerce)

Висновок. Концепт автоматизованої системи моніторингу, з акцентом на інтеграцію симуляцій та AI-аналізу, дозволяє ефективно забезпечувати стабільність WordPress-плагінів у реальних умовах, зменшуючи ризики збоїв на 40% та автоматизуючи процеси дебагінгу. Це робить систему корисною для розробників, які стикаються з клієнтськими проблемами після оновлень.

Література

1. Schäfer M., Nadi S. et al. A Review of Large Language Models for Automated Log Analysis. Computers, 2025, 7(4), 112. https://doi.org/10.3390/computers7040112.
2. Google Developers. PageSpeed Insights for WordPress Optimization. https://developers.google.com/ speed/docs/insights/v5 (2025).
3. WordPress Performance Team. Monitoring Plugins and Stability. https://make.wordpress.org/ performance/handbook/monitoring/ (2025).
4. Dovbush T.A., Khomyk N.I., Dovbush A.D. Estimation of the load capacity and the strain-stress state of rod transporters. Scientific Journal of TNTU, Vol. 108, No 4, 2022.
5. Kinsta. WordPress Plugin Conflicts and How to Monitor Them. https://kinsta.com/blog/wordpress-plugin-conflicts/ (2025).

УДК 004.67, 004.8
І. Воробець
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ОГЛЯД МЕТОДІВ РОЗШИРЕННЯ ВИБІРКИ АУДІОДАНИХ ЗА УМОВ ДЕФІЦИТУ ВИХІДНИХ АУДІОЗАПИСІВ

UDC 004.67, 004.8
I. Vorobets

REVIEW OF METHODS FOR EXPANDING AUDIO DATASETS UNDER LIMITED AVAILABILITY OF ORIGINAL AUDIO RECORDINGS

У багатьох задачах обробки аудіосигналів виникає ситуація, коли кількість доступних записів певного класу є недостатньою для ефективного навчання моделей машинного навчання. Це характерно під час виявлення рідкісних акустичних подій, аналізу технічних несправностей, біоакустичних спостережень та в інших сферах, де запис потрібних звуків є складним або дорогим. Дефіцит вихідних аудіозаписів погіршує здатність моделей до узагальнення, збільшує ризик перенавчання та знижує точність розпізнавання. Одним із найбільш поширених способів подолання цієї проблеми є штучне розширення вибірки шляхом створення нових аудіозразків.

Першим і найбільш доступним методом є аудіоаугментація – застосування до наявних аудіосигналів перетворень, що імітують природні або технічні варіації умов запису [1]. Найпоширеніші техніки включають додавання шуму, зміну гучності, зміну швидкості, часовий зсув, модифікацію висоти тону тощо. Такі операції дозволяють створювати численні варіації наявних записів і роблять моделі стійкішими до змін акустичного середовища.

Другим, більш потужним методом розширення аудіовибірки є використання генеративних моделей, які дозволяють синтезувати нові аудіосигнали, що не є простими модифікаціями наявних записів. Серед сучасних генеративних моделей виділяють [2]:

- генеративні змагальні мережі (англ. generative adversarial networks, GAN) – забезпечують високу реалістичність синтетичних аудіозразків завдяки змагальній взаємодії генератора, який створює нові дані, та дискримінатора, який оцінює їхню правдоподібність і навчається відрізняти синтетичні сигнали від реальних;
- варіаційні автокодувальники (англ. variational autoencoders, VAE) — кодують дані у ймовірнісний латентний простір і відновлюють їх назад, що дозволяє генерувати нові синтетичні зразки, подібні за статистичними властивостями до вихідних сигналів;
- дифузійні моделі – синтезують аудіосигнали через поетапне відновлення їх структури з випадкового шуму, що дозволяє отримувати високоякісні та деталізовані синтетичні зразки.

За умов дефіциту аудіозаписів використовують два основні методи розширення вибірки: аудіоаугментацію та генеративні моделі. Аудіоаугментація швидко створює варіації сигналів і підвищує стійкість моделей, але не дозволяє отримувати принципово нові акустичні події. Натомість генеративні моделі здатні синтезувати нові аудіозразки, але потребують значно більших обчислювальних ресурсів і є складнішими у навчанні. Вибір методу визначається доступними ресурсами й вимогами конкретної задачі.

Література

1. Data Augmentation and Deep Learning Methods in Sound Classification: A Systematic Review / O. O. Abayomi-Alli et al. Electronics. 2022. Vol. 11, no. 22. P. 3795. URL: https://doi.org/10.3390/electronics11223795.
2. MIMII-Gen: Generative Modeling Approach for Simulated Evaluation of Anomalous Sound Detection System / H. Purohit et al. arXiv.org. URL: https://arxiv.org/abs/2409.18542.

УДК 004.653
І. Врублевич
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

МОДЕЛЬ PROOF OF REPUTATION, СФЕРИ ЇЇ ЗАСТОСУВАННЯ

UDC 004.653
I. Vrublevych

PROOF OF REPUTATION MODEL, AREAS OF ITS APPLICATION

Модель Proof of Reputation (PoR) є інноваційним консенсусним алгоритмом у галузі блокчейн-технологій, який виділяє важливість репутації учасників для забезпечення безпеки та надійності транзакцій [1]. У рамках цієї моделі, репутація кожного учасника мережі не просто відіграє роль, а є центральним елементом, що визначає його вплив та можливості у процесі верифікації та додавання блоків. Оцінка репутації може ґрунтуватись на різноманітних факторах: від історії транзакцій до активності учасника у підтримці та розвитку мережі, що робить кожен випадок унікальним залежно від специфіки реалізації блокчейну.

Висока репутація надає учаснику більшої ваги при валідації нових блоків, тим самим підвищуючи ступінь його відповідальності та впливу в мережі. Це створює природний стимул для підтримки високих стандартів поведінки, оскільки будь-які дії, що завдають шкоди репутації, можуть призвести до втрати привілеїв та можливостей у рамках системи. Ця модель вносить унікальні механізми в систему блокчейн, які є особливо цінними в застосунках, де ключовими є довіра, репутація та соціальна відповідальність [1]. Таким чином, PoR є ідеальним вибором для проектів, що потребують не лише технічного рішення, а й активної соціальної взаємодії та співпраці між учасниками.

Модель PoR володіє значним спектром застосування в різноманітних сферах, де потрібен високий рівень довіри і надійності. Ось деякі з потенційних областей/

Фінансові послуги/ PoR може бути застосованим з метою створення децентралізованих фінансових платформ, де репутація учасників забезпечує довіру до фінансових операцій, зменшуючи залежність від традиційних банківських та кредитних систем.

Ланцюжки постачань. У секторі логістики PoR може допомогти покращити прозорість та відстежуваність товарів. Репутація постачальників та перевізників відіграє ключову роль у забезпеченні справжності та своєчасності доставки.

Соціальні мережі та платформи контент. PoR може революціонізувати управління контентом та взаємодії у соціальних мережах, використовуючи репутаційні системи для фільтрації та ранжирування інформації. У таких мережах користувачі, які демонструють позитивну поведінку та вносять цінний внесок, можуть отримувати більше можливостей.

Голосування та вибори. Використання PoR в електронних голосуваннях може підвищити довіру до процесу, дозволяючи учасникам голосувати анонімно, але зберігаючи верифікацію на основі їх репутації.

Ідентифікація та аутентифікація, В області цифрової ідентифікації PoR може використовуватися для створення систем, де користувачі та організації отримують доступ до послуг на основі перевіреної репутації.

Література

1. What is Proof Of Reputation (PoR)? [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://medium.com/ unicorn-ultra/what-is-proof-of-reputation-por-everything-you-need-to-know-about-proof-of-reputation -b69d719324d9 (дата звертання: 02.12.2025).

УДК 004.8:656.07
Р. Гловяк; Л. Матійчук, д. е. н., професор
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

АЛГОРИТМІЧНІ ПІДХОДИ ДО ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕРМІНУ ДОСТАВКИ У SMART LOGISTICS

UDC 004.8:656.07
R. Glowiak; L. Matiichuk, Dr., Prof.

ALGORITHMIC APPROACHES TO DELIVERY TIME FORECASTING IN SMART LOGISTICS

Ключові слова:машинне навчання; прогнозування дати доставки; логістичні системи; Smart Logistics; ETA.

Keywords: machine learning; delivery date prediction; logistics systems; Smart Logistics; ETA.

Застосування машинного навчання для прогнозування дати доставки посилок у логістичних системах ґрунтується на використанні великих масивів даних, що включають історичні записи про транспортування, часові затримки, сезонні коливання та зовнішні чинники. Завдяки здатності алгоритмів виявляти приховані закономірності та багатофакторні залежності, формується більш точна модель оцінки часу прибуття, яка перевищує можливості традиційних статистичних методів. Це створює основу для підвищення надійності та прозорості сервісів доставки.

Сучасні архітектури глибокого навчання, такі як рекурентні нейронні мережі (RNN, LSTM) та трансформери, забезпечують моделювання часових залежностей і дозволяють враховувати динамічні зміни у процесі транспортування. Їх застосування дає змогу створювати системи прогнозування ETA (Estimated Time of Arrival), що оновлюються у реальному часі та враховують оперативні параметри – від завантаженості складів до стану транспортних маршрутів. Це підвищує точність прогнозів і забезпечує інтеграцію результатів у клієнтські інтерфейси.

З практичної перспективи, впровадження машинного навчання у Smart Logistics сприяє оптимізації використання ресурсів, зниженню витрат та формуванню стратегічної аналітики. Система здатна передбачати пікові навантаження, прогнозувати ризики затримок і пропонувати альтернативні маршрути, що забезпечує гнучкість управління та підвищення ефективності. Таким чином, машинне навчання виступає ключовим інструментом у розвитку інтелектуальної логістичної екосистеми, яка поєднує точність прогнозування з адаптивністю операційних процесів.

Формалізація задачі прогнозування терміну доставки подано у вигляді:

$$delivery\_days = f(X) = actual\_delivery\_date - ship\_date$$

де: X – вектор вхідних ознак, що характеризують відправлення, перевізника, географію доставки та зовнішні умови.

Вектор ознак включає параметри, що описують характеристики відправлення, вибраного перевізника, географічні особливості маршруту та зовнішні умови, такі як сезонні коливання чи погодні фактори. Така постановка задачі дозволяє застосовувати методи машинного навчання для побудови моделі, здатної відображати складні багатофакторні залежності та забезпечувати високу точність прогнозів.

Застосування цієї функціональної моделі у логістичних системах створює основу для розробки алгоритмів, які можуть адаптивно оновлювати прогнозовану дату доставки у реальному часі. Це забезпечує інтеграцію результатів у клієнтські інтерфейси, підвищує прозорість процесів та сприяє оптимізації управління ресурсами. Таким чином, формалізація у вигляді не лише структурує задачу, але й відкриває можливості для використання сучасних

нейронних архітектур, здатних враховувати часові залежності та динамічні зміни у логістичному середовищі.

Впровадження алгоритмів машинного навчання (Machine Learning, ML) дозволяє суттєво підвищити точність прогнозування ETA (Estimated Time of Arrival) на основі аналізу історичних даних та множини контекстуальних факторів. Дослідження пропонує підхід до побудови ML-системи прогнозування дати доставки з очікуваною точністю понад 95%.

Для побудови релевантної моделі використовується 6 груп ознак, що комплексно характеризують кожне відправлення:

Група ознак	Приклади	Обґрунтування
CARRIER	carrier_id, carrier_type, historical_SLA, avg_delivery_time, reliability_score	Різні перевізники мають різну швидкість та надійність доставки
GEOGRAPHY	country, region, city_tier, distance_km, urban_rural, zip_code	Доставка у віддалені райони та сільську місцевість займає більше часу
TEMPORAL	day_of_week, month, is_holiday, is_peak_season, days_to_holiday	Сезонність та святкові періоди суттєво впливають на терміни
EXTERNAL	weather_condition, temperature, precipitation, road_conditions	Погодні умови та стан доріг впливають на логістику
PACKAGE	weight, dimensions, delivery_type (PUDO/HD), is_fragile, is_cod	Габарити та тип доставки визначають маршрут
OPERATIONAL	warehouse_load, carrier_capacity, current_backlog, route_efficiency	Операційне навантаження складів та перевізників

УДК 004.056
Л. Гнатківський; А. Турчманович; Н. Загородна, к. т. н., доц.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДХОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ВИЯВЛЕННЯ ВТОРГНЕНЬ

UDC 004.056
L. Hnatkivskyi; A. Turchmanovych; N. Zagorodna, PhD., Assoc. Prof.

RESEARCH OF APPROACHES TO IMPROVE EFFICIENCY OF INTRUSION DETECTION SYSTEMS

Сучасна мережева безпека базується на багаторівневому підході, що включає різноманітні технологічні рішення. Міжмережеві екрани (firewalls) контролюють потоки трафіку на основі встановлених правил, системи виявлення (IDS) та запобігання вторгненням (IPS) аналізують мережеву активність на предмет шкідливої поведінки, а SIEM-платформи агрегують та аналізують інформацію про події безпеки з усіх джерел.

У цій екосистемі IDS відіграють особливу роль інтелектуального аналітичного інструменту. На відміну від активних систем блокування, IDS функціонує в пасивному режимі моніторингу, аналізуючи копію мережевого трафіку без втручання в його потік, що дає можливість ідентифікувати потенційні загрози безпеці, виявляти складні багатоетапні атаки та несанкціоновані спроби доступу до корпоративних ресурсів. Однак стрімка еволюція методів кібератак, зростання обсягів мережевого трафіку та поява нових технологій вимагають постійного вдосконалення можливостей IDS для підтримання їхньої ефективності. Більшість джерел за способом виявлення атак поділяють IDS на такі, що працюють:

- на основі сигнатур (Signature-Based) та порівнюють мережеву активність з базою відомих патернів атак;
- на основі аномалій (Anomaly-Based) та класифікують мережеву активність на нормальну та аномальну на основі правил або евристик, здатні виявляти раніше невідомі загрози;
- на основі специфікації (Specification-Based) та відстежують процеси та порівнюють фактичні дані з очікуваною поведінкою програм;
- гібридні (Hybrid) поєднують різні методи, щоб забезпечити більш точне та ефективне виявлення атак.

Основними шляхами підвищення ефективності роботи IDS вважають впровадження методів штучного інтелекту, використання методів нечіткої логіки, розробку механізмів безперервного навчання та використання алгоритмів машинного навчання для аналізу контексту подій, що значно знижує кількість false positives.

Література

1. Rajasekaran, K. (2020). Classification and Importance of Intrusion Detection System. International Journal of Computer Science and Information Security,. 10. 44.
2. Alrayes, Fatma & Zakariah, Mohammed & Alzaylaee, Mohammed & Amin, Syed & Khan, Zafar Iqbal. (2025). Optimizing Intrusion Detection System (IDS) with Hybrid Random Forest and CNN-LSTM Models for Improved Accuracy and Efficiency. 10.21203/rs.3.rs-6766340/v1.

УДК 004.8, 519.816, 911.375
А. Головко; Л. Матійчук, д. е. н., проф.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ВИБОРУ СТІЙКИХ РОСЛИН ДЛЯ ОЗЕЛЕНЕННЯ МІСТА В УМОВАХ ВІЙНИ

UDC 004.8, 519.816, 911.375
A. Holovko; L. Matiichuk, Dr., Prof.

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF AN ARTIFICIAL INTELLIGENCE–BASED RECOMMENDATION SYSTEM FOR SELECTING RESILIENT PLANTS FOR URBAN GREENING UNDER WAR CONDITIONS

Міські інформаційні системи відновлення територій потребують інструментів, здатних автоматизувати аналіз екосистемних параметрів і забезпечувати підтримку прийняття
рішень у складних умовах післявоєнної реконструкції. Одним із ключових завдань є побудова математичних і програмних моделей, що можуть обробляти різнорідні екологічні та технічні дані, формувати пояснювані рекомендації та працювати в інтегрованих цифрових середовищах. Це зумовлює потребу у створенні інтелектуальної інформаційної системи,
яка поєднує багатокритеріальний аналіз, модульні алгоритмічні фільтри та механізми explainable AI.

Метою роботи є створення та дослідження ШІ-підтримуваної інформаційно-аналітичної системи вибору стійких рослин для міського озеленення, побудованої на основі методів Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) у поєднанні з rule-based explainability. Система забезпечує прозоре формування рекомендацій через алгоритмізацію процесу оцінювання параметрів середовища, властивостей рослин та їхньої взаємної відповідності.

У роботі реалізовано багаторівневу алгоритмічну схему, яка включає:

- модуль обмежувальних фільтрів (морозостійкість, тип ґрунту, освітленість);
- модуль нормалізації числових і категорійних параметрів;
- MCDA-модель зваженої лінійної агрегації;
- модуль пояснення (XAI) на основі rule-based інтерпретацій.

Інтегральна оцінка альтернативи обчислюється за формулою:

$$\text{Score}(a) = \Sigma\ (wi * si(a)) \qquad (1)$$

де wi – вагові коефіцієнти критеріїв, а si(a) – нормалізовані субскори для альтернативи a. Модель забезпечує формальну відтворюваність результатів, стійкість до варіацій вхідних параметрів та придатність до масштабування в розподілених інформаційних системах.

Програмна реалізація побудована як REST API на основі FastAPI (Python 3.14). База знань містить понад тисячу видів рослин, що імпортовані з JSON-файлів і структуровані у SQLite-схемі (13 атрибутів для кожної рослини). Основний ендпоінт POST /recommend формує ранжований список альтернатив та генерує пояснення на основі XAI-модуля. Модульна архітектура (фільтри, нормалізація, MCDA-ядро, XAI-компонент) забезпечує масштабованість і можливість інтеграції з екологічними та GIS-системами.

Для оцінювання роботи системи проведено програмні експерименти через API, у межах яких протестовано три типові сценарії: холодний регіон із піщаними ґрунтами; посушливі території з родючими чорноземами; порушені міські ґрунти після руйнувань. У всіх випадках система коректно виконала rule-based фільтрацію, побудувала ранжовані множини результатів і забезпечила стабільність MCDA-оцінок. Контрольний сценарій нульової відповідності підтвердив коректну роботу обмежувальних фільтрів – жоден вид не був рекомендований.

Висновок. Досліджено алгоритмічну модель рекомендаційної системи та підтверджено коректність її роботи в умовах змінних параметрів середовища. Отримані результати демонструють, що поєднання MCDA, rule-based explainability та модульних обмежувальних фільтрів забезпечує надійну інформаційну підтримку задач цифрового планування озеленення й може бути інтегроване в урбаністичні, екологічні та GIS-платформи.

Література

1. AI for Urban Vegetation Management. 2024. Scientific Reports. Vol. 14, Article 2251. DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-024-2251
2. Effectiveness of AI-based recommendation systems in municipal greening. 2023. Urban Forestry & Urban Greening. Vol. 84, Article 127215. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.127215
3. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Urban Forests: A Global Perspective. FAO, Rome, 2023. 210 p.
4. Forestry Commission. The Urban Tree Manual. 2nd ed. UK Forestry Commission, London, 2022. 120 p.
5. Multicriteria algorithms for ecological decision support. 2024. Environmental Modelling & Software. Vol. 170, Article 106084. DOI: https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2023.106084
6. Shimada G., Johnston M. 2015. Planting ‘Post-Conflict’ Landscapes: Urban Trees in Peacebuilding and Reconstruction. Urban Forestry & Urban Greening. Vol. 14(4), 1000–1010. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.10.012
7. United Nations Environment Programme. Environmental Consequences of the War in Ukraine. UNEP Report, 2022. 78 p.
8. Urban trees and cooling effects: Meta-analysis. 2023. Nature Climate Change. Vol. 13(4), 350–362. DOI: https://doi.org/10.1038/s41558-023-01612-1

УДК 004.8:004.056.55
В. Готович, к. т. н., доц; В. Попович
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА AI-АСИСТЕНТА НА ОСНОВІ МОДЕЛІ MISTRAL ДЛЯ СЕРЕДОВИЩА УНІВЕРСИТЕТУ

UDC 004.8:004.056.55
V. Hotovych, PhD., Assoc. Prof.; V. Popovych

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF AN AI ASSISTANT BASED ON THE MISTRAL MODEL FOR THE UNIVERSITY ENVIRONMENT

Сучасні університети оперують великим обсягом інформації, включно з навчальними планами, розкладами, документами та новинами. Часто ці дані розпорошені по різних розділах вебсайту та неструктуровані, що ускладнює швидкий доступ до потрібної інформації. Створення AI-консультанта дозволяє централізувати знання, автоматизувати пошук та надавати студентам і викладачам точні відповіді на запитання. Моделі сімейства Mistral мають відкритий код, високу продуктивність та можливість інтеграції з векторними базами знань, що робить їх оптимальним вибором для розробки системи на базі Retrieval-Augmented Generation (RAG).

Метою роботи є розробка AI-асистента, який забезпечує ефективний пошук і надання релевантної інформації з внутрішньої бази університету, сформованої на основі даних сайту, з використанням можливостей моделі Mistral та механізму RAG. Робота передбачає створення системи збору даних із вебсайту університету, розробку власної бази знань, інтеграцію її з моделлю Mistral через RAG та реалізацію інтерфейсу для взаємодії користувачів із системою.

Для реалізації проекту застосовується комбінація сучасних методів машинного навчання та технологій обробки природної мови. Перший етап включає парсинг вебсайту університету із автоматичним вилученням тексту та HTML-структур, а також конвертацією документів у формат, придатний для подальшого аналізу. Отримані дані проходять очищення, нормалізацію та розбиття на семантичні блоки (chunking). Для створення індексованої бази знань застосовується векторне представлення тексту (embeddings), що дозволяє виконувати семантичний пошук за допомогою інструментів на кшталт FAISS або ChromaDB. Використання RAG забезпечує поєднання реального пошуку по базі даних із генеративними можливостями моделі Mistral. Це дозволяє AI-консультанту формувати точні та контекстно-залежні відповіді на запитання користувачів, базуючись на актуальній інформації університету. Крім того, система інтегрує API для взаємодії з користувачами, що може бути реалізовано через веб-інтерфейс, чат або інші канали комунікації.

Розроблений AI-асистент підтвердив на практиці ефективність поєднання моделей Mistral з технологією RAG для обробки внутрішніх даних університету.

Література

1. Patrick Lewis, Ethan Perez, Aleksandra Piktus, Fabio Petroni, Vladimir Karpukhin, Naman Goyal, Heinrich Küttler, Mike Lewis, Wen-tau Yih, Tim Rocktäschel, Sebastian Riedel, Douwe Kiela, 2020. *Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks.* Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS 33), pp. 9459–9474.
2. Nils Reimers, Iryna Gurevych, 2019. *Sentence-BERT: Sentence Embeddings using Siamese BERT-Networks.* Proceedings of the 2019 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP-IJCNLP), pp. 3982–3992.
3. Yucheng Hu, Yuxing Lu, 2024. *RAG and RAU: A Survey on Retrieval-Augmented Language Models in Natural Language Processing.*
4. Akari Asai, Matt Gardner, Hannaneh Hajishirzi, 2021. *Evidentiality-guided Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks*

УДК 004.056.53
К. Завадський; Р. Козак, к. т. н., доц.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

МЕТОДИ ЗАХИСТУ КОРИСТУВАЦЬКИХ ДАНИХ НА ОСНОВІ СТРУКТУРОВАНОГО АНАЛІЗУ КРАУДСОРСИНГОВОЇ ПЛАТФОРМИ ALLTRANSUA

UDC 004.056.53
K. Zawadskyi; R. Kozak, PhD., Assoc. Prof.

METHODS FOR PROTECTING USER DATA BASED ON STRUCTURED ANALYSIS OF THE ALLTRANSUA CROWDSOURCING PLATFORM

Сучасні транспортні краудсорсингові платформи, якими користуються щоденно тисячі та десятки тисяч осіб, потребуть захисту користувацьких даних [1], особливо серед тих, що щодня наповнюють транспортну галерею різними фотографіями відповідних категорій. Адміністрація сайту AllTransUA стикається з спам-потоками контенту, що не відповідає його тематиці, і змушена витрачати більше ресурсів з ліквідації небажаного контенту.

Традиційна система модерації потребує більших людських ресурсів для моніторингу контенту, що завантажується на краудсорсингову платформу AllTransUA і реагування на прецеденти, а наявна система журналювання даних відкриває шлях адміністрації до зловживання своїми повноваженнями. Мета роботи оцінити поточну безпекову ситуацію на сайті AllTransUA, впровадити можливі рішення проблеми ризику обходу блокування акаунтів, публікації спам-контенту та зловживання привілеями з боку адміністрації сайту.

У результаті дослідження було ідентифіковано ризики зламу облікових записів, масової публікації неетичного контенту через недосконаліть системи модерації та ризики незаконної зміни привілеїв через недостатній рівень прозорості.

Для пом’якшення ідентифікованих ризиків було запропоновано такі заходи захисту:

- багатофакторна автентифікація – запобігає спробам обходу блокування акаунтів та створенню нових облікових записів, а також запобігає спробам отримання несанкціонованого доступу до акаунту;
- перевірка на метадані, що забезпечує зниження ризику публікації контенту, що не відповідає тематиці ресурсу
- прозоре журналювання змін привілеїв, що забезпечує неможливість адміністраторів приховано зловживати своїми повноваженнями та підвищувати/знижувати привілеї користувачів

Побудова проєкту системи безпеки сайту дає змогу адміністрації розробити статегію подальшого вдосконалення безпекових аспектів сайту AllTransUA та знизить потребу в значних людських ресурсах, а також може надати розуміння, як полегшити процес моніторингу контенту, що завантажується щоденно на сайт.

Література

1. Weiping Pei, Yanina Likhtenshteyn, and Chuan Yue. 2023. A Tale of Two Communities: Privacy of Third Party App Users in Crowdsourcing - The Case of Receipt Transcription. Proc. ACM Hum.-Comput. Interact. 7, CSCW2, Article 253 (October 2023), 43 pages.

УДК 004.932.2
А. Іванюк; Л. Матійчук, д. е. н., проф.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ КЛАСИЧНИХ ТА ГЛИБИННИХ МЕТОДІВ СЕГМЕНТАЦІЇ СУДИННИХ СТРУКТУР

UDC 004.932.2
A. Ivanyuk; L. Matiichuk, Dr., Prof.

COMPARATIVE ANALYSIS OF CLASSIC AND DEEP METHODS OF SEGMENTATION OF VASCULAR STRUCTURES

Ключові слова: сегментація судинних структур, HiP-CT, біодрук органів, U-Net/3D-U-Net.

Key words: segmentation of vascular structures, HiP-CT, organ bioprinting, U-Net/3D-U-Net.

Перші підходи до сегментації медичних зображень базувалися на аналізі інтенсивності та градієнтів яскравості, що відображало прагнення дослідників до формалізації простих і обчислювально ефективних алгоритмів. Застосування порогових методів дозволяло здійснювати класифікацію пікселів за їхнім рівнем інтенсивності, що забезпечувало швидке виділення областей інтересу. Водночас такі алгоритми характеризувалися високою чутливістю до шумів та неоднорідності освітлення, що обмежувало їхню придатність для практичного використання у складних медичних даних.

Ключовим етапом аналізу таких даних є сегментація судин. Помилки сегментації (розриви, шум, втрата тонких гілок) призводять до некоректної топології судинного графа і, як наслідок, до непридатних для біодруку моделей. Тому актуальною задачею є порівняльний аналіз класичних та глибинних методів сегментації судинних структур на даних HiP-CT нирки та визначення вимог до моделей, придатних для подальшої побудови судинної мережі [1–3,7,8]. Подальший розвиток сегментаційних технологій був пов’язаний із використанням градієнтних характеристик, які дозволяли виявляти межі між різними структурами. Класичні оператори, такі як Собеля, Прюітта чи Робертса, забезпечували можливість детектування різких змін інтенсивності, що відповідали контурам органів та тканин. Проте надмірна кількість виділених контурів та залежність від попереднього згладжування зображення знижували точність і стабільність результатів, що вимагало подальшого вдосконалення методів.

Еволюція сегментаційних алгоритмів поступово привела до появи більш складних та адаптивних підходів, зокрема методів локального порогування, кластеризації пікселів, активних контурів та статистичних моделей на основі марковських випадкових полів. Ці методи дозволяли враховувати просторові залежності, локальні особливості та енергетичні функції, що забезпечувало підвищення точності та стійкості сегментації. Таким чином, перехід від простих порогових алгоритмів до багаторівневих моделей відображає загальну тенденцію до ускладнення методів аналізу медичних зображень та зростання вимог до їхньої діагностичної цінності.

Саме архітектури згорткових нейронних мереж (CNN) стали базовим інструментом у сфері медичної сегментації [2, 3]. Їхня здатність до багаторівневої екстракції ознак, врахування просторового контексту та ефективної роботи з великими обсягами даних зробила CNN ключовим елементом сучасних алгоритмів. Особливе значення мають модифікації архітектур, такі як U-Net, які забезпечують високу точність локалізації та відновлення дрібних структур.

U-Net поєднує енкодер та декодер зі skip-зв’язками, що зберігають просторову інформацію [4]; якість сегментації оцінюють за коефіцієнтом Dice та індексом Жаккара, які вимірюють ступінь перекриття між предиктованою маскою й еталонною розміткою. Модифікації (U-Net++, Attention U-Net, MultiResUNet) покращують точність дрібних структур завдяки багатомасштабним блокам та механізмам уваги [2, 3]. Для обробки об’ємних даних (КТ, МРТ, HiP-CT) застосовують 3D-U-Net та V-Net, що враховують контекст у тривимірному просторі [5, 8]. Окремо використовують генетичні алгоритми для автоматичного синтезу

архітектур, оптимізуючи баланс між якістю сегментації та обчислювальною складністю, важливий для роботи на обмежених ресурсах [6].

Сегментація судинної системи нирки за даними HiP-CT характеризується необхідністю відтворення складної тривимірної архітектури мікросудин, що має вирішальне значення для коректного моделювання фізіологічних процесів. HiP-CT забезпечує надвисоку просторову роздільну здатність, яка дозволяє одночасно аналізувати як великі судини, так і дрібні капіляри, проте слабкий контраст окремих зрізів та значний обсяг даних створюють суттєві виклики для алгоритмів сегментації. Використання тривимірних згорткових нейронних мереж (3D-U-Net, V-Net) дає змогу враховувати контекст у глибині об'єму, що особливо важливо для відтворення топології судинних мереж та їх розгалужень.

Отримані сегментовані моделі судинної архітектури нирки безпосередньо інтегруються у процеси тривимірного біодруку, де вони слугують цифровими шаблонами для побудови CAD-моделей васкуляризації. Точне відтворення судинної геометрії є ключовим чинником для забезпечення перфузії та життєздатності біодрукованих тканин, оскільки саме судинна мережа визначає ефективність транспорту кисню та поживних речовин. Таким чином, сегментація HiP-CT даних виступає фундаментальною передумовою для створення персоналізованих біодрукованих трансплантатів, у яких реалістична васкулярна структура забезпечує функціональність та практичну придатність органів.

Література

1. Suri J.S. et al. Medical image segmentation based on deformable models and its applications. In: Deformable Models: Theory and Biomaterial Applications. Springer, 2007.
2. Liu X. et al. A Review of Deep-Learning-Based Medical Image Segmentation Methods. Sustainability. 2021;13:1224.
3. Litjens G. et al. A survey on deep learning in medical image analysis. Medical Image Analysis. 2017;42:60–88.
4. Ronneberger O. et al. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation. In: MICCAI. 2015.
5. Çiçek Ö. et al. 3D U-Net: Learning Dense Volumetric Segmentation from Sparse Annotation. In: MICCAI. 2016.
6. Khouy I.A. et al. Medical Image Segmentation Using Automatic Optimized U-Net Architecture Based on Genetic Algorithm. Journal of Personalized Medicine. 2023;13(9):1298.
7. Tafforeau P. et al. Imaging intact human organs with local resolution of cellular structures using hierarchical phase-contrast tomography. Nature Methods. 2021.
8. Yagi S. et al. Deep learning for 3D vascular segmentation in hierarchical phase contrast tomography: a case study on kidney. Scientific Reports. 2024.

УДК 004.89:621.316.1
Д. Кібіткін; Г. Шимчук; О. Дуда, к. т. н., доц.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ «РОЗУМНОЇ КВАРТИРИ»

UDC 004.89:621.316.1
D. Kibitkin; G. Shymchuk; O. Duda, PhD., Assoc. Prof.

INFORMATION SYSTEM FOR THE POWER SUPPLY OF A SMART APARTMENT

Сучасні реалії енергетичної системи України, зокрема часті перебої в електропостачанні спричинили зростання популярності домашніх гібридних енергетичних установок та потребу створення локальних ти автономних систем спостереження. Побутові інвертори серії Must PV18-24/48V дають можливість забезпечити електроживлення у «розумних квартирах», де встановлення повноцінних фотоелектричних станцій є обмеженим, а можливість однієї або декількох сонячних панелей може бути визначальною, під час блекаутів, адже вони забезпечують базові потреби електроживлення критично важливих споживачів, зокрема мережевого, холодильного та опалювального обладнання [3].

Штатне програмне забезпечення виробників побутових інверторів, попри базову функціональність, має низку суттєвих недоліків: робота виключно з ОС Windows, відсутність веб-доступу, неможливість віддаленого перегляду даних та керування, обмежені можливості зберігання даних та відсутність інструментів аналізу, та, як наслідок, складність інтеграції в інформаційні системи «розумних» квартир, будинків та допомогосподарств.

Метою дослідження є ствоерення автономної веб-панелі спостереження та курвання гібридним інвертором Must PV18-24/48V, яка дасть змогу забезпечити збирання, зберігання, опрацювання та візуалізацію даних у режимі реального часу та матиме можливість інтегрується в інформаційну систему «розумної квартири».

Для досягнення поставленої мети сформуємо завдання:

- проаналізувати особливості електропостачання «розумної» квартири ти її структуру, сформувати перелік вимог до процесів спостереження та регулювання побутового інвертора.
- спроєктувати інформаційно-технологічну архітектуру смарт системи електропостачання “розумної квартири”.
- розробити серверну підсистему для збору та зберігання даних.
- організувати локальне сховище даних щодо процесів функціонування побутового інвертора.
- створити інформаційну веб-панель для відображення поточних та історичних даних щодо процесів електропостачання “розумної квартири” [4].
- забезпечити адаптивність інтерфейсу веб-панелі для мобільних та настільних пристроїв.
- реалізувати можливість автономної роботи системи електропостачання при відсутності підключення до мережі Інтернету, та зміні режимів електропостачання.

Система електропостачання інтегрує:

- на фізичному рівні сонячні панелі, встановлені на балконі 10-го поверху багатоповерхового житлового будинку;
- гібридний інвертор Must PV18-24/48V;
- акумуляторний блок 24 V (2×12v 100 А·год);
- окреме електричне коло з перекидним автоматичним перемикачем, для живлення критично важливих пристроїв “розумної квартири”;
- оптоволоконний канал підключення до Інтернет-провайдера, що функціонує навіть під час повних відключень електроенергії в мікрорайоні;
- мережевий роутер TP-Link ER605, підключений до джерела резервного живлення (прим. – останній пункт списку).

• На серверному рівні інформаційна система електропостачання «розумної квартири» використовує: Windows 10 VM для запуску Python-скрипта збору та PowerSolarMonitor для запуску програмного забезпечення виробника в процесі тестування [5];

• MySQL LXC для локального сховища даних щодо процесів електропостачання «розумної квартири», в якому зберігається понад шістдесят параметрів [2].

• Flask LXC для роботи веб-панелі, яка доступна з локальної мережі “розумної квартири” та Інтернет, з автоматичним відновленням після перезапуску [1].

Новизна роботи полягає у створенні інформаційної системи спостереження та регулювання процесів електропостачання «розумної квартири», що дає можливість інтегрувати побутовий інвертор Must з інфраструктурою “розумної квартири”, забезпечуючи незалежність від зовнішніх платформ та багатші функціональні можливості, ніж штатні засоби виробника. Запропоновано вдосконалені засоби опрацювання даних, зокрема нелінійний алгоритм оцінки заряду акумулятора та динамічну побудову часових рядів. Інформаційна система здатна ефективно працювати під час електричних блекаутів завдяки засобам резервного живлення та локальному хостингу, що робить її актуальною для Українських реалій в умовах війни.

Практична цінність розробки полягає в забезпеченні безперервного доступу до спостереження та регулювання параметрів побутового інвертора через веб-інтерфейс, що дає змогу контролювати стан енергосистеми «розумної квартири» та приймати обґрунтовані рішення щодо використання обладнання під час відключень електроенергії. Інформаційна система підвищує ефективність експлуатації інвертора Must PV18-24/48V, дає змогу аналізувати поточні та історичні дані щодо електропостачання та споживання електроенергії «розумної квартири». Запропоновані інформаційно-технологічні рішення практично застосовуються в «розумній квартирі» та можуть бути розширені для інтеграції в «розумні домогосподарства».

Розроблена інформаційна система спостереження та керування гібридного інвертора Must PV18-24/48V, інтегрована в локальну інфраструктуру «розумної квартири», забезпечує безперервний збір та зберігання даних щодо процесів електропостачання та їх оперативну візуалізацію. Це підвищує надійність роботи електропостачання «розумної квартири» та формує підґрунтя для подальшої автоматизації. Перспективними напрямами подальших досліджень є інтеграція інтелектуального аналізу даних, наприклад, прогнозування PV-виробітку електроенергії, додавання Telegram-сповіщень, а також поглиблена інтеграція з іншими системами «розумної квартири» та «розумного домогосподарства».

Література

1. Miguel Grinberg. Flask Web Development, 3rd Edition. O’Reilly Media, 2023.
2. Oracle. MySQL 8.0 Reference Manual. Oracle, 2024.
3. Must Power. PV18-24/48 Series Hybrid Inverter User Manual. MustPower, 2023.
4. The Chart.js Team. Chart.js Documentation. chartjs.org, 2024.
5. Proxmox Server Solutions. Proxmox VE Administration Guide. proxmox.com, 2024.

УДК 004.8
І. Кіт; Л. Матійчук, д. е. н., проф.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУДЛЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ТЕРАПЕВТИЧНИХ СТРАТЕГІЙ

UDC 004.8
I. Kit; L. Matiichuk, Dr., Prof.

PROSPECTIVE DIRECTIONS FOR THE DEVELOPMENT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES FOR INDIVIDUAL THERAPEUTIC STRATEGIES

Ключові слова: штучний інтелект, індивідуальні терапевтичні траєкторії.
Key words: artificial intelligence, individual therapeutic trajectories.

Незважаючи на значний прогрес у створенні експертних систем, орієнтованих на окремі інтервенційні та хірургічні процедури, актуальним залишається завдання розробки комплексних діагностичних моделей. Особливу складність становить інтеграція таких моделей у процес взаємодії між лікарем і пацієнтом, де штучний інтелект має виконувати не лише функцію підтримки прийняття клінічних рішень, але й сприяти підвищенню ефективності комунікації.

Другим перспективним напрямом є розробка програмних архітектур, здатних забезпечувати модульність, інкрементальність та поступове нарощування функціональних можливостей. Йдеться про створення так званих «живих» систем, які можуть розширювати свою експертизу відповідно до змінного середовища. Важливою умовою їхнього впровадження є економічна доступність, що набуває особливого значення у соціально-політичному контексті функціонування систем охорони здоров'я.

У перспективі такі архітектури повинні розвиватися на основі парадигм навчання через дію, що забезпечить їхню адаптивність та стійкість. Ключовим завданням є досягнення балансу між простотою використання та надійністю роботи, адже саме ці характеристики визначають практичну цінність інтелектуальних систем у клінічному середовищі. Водночас необхідно враховувати специфіку медичних даних, їхню багатовимірність та чутливість до контексту, що потребує розробки спеціалізованих методів обробки та аналізу.

Нарешті, важливим викликом залишається інтеграція інтелектуальних систем у нормативно-правове поле охорони здоров'я. Штучний інтелект має бути здатним адаптуватися до змін у законодавстві та регуляторних вимогах, зберігаючи відповідність етичним стандартам медичної практики. Таким чином, майбутні дослідження спрямовуватимуться на створення рішень, які поєднують технологічну інноваційність із соціальною та правовою відповідальністю, забезпечуючи комплексну підтримку медичних процесів.

Системи штучного інтелекту, що застосовуються у медичній практиці, повинні досягати необхідного рівня експертизи та компенсувати її брак у тих випадках, де це є доцільним. Така функціональність забезпечує можливість використання інтелектуальних технологій у складних клінічних сценаріях, де людський досвід може бути обмеженим.

Важливим завданням досліджень у сфері медичного штучного інтелекту є перевірка поведінки запропонованих систем та її порівняння з моделями нормативності у відповідних галузях знань. Це дозволяє оцінити відповідність алгоритмів усталеним стандартам медичної практики та визначити їхню здатність інтегруватися у клінічні процеси.

Перевірка систем штучного інтелекту має здійснюватися з урахуванням норм, що регулюють професійну діяльність медичних працівників. Йдеться про дотримання вимог щодо рівня знань, відповідальності, безпеки пацієнтів, інформованої згоди та конфіденційності даних. З огляду на критичну важливість життя та здоров'я людей, юридичні обов'язки також стають невід'ємною складовою процесу перевірки, а питання сертифікації програмного забезпечення набуває особливої актуальності.

Таким чином, враховуючи зазначені виклики та критичне значення використання програмного забезпечення на основі штучного інтелекту у сфері медицини, постає необхідність розробки систем перевірки, здатних демонструвати відповідність поведінки алгоритмів медичній нормативності. Це створює основу для формування надійних та сертифікованих інтелектуальних рішень, які можуть бути інтегровані у практику охорони здоров'я.

Гібридні системи штучного інтелекту можуть навчатися на динамічно сформованих концепціях, а не лише на фіксованих письмових правилах, інтегруючи індивідуалізовані знання про пацієнта разом із доказовими даними та клінічними рекомендаціями у автоматизовані та узгоджені інструменти підтримки прийняття рішень.

Прискорений розвиток IT-інновацій у сфері охорони здоров'я, що базується на технологіях штучного інтелекту, потребуватиме консолідованих зусиль багатьох зацікавлених сторін. Вирішальну роль у цьому процесі відіграватимуть урядова політика, міжінституційна співпраця, належне фінансування та впровадження єдиних стандартів і процедур сертифікації.

Література

1. Johnson, A. E. W., Pollard, T. J., Shen, L., et al. "MIMIC-III, a freely accessible critical care database." Scientific Data, 2016.
2. Lundberg, S. M., & Lee, S.-I. "A unified approach to interpreting model predictions." NeurIPS, 2017.
3. Bahdanau, D., Cho, K., Bengio, Y. "Neural machine translation by jointly learning to align and translate." arXiv, 2014.

УДК 004.934.5
М. Кліщ; В. Яцишин, к. т. н., доц.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

СТРУКТУРНІ ОБМЕЖЕННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГЕНЕРАТИВНОГО МОДЕЛЮВАННЯ АУДІОСИГНАЛІВ

UDC 004.934.5
M. Klishch; V. Yatsyshyn, PhD., Assoc. Prof.

STRUCTURAL CONSTRAINTS FOR IMPROVING THE EFFICIENCY OF GENERATIVE AUDIO SIGNAL MODELING

У багатьох задачах обробки мовлення та аудіо ключовим обмеженням є нестача якісно розмічених даних та ліцензованих даних. Це стосується як малоресурсних мов, так і спеціалізованих доменів, включно зі співочим мовленням. У таких умовах виникає потреба в методах, які забезпечують ефективне представлення сигналу та стійке навчання моделей за обмежених обсягів даних. Структурні обмеження в генеративних аудіомоделях є ключовим чинником підвищення даноефективності, оскільки вони зменшують розмірність простору функцій, який має бути вивчений мережею, та узгоджують оптимізацію з фізичною природою сигналу.

У рамках диференційовної цифрової обробки сигналів (DDSP) такі обмеження реалізуються через апріорно фіксовані гармонічні й шумові генератори, що дозволяє моделі навчатися лише керуванню низьковимірними тембральними параметрами замість відтворення високовимірного аудіосигналу [1, 2]. Зокрема у дослідженнях [3, 4, 5] показано ефективність даного фреймворку для моделювання мовлення та співочого мовлення.

Додаткове структурне обмеження у вигляді багаторівневого залишкового векторного квантування (RVQ) дискретизує латентний простір і формує компактне, стійке до шумів представлення, яке зменшує надлишкову варіативність і сприяє регуляризації моделі [6].

Література

1. Engel, J., Hantrakul, L., Gu, C., & Roberts, A. (2020). DDSP: Differentiable digital signal processing. arXiv preprint arXiv:2001.04643.
2. Hayes, B., Shier, J., Fazekas, G., McPherson, A., & Saitis, C. (2024). A review of differentiable digital signal processing for music and speech synthesis. Frontiers in Signal Processing, 3, 1284100.
3. Liu, Y., Yu, B., Lin, D., Wu, P., Cho, C. J., & Anumanchipalli, G. K. (2024, December). Fast, high-quality and parameter-efficient articulatory synthesis using differentiable DSP. In 2024 IEEE Spoken Language Technology Workshop (SLT) (pp. 711-718). IEEE.
4. Nercessian, S. (2022). Differentiable WORLD synthesizer-based neural vocoder with application to end-to-end audio style transfer. arXiv preprint arXiv:2208.07282.
6. Agrawal, P., Koehler, T., Xiu, Z., Serai, P., & He, Q. (2024, April). Ultra-lightweight neural differential dsp vocoder for high quality speech synthesis. In ICASSP 2024-2024 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP) (pp. 10066-10070). IEEE.
2. 6. Défossez, A., Copet, J., Synnaeve, G., & Adi, Y. (2022). High fidelity neural audio compression. arXiv preprint arXiv:2210.13438.

УДК 004.56
А. Кобельник; І. Скарга-Бандурова, д. т. н., проф.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

РОЗРОБКА ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ШАХРАЙСЬКИХ ДІЙ В БЛОКЧЕЙНІ

UDC 004.56
A. Kobelnyk; I. Skarga-Bandurova, Doctor of Technical Sciences, Prof.

DEVELOPMENT OF A BLOCKCHAIN FRAUD DETECTION TOOL

Розвиток блокчейну за останні кілька років перетворив його з нішевої технології на глобальну інфраструктуру вартістю понад 3,2 трлн доларів [1], але водночас створив ідеальне середовище для наймасштабнішого в історії перерозподілу капіталу через шахрайство. Децентралізація, прозорість та незмінність даних у блокчейн-середовищах забезпечують нові можливості для користувачів, проте одночасно створюють сприятливі умови для появи складних, автоматизованих форм шахрайства. Масштабність і відкритість Web3 призводять до того, що виявлення ризиків і відокремлення легітимної активності від шахрайської стає технічно складним завданням.

Провідні аналітичні платформи, такі як Chainalysis [2], Elliptic [3], TRM Labs [4], що спеціалізуються на криптобезпеці та AML-комплаєнсі, пропонують моніторинг транзакцій та криміналістичну експертизу. Однак, їхні послуги орієнтовані насамперед на великі фінансові установи та правоохоронні органи, вимагаючи значних фінансових ресурсів і доступу до закритих корпоративних інтерфейсів. Це залишає звичайний користувачів практично без інструментів для самостійного аналізу даних.

З огляду на це, актуальним стає створення доступного інструменту, який дозволяє кожному користувачеві самостійно оцінювати безпеку взаємодії з EVM-адресами. Він вирішує кілька ключових завдань: збір і систематизацію відкритих ончейн-даних, наочну візуалізацію транзакційних взаємодій, проведення розслідувань та формування зрозумілої оцінки ризику.

Інструмент використовує дані з відкритих джерел і безкоштовних API, що робить його доступним для широкого кола користувачів і незалежним від дорогих корпоративних рішень. Отримані дані відображаються у вигляді графів, що дозволяє швидко оцінити структуру зв’язків між адресами та помітити потенційно підозрілу активність. Оцінка ризику здійснюється автоматично або інтерактивно у вигляді анкети, що забезпечує працездатність навіть при обмеженому доступі до потрібних даних через API. Такий підхід не лише зберігає функціональність системи, а й перетворює процес аналізу на навчальний досвід: користувач освоює принципи розпізнавання шахрайської активності та може застосовувати ці знання в майбутньому. Проведене тестування на реальних випадках показало, що інструмент демонструє високу точність оцінки ризику та надійно ідентифікує підозрілу активність у різних сценаріях.

Перспективи розвитку охоплюють підтримку non-EVM блкочейнів, вдосконалення методів аналітики та взаємодій через кросчейн мости, розширення оцінки різних видів шахрайства та впровадження модуля для аналізу смарт-контрактів, що дозволить виявляти потенційно небезпечну логіку всередині контрактів. Додатково розглядається створення бази знань, що сприятиме формуванню в користувачів практичних навичок оцінювання ризиків і загальної цифрової безпеки, адже усвідомлене розуміння механізмів шахрайства та принципів безпечної поведінки суттєво знижує ймовірність фінансових втрат.

Література

1. Cryptocu Global Cryptocurrency Market Cap Charts. CoinGecko. URL: https://www.coingecko.com/en/charts.
2. The Blockchain Data Platform. Chainalysis. URL: https://www.chainalysis.com/.
3. Elliptic: Blockchain Analytics & Crypto Compliance Solutions. Elliptic. URL: https://www.elliptic.co/.
4. TRM Labs | Blockchain Intelligence Platform. TRM Labs. URL: https://www.trmlabs.com/.

УДК 621.391
О. Колтаков
(Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна)

ОГЛЯД ОСНОВНИХ ВРАЗЛИВОСТЕЙ АРХІТЕКТУРИ SDN І МЕТОДІВ ПРОТИДІЇ

UDC 621.391
O. Koltakov

OVERVIEW OF PRINCIPAL VULNERABILITIES IN SDN ARCHITECTURE AND MITIGATION METHODS

Програмно-конфігуровані мережі (Software-Defined Network, SDN) представляють підхід до побудови мереж, в якому функції управління відокремлено від площини даних і реалізовано програмно, що забезпечує гнучкість, масштабованість і спрощене адміністрування. Водночас архітектура SDN, що включає площину даних, площину управління та площину застосунків [1], має низку вразливостей, пов'язаних із централізованою природою площини управління та використанням стандартизованих інтерфейсів взаємодії, які можуть слугувати потенційними точками атаки. Забезпечення комплексної безпеки вимагає усунення ризиків на кожному з архітектурних рівнів і впровадженні відповідних політик безпеки. В даній роботі проведено огляд основних вразливостей архітектури SDN і методів протидії.

DDoS-атаки на контролер SDN є одними з найкритичніших, оскільки можуть спричиняти переповнення таблиці потоків (flow table) SDN-комутатора, виснаження обчислювальних ресурсів та втрату керованості мережею. Відповідно у роботі [1] рекомендовано фреймворк FloodDefender, спрямований на виявлення та зниження впливу таких атак шляхом аналізу трафіку та фільтрації зловмисних пакетів. Крім того, трафік площини даних в SDN є вразливим до перехоплення й модифікації, що створює додаткові ризики компрометації вузлів або перехоплення управління ними. Водночас застосування стійких механізмів шифрування дозволяє усунути дану вразливість. Також канал взаємодії між контролером мережі та застосунками може бути вразливим через недостатньо надійні механізми автентифікації та авторизації. Одним із підходів до запобігання такого несанкціонованого доступу є використання спеціалізованих модулів автентифікації, зокрема рішення IZTSDN, запропонованого в роботі [2].

Таким чином, у роботі проаналізовано основні вразливості архітектури SDN та характерні загрози. Виявлено, що більшість типів атак відомі з практики традиційних телекомунікаційних мереж (ТКМ), проте особливості SDN можуть підвищувати чутливість ТКМ до окремих атак. Це підкреслює необхідність поєднання класичних підходів до забезпечення безпеки з багаторівневими механізмами захисту, адаптованими до специфіки програмно-конфігурованих мереж.

Література

1. Anand, N., Saifulla, M.A., Ponnuru, R.B., Alavalapati, G.R., Patan, R. and Gandomi, A.H., 2024. Securing software defined networks: A comprehensive analysis of approaches, applications, and future strategies against DoS attacks. IEEE Access, Vol. 13, pp. 64473-64515, 2025. DOI: https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3520478.
2. Guo, X., Xian, H., Feng, T., Jiang, Y., Zhang, D., Fang, J., 2023. An intelligent zero trust secure framework for software defined networking. PeerJ Computer Science, 9, e1674. DOI: https://doi.org/10.7717/peerj-cs.1674.

УДК 004.056.53
Д. Косарик; Р. Козак, к. т. н., доц.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ МОНТЕ-КАРЛО ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ КІБЕРЗАГРОЗ У МЕДИЧНИХ СИСТЕМАХ

UDC 004.056.53
D. Kosaryk; R. Kozak, PhD., Assoc. Prof.

APPLICATION OF THE MONTE CARLO METHOD FOR MODELING CYBERTHREATS IN MEDICAL SYSTEMS

Кібербезпека медичних інформаційних систем є критично важливою, адже вона забезпечує не лише захист конфіденційних даних пацієнтів, а й безпосередньо впливає на їхнє життя та здоров'я. Актуальність цієї проблеми стала підґрунтям для проведення дослідження, яке охопило аналіз сучасних підходів до управління ризиками, здійснення порівняльного аналізу ризик-орієнтованих моделей, а також виявлення прогалини у методах, які б поєднували оцінку потенційної шкоди для пацієнта з фінансовими наслідками. Запропоновано модель оцінки ризиків кібербезпеки медичних систем із використанням методу Монте-Карло, яка враховує вартість, ефективність та вплив заходів контролю на рівень ризику, дозволяючи ідентифікувати сценарії надмірної чи недостатньої ефективності заходів.

Ключовим об'єктом моделювання у дослідженні є медична інформаційна система, для якої ідентифіковано основні загрози [1] та відповідні засоби захисту [2]. За допомогою симуляційної моделі враховано невизначеність параметрів, таких як шкода пацієнту, ціна та ефективність засобу, і здійснено оптимізацію вибору засобів захисту, дотримуючи балансу між рівнем прийнятного ризику та ресурсами організації [3].

Випробування програмої реалізація моделі показало, що накопичення контролів не завжди підвищує ефективність і може бути економічно необґрунтованим. Ефективність досягається завдяки формуванню взаємодоповнювальних груп заходів, а не їх кількісному збільшенню. Практичне значення моделі полягає у допомозі організаціям приймати обґрунтовані рішення щодо вибору заходів безпеки, забезпечуючи баланс між ризиком та витратами. Вона підвищує обізнаність керівників про реальні ризики, враховуючи не лише фінансові чи репутаційні наслідки, а й вплив на життя пацієнтів.

Дослідження мало деякі обмеження, пов'язані з недостатністю статистичних даних у сфері кібербезпеки медичних систем та необхідністю застосування експертних оцінок для формування ймовірнісних розподілів. Нестача відкритих даних обмежує точність оцінки ймовірностей, тому результати моделювання варто розглядати як орієнтовні та адаптувати під специфіку конкретної організації чи бізнесу.

Розроблена модель може бути застосована для ймовірнісної оцінки ризиків та оптимізації заходів та засобів захисту в медичних інформаційних системах, а також дає змогу сформувати інтегровані стратегії безпеки, що враховують специфіку загроз, пріоритети організації та критичний вплив на пацієнтів.

Література

1. Xu, Yanchen & Tran, Daniel & Tian, Yuan & Alemzadeh, Homa. (2019). Poster Abstract: Analysis of Cyber-Security Vulnerabilities of Interconnected Medical Devices. 23–24.
2. Almohri, Hussain & Cheng, Long & Yao, Danfeng Daphne & Alemzadeh, Homa. (2017). On Threat Modeling and Mitigation of Medical Cyber-Physical Systems.
3. Aven, Terje & Zio, Enrico. (2013). Foundational Issues in Risk Assessment and Risk Management. Risk analysis : an official publication of the Society for Risk Analysis. 34.

УДК 004.5, 004.9
Т. Крамар; П. Скалецький
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ПОРІВНЯННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПЛАТФОРМ ДЛЯ ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ПОДАННЯ КУЛЬТУРНОЇ СПАДЩИНИ

UDC 004.5, 004.9
T. Kramar; P. Skaletskyi

COMPARISON OF INFORMATION-TECHNOLOGICAL PLATFORMS FOR THE PRESERVATION AND PRESENTATION OF CULTURAL HERITAGE

Процеси зберігання культурної спадщини у цифровому середовищі потребують використання інструментів фотограмметрії, 3D-реконструкції та інформаційно-технологічних платформ, здатних відтворювати структуру та матеріальну природу музейних об'єктів із високою точністю. Застосування цих методів забезпечує можливість створення детальних цифрових копій музейних артефактів, що слугують підґрунтям для подальшого дослідження, реставраційного аналізу та освітніх цілей. Для 3D-моделей об'єктів культурної спадщини важливо поєднувати якісну інтерактивну візуалізацію з надійним довготривалим зберіганням, що відбувається засобами репозитаріїв та спеціалізованих інформаційно-технологічних платформ. Інформаційно-технологічна платформа Sketchfab [1] є спеціалізованим середовищем для веборієнтованого подання 3D-об'єктів. Вона забезпечує інтерактивні механізми взаємодії, що підвищують доступність цифрових копій музейних експонатів. DSpace [2] функціонує як інституційний репозитарій, орієнтований на структуризацію та довготривале зберігання цифрових даних із супроводом формалізованих метаданих. Smithsonian Voyager [3] забезпечує високі стандарти для професійної публікації 3D-моделей та призначена для точного подання складних музейних артефактів. Omeka S [4] забезпечує побудову цифрових виставкових структур і підтримує організацію взаємопов'язаних матеріалів у семантично узгоджених інформаційних моделях. Порівняльна характеристика розглянутих інформаційно-технологічних платформ – таблиця 1.

Таблиця 1

Платформа	Можливості перегляду	Підтримка 3D-подання	Метадані	Придатність для музеїв	Основне призначення
Sketchfab [1]	Інтерактивна візуалізація	Повна	Базові	Дуже висока	Публічна демонстрація
DSpace [2]	Без інтерактивного перегляду	Файлове зберігання	Розширені	Висока	Архівне збереження
Smithsonian Voyager [3]	Високоточний перегляд	Професійна	Розширені	Дуже висока	Наукові каталоги
Omeka S [4]	Базові	Через модулі	Dublin Core	Висока	Цифрові виставки

Узагальнення поданих характеристик свідчить, що жодна з інформаційно-технологічних платформ не забезпечує повної універсальності. Тому доцільним є комбінований підхід, у якому, наприклад, інтерактивна демонстрація забезпечується платформою Sketchfab, а довготривале архівне зберігання – платформою DSpace. Ця комбінація покриває ключові вимоги музейних інституцій регіонального рівня, забезпечуючи доступність, якість та зручність подання цифрових копій об'єктів культурної спадщини.

Література

1. Sketchfab Community Blog [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://sketchfab. com/blogs/community.
2. About DSpace – Режим доступу до ресурсу: https://dspace.org/features/.
3. Smithsonian Voyager Platform– Режим доступу до ресурсу: https://smithsonian.github.io/dpo-voyager/.

Omeka S. Platform [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://omeka.org/s/.

УДК 004.056.53:004.8
О. Легкобит; М. Стадник, к. т. н.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ГЕНЕРАТИВНІ МОВНІ МОДЕЛІ В АНАЛІЗІ ШКІДЛИВОГО КОДУ

UDC 004.056.53:004.8
O. Lehkobyt; M. Stadnyk, PhD

GENERATIVE LANGUAGE MODELS IN MALWARE ANALYSIS

Стрімке розширення цифрових сервісів та зростання кількості користувачів в онлайн-просторі призводять до появи дедалі складніших кіберзагроз, які безпосередньо впливають на безпеку як організацій, так і окремих людей. Генеративні мовні моделі (LLM) відіграють дедалі важливішу роль у сфері кібербезпеки, зокрема в аналізі шкідливого програмного забезпечення. Зростання масштабів кіберзагроз та ускладнення технік обходу традиційних систем захисту призвели до того, що malware став одним із ключових векторів атак у 2023–2025 рр. За даними звіту CrowdStrike та Mandiant кількість нових зразків шкідливого ПЗ щорічно збільшується на 30–40%, а значна частина з них створюється або модифікується із використанням автоматизованих інструментів і генеративних алгоритмів, що суттєво ускладнює їхню ідентифікацію класичними методами.

Сучасний malware часто приховує свій справжній функціонал за допомогою обфускації, шифрування або спеціальних антианалізних механізмів. Це знижує ефективність традиційних інструментів і створює потребу в інтелектуальних підходах, здатних інтерпретувати логіку коду на рівні його намірів, а не лише поверхневої структури. Генеративні моделі, побудовані на архітектурі Transformer, здатні аналізувати програмний код подібно до експерта: виявляти приховані зв'язки між функціями, визначати контекст використання API та оцінювати потенційно небезпечну поведінку.

Особливу практичну цінність становить здатність LLM пояснювати результати аналізу природною мовою. Це зменшує навантаження на аналітиків SOC-центрів і допомагає швидше ухвалювати рішення у разі інцидентів. Додаткове навчання моделей на наборах даних та інтеграція з доменною базою знань покращують точність виявлення загроз і дозволяють адаптувати систему до нових шкідливих сімейств.

Разом із тим впровадження LLM у процес аналізу шкідливого коду супроводжується певними викликами. Зокрема, моделі можуть генерувати хибні висновки або небажаний код, якщо не дотримано політик безпеки. Не менш важливими є питання обробки конфіденційних даних, вразливість до некоректних промптів та потреба у значних обчислювальних ресурсах.

Попри це, експериментальні дослідження демонструють суттєве зростання ефективності систем кіберзахисту у разі поєднання класичних підходів і можливостей LLM. Інтелектуальний аналіз дозволяє зменшити кількість хибнопозитивних спрацювань, скоротити час обробки інцидентів та підвищити якість прогнозування ризиків. Використання генеративних моделей формує основу для нового покоління адаптивних систем безпеки, здатних оперативно реагувати на швидко мінливі загрози сучасного кіберпростору.

Література

1. CrowdStrike. (2024). 2024 Global Threat Report. CrowdStrike Holdings, Inc. https://www.crowdstrike.com/global-threat-report/ (date of access: 03.12.2025).
2. Mandiant. (2024). M-Trends 2024 Special Report. Mandiant, Google Cloud. https://www.mandiant.com/resources/m-trends (date of access: 03.12.2025).

УДК 004.048

А. Луцків, к. т. н., доц.; С. Андруньків
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ІНТЕРПРЕТАЦІЯ 'ЧОРНИХ СКРИНЬОК'. ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ SHAP ТА LIME ДЛЯ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У ГЛИБОКИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖАХ

UDC 004.048

A. Lutskiv, PhD., Assoc. Prof.; S. Andrunkiv

INTERPRETATION OF 'BLACK BOXES'. USE OF SHAP AND LIME METHODS TO VISUALIZE THE DECISION-MAKING PROCESS IN DEEP NEURAL NETWORKS

Глибокі нейронні мережі досягли надзвичайної точності у складних задачах, таких як розпізнавання зображень, обробка мови та медична діагностика. Однак їхня внутрішня складність, що складається з мільйонів параметрів, перетворює їх на «чорні скриньки». Відсутність прозорості та неможливість пояснити, чому модель прийняла певне рішення, є головною перешкодою для їхнього впровадження у сфери медицини, фінансів, юриспруденції, де довіра та валідація є обов'язковими.

Для досягнення мети було проаналізовано:

– метод LIME, Local Interpretable Model-agnostic Explanations, який будує просту лінійну модель навколо одного прогнозу, щоб пояснити його локально;

– метод SHAP, SHapley Additive exPlanations, який базується на теорії ігор для обчислення точного внеску кожної ознаки у кінцевий прогноз, забезпечуючи локальну та глобальну інтерпретацію.

LIME продемонстрував здатність швидко надавати інтуїтивно зрозумілі візуальні пояснення для окремих прогнозів, виділяючи «суперпікселі» на зображенні, які найбільше вплинули на рішення (див. рис. 1, зліва). На зображенні зеленою маскою виділені суперпікселі, що відповідають за правильну класифікацію «хаскі», а червоною – ті, що заважають, та які модель теж асоціює з «хаскі».

SHAP надав докладніші та стійкіші пояснення. На рисунку 1, праворуч, схожа візуалізація. На зображенні червоні пікселі показують, що очі та морда собаки підвищили ймовірність класу «хаскі», а сині, що вказують на білу шерсть та фон – знизили. Ця візуалізація часто є чіткішою та менш «шумною», ніж LIME.

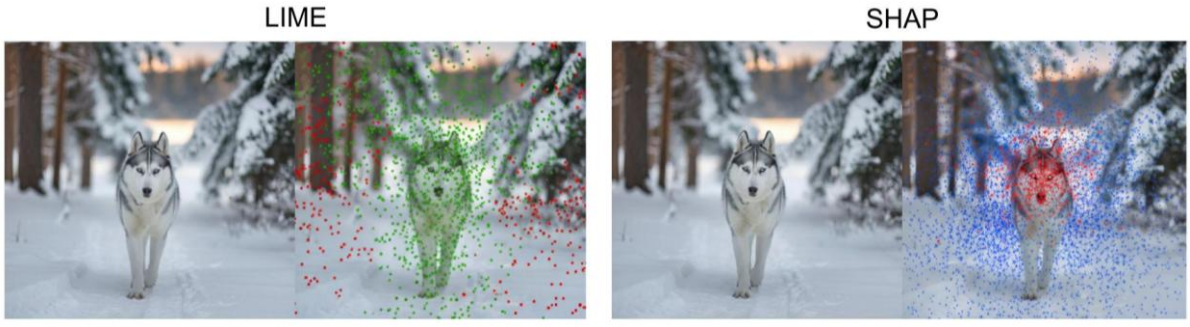


Рисунок 1. Порівняння візуалізацій LIME та SHAP для пояснення класифікації зображення

УДК 069:004
Г. Липак, к. соц. ком., доц.; І. Генсьора
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

УПРАВЛІННЯ ЦИФРОВИМИ КОЛЕКЦІЯМИ МУЗЕЇВ: ЗАСОБИ І СТАНДАРТИ

UDC 069:004
H. Lypak; PhD., Assoc. Prof; I. Hensora

MANAGEMENT OF DIGITAL MUSEUM COLLECTIONS: TOOLS AND STANDARDS

У XXI столітті музейна справа переживає період глибокої цифрової трансформації, що зумовлена розвитком інформаційних технологій і глобальною тенденцією до відкритості культурних ресурсів. Одним із головних напрямів цих змін є створення та впровадження програмних засобів для управління цифровими колекціями музеїв. Такі системи покликані не лише забезпечити облік, збереження й безпечне зберігання цифрових об'єктів, а й зробити культурну спадщину доступною для дослідників, освітян та широкої громадськості.

Програмні засоби управління цифровими колекціями охоплюють широкий спектр інструментів від внутрішніх баз даних для опису експонатів до комплексних платформ, що підтримують віртуальні виставки та інтеграцію з міжнародними репозитаріями. Зокрема, системи типу Omeka, TMS Collections, Axiell Collections, MuseumPlus і CollectiveAccess дозволяють музеям реалізувати концепцію відкритих даних і долучатися до глобальних мереж цифрової культурної спадщини, таких як Europeana чи Google Arts & Culture. До прикладу, музей Акрополя використав MuseumPlus для повної електронної документації своїх колекцій [1], а невеликий музей MoRE успішно використовує Omeka для цифрових виставок [2].

Важливою складовою сучасних систем є підтримка міжнародних стандартів метаданих, зокрема Dublin Core [3], CIDOC CRM (ISO 21127) [4] та LIDO (Lightweight Information Describing Objects). CIDOC CRM забезпечує уніфікацію описів, взаємну сумісність даних та можливість обміну між установами. LIDO, як схема обміну (harvesting schema), розроблена на базі CDWA Lite і museumdat, і підтримує експорт метаданих з баз даних музеїв до агрегаторів. Це особливо актуально для невеликих музеїв, які прагнуть цифровізувати свої фонди з мінімальними ресурсними витратами, використовуючи відкриті платформи як Omeka.

Використання таких систем надає змогу інтегрувати цифрові колекції з науковими базами, організовувати онлайн-виставки, вести статистику відвідуваності, а також створювати персоналізовані досвіди для користувачів. Упровадження цифрових рішень підвищує ефективність збереження інформації, мінімізує людський фактор та розширює аудиторію музеїв у всьому світі.

Отже, застосування ефективних програмних засобів та уніфікованих стандартів для управління цифровими колекціями є необхідною умовою модернізації музейної діяльності, що сприяє не лише збереженню культурної спадщини, а й її інтеграції у глобальний цифровий простір, формуючи нову культуру доступу до історико-культурних цінностей.

Література

1. Computer-Based Documentation and Collections Management. Acropolis Museum. URL: https://www.theacropolismuseum.gr/en/new-technologies/computer-based-documentation-and-collections-management.
2. Salarelli, Alberto. Gestire piccole collezioni digitali con Omeka: l'esperienza di MoRE (A Museum of REfused and unrealised art projects). Bibliothecae. it, 2016, 5.2: 177-200.
3. The Dublin Core Metadata Element Set, V 1.1. -https://dublincore.org/specifications/
4. CIDOC CRM: Conceptual Reference Model for Cultural Heritage Data. - ICOM CIDOC, 2021.

УДК 004.8
В. Лісовий; В. Яцишин к. т. н., доц.; Г. Семенишин
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

АЛГОРИТМ РОБОТИ ПРОГРАМНОГО ІНСТРУМЕНТУ АВТОМАТИЧНОГО ПІДБОРУ ГІПЕРПАРАМЕТРІВ ТРАНСФОРМЕРА

UDC 004.8
V. Lisovyi; V. Yatsyshyn PhD., Assoc. Prof.; H. Semenyshyn

ALGORITHM OF THE SOFTWARE TOOL FOR AUTOMATIC SELECTION OF TRANSFORMER HYPERPARAMETERS

Для автоматичного підбору найкращих параметрів передобробки та гіперпараметрів розробленої моделі класифікації багатовимірних часових рядів (БЧР) розроблено модуль автоматичного перебору різних параметрів. Вхідні дані навчання та тестування приймаються у модуль у форматі датасетів UEA [1].

Цей модуль реалізований мовою програмування Python [2] та виконує послідовний перебір параметрів для досягнення найкращих результатів. Основна ідея полягає у переборі кожного гіперпараметра та збереження значення, за допомогою якого було отримано найбільшу метрику на контрольній вибірці. Як метрика оцінки використана частка правильних відповідей серед усіх прикладів.

Початкові значення гіперпараметрів та його діапазони перебору представляються у файлі конфігурації. Цей файл приймається у форматі JSON. Також у файлі конфігурації представлені обмеження гіпермараметрів для ефективного підбору при вирішенні завдань з більшими обсягами даних.

Далі представлений алгоритм виконання автоматичного перебору параметрів передобробки та гіперпараметрів моделі.

1. Ініціалізація початкових параметрів. На даному етапі відбувається встановлення початкових значень параметрів та гіперпараметрів, які будуть використовуватись у подальшому процесі перебору. Ініціалізація початкових параметрів потрібна для того, щоб задати відправні точки для подальшого перебору.
2. Перебір параметрів нормалізації. На цьому етапі перебираються різні методи нормалізації даних. Використовується нормалізація за мінімумом та максимумом. Проводиться перебір таких варіантів як нормування кожного виміру окремо, нормування щодо глобального мінімуму та максимуму, не використання нормалізації. Нормалізація даних допомагає покращити збіжність алгоритмів навчання та збільшити точність моделі.
3. Використання перетворення Фур'є. На цьому етапі розглядається застосування перетворення Фур'є до даних, що дозволяє перейти від часової до частотної області. Перетворення Фур'є може виявити важливі частотні компоненти даних, які можуть бути корисні для поліпшення якості моделі.
4. Перебір варіантів об'єднання та вибору вимірювань. Перебираються різні стратегії об'єднання та вибору вимірів, такі як об'єднання всіх вимірів в один масив, вибірка найбільш значимих вимірів та інші підходи. Правильний вибір та поєднання вимірів може значно вплинути на продуктивність моделі. Це допомагає зменшити розмірність даних та покращити ефективність навчання.
5. Перебір розміру патчів. На цьому етапі перебираються різні розміри патчів, які будуть використовуватися при розбитті даних на дрібніші частини. Розмір патчів може впливати на здатність моделі захоплювати локальні патерни даних. Правильний вибір розміру патчів може покращити навчання моделі та її здатність до узагальнення. Розміри для перебору залежать від довжини вхідної послідовності та є дільниками довжини.
6. Перебір кроку навчання. Перебираються різні значення кроку навчання, який визначає, наскільки модель оновлює свої ваги при кожному кроці навчання. Крок навчання є одним із ключових гіперпараметрів, який впливає на збіжність та стабільність процесу

навчання. Правильний крок навчання допомагає уникнути як застрягання в локальних мінімумах, так і перескакування через оптимальні значення. Можливі значення для перебору можуть встановлюватись користувачем. У роботі було використано значення 0.00001, 0.0001, 0.001, 0.01.

7. Перебір кількості нейронів у повнозв'язкових шарах енкодерів. Правильний вибір цього параметра допомагає досягти балансу між складністю моделі та її здатністю до узагальнення. Можливі значення для перебору можуть встановлюватись користувачем. У роботі було використано значення 516, 1024, 2048.

8. Перебір частки занулення нейронів (Dropout). Перебираються різні частки занулення нейронів в енкодер шарах моделі. Даний гіперпараметр дозволяє зменшити перенавчання та підвищити стійкість моделі. Можливі значення для перебору можуть встановлюватись користувачем. У роботі були використані значення 0.1, 0.25, 0.5, 0.75.

9. Перебір кількості енкодерів. Перебираються різні кількості енкодерів, що використовуються в моделі. Кількість енкодерів впливає на глибину моделі та її здатність захоплювати складні патерни у даних. Перебір дозволяє знайти оптимальну кількість енкодерів для вирішення задачі. Можливі значення для перебору можуть встановлюватись користувачем. У роботі було використано значення 0, 1, 2, 3.

10. Використання шару ембедингів. Розглядається включення чи виключення шару ембедингів до архітектури моделі. Ембединги можуть поліпшити представлення даних моделі і це може підвищити точність моделі.

11. Перебір кількості голів уваги. Перебираються різні кількості голів уваги моделі. Кількість голів уваги визначає, скільки різних аспектів інформації модель може одночасно враховувати. Це може значно покращити здатність моделі до навчання та її продуктивність на складних завданнях. Можливі значення для перебору можуть встановлюватись користувачем. У роботі було використано значення 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10.

Перебір вищевикладених гіперпараметрів у представленій послідовності дозволяє досягти найкращих результатів для вирішення задачі класифікації БЧР за допомогою розробленої моделі трансформера.

Література

1. Bagnall A. et al. The UEA multivariate time series classification archive, 2018 //arXiv preprint arXiv:1811.00075.
2. Python Documentation // Python URL: https://www.python.org/ (дата звертання: 24.11.2025).

УДК 004.056.53
С. Літвінчук; Н. Загородна, к. т. н., доц.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ДОСЛІДЖЕННЯ БЕЗПЕРЕРВНОЇ АВТЕНТИФІКАЦІЇ КОРИСТУВАЧІВ НА ОСНОВІ ДИНАМІКИ НАТИСКАННЯ КЛАВІШ

UDC 004.056.53
S. Litvinchuk; N. Zagorodna, PhD., Assoc. Prof.

RESEARCH OF CONTINUOUS USER AUTHENTICATION BASED ON KEYSTROKE DYNAMICS

У сучасних інформаційних системах традиційні процедури автентифікації здійснюються лише на етапі початкового доступу й не передбачають подальшої перевірки особи під час сеансу роботи, що створює можливість несанкціонованого використання активної сесії. За таких умов одним із найбільш обґрунтованих підходів до реалізації безперервної автентифікації є аналіз динаміки натискання клавіш.

У роботі розглянуто модель автентифікації на основін архітектури Bi-LSTM з механізмом уваги (рис. 1), що забезпечує врахування часових закономірностей і виділення найбільш інформативних фрагментів послідовності.

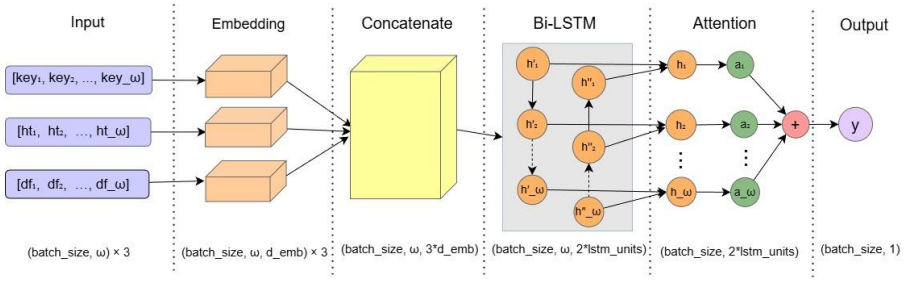


Рисунок 1. Архутектура досліджувальної моделі [1]

У якості вхідних даних використано датасет Clarkson University Keystroke Dataset II [2]. У межах дослідження обрано три базові параметри клавіатурних подій: тип клавіші, тривалість її утримання та інтервал між натисканнями. На базі цих характеристик формувалися послідовності для подальшого аналізу.

Було проведено серію експериментів щодо впливу довжини послідовності, кроку «ковзного вікна» та способу формування начальних та тестувальних вибірок на точність класифікації. Отримані результати показали, що найкращі показники досягаються для довжини послідовності 30 клавіатурних подій з розподілом даних 70:30 та кроком «ковзного вікна» 1, де модель продемонструвала загальну точність 92,69 % та EER 7,83 %, перевершивши базові архітектури CNN, LSTM та звичайну Bi-LSTM. Також доведено, що модель зберігає стійкість при тестуванні на віддалених у часі сесіях (1 - 2 роки).

Література

1. Yang, L., Li, C., You, R. et al. TKCA: A timely keystroke-based continuous user authentication with short keystroke sequence in uncontrolled settings. Cybersecurity 4, 13 (2021). https://doi.org/10.1186/s42400-021-00075-9.
2. Clarkson University. Clarkson University Keystroke Dataset II (Clarkson II). Provided under the Joint Multi-modal Biometric Dataset Release Agreement. Potsdam, NY: Clarkson University, Department of Electrical and Computer Engineering, 2009.

УДК 004.056
Д. Мазурчак; В. Тимощук
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ ІЗОЛЯЦІЇ ПАМ'ЯТІ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ВІРТУАЛІЗОВАНИХ МЕРЕЖЕВИХ СЕРЕДОВИЩАХ

UDC 004.056
D. Mazurchak; V. Tymoshchuk

INVESTIGATION OF MEMORY ISOLATION TECHNIQUES FOR IMPROVING THE SECURITY OF VIRTUALIZED NETWORK SYSTEMS

У міру зростання масштабів хмарних дата-центрів і щільності віртуалізації саме порушення ізоляції пам'яті між віртуальними машинами та мережевими компонентами стає джерелом внутрішніх загроз, що важко виявляються класичними засобами мережевого моніторингу. Еволюція механізмів Virtualized Network I/O (VNIO) від повної віртуалізації до паравіртуалізованих рішень на основі virtio-net, vhost-net та vhost-user дозволила суттєво підвищити пропускну здатність VNIO-шляху, однак це відбулася ціною послаблення ізоляції між компонентами. У моделях VM-to-vSwitch (VM2vS) та vSwitch-to-VM (vS2VM) процеси віртуального комутатора (vSwitch) або самі віртуальні машини (VM) отримують прямий доступ до чужої пам'яті через механізми спільних буферів та відображення сторінок, що створює умови для DMA-атак, побічних каналів і порушення ізоляції орендарів у багатокористувацьких хмарних середовищах. Традиційні підходи до підсилення безпеки, зокрема використання vIOMMU або перенесення обробки даних у kernel space не забезпечують прийнятного балансу між безпекою та продуктивністю й часто призводять до помітного падіння пропускної здатності VNIO.

У роботі запропоновано архітектурну модель vSwitch-to-Hypervisor (vS2H). Ключова ідея полягає в перенесенні критичних операцій обробки дескрипторів пакетів із користувацького процесу vSwitch безпосередньо в гіпервізор. У межах моделі vS2H vSwitch позбавляється прямого доступу до пам'яті VM, а гостьові VM не працюють зі спільними I/O-буферами vSwitch. Єдиним посередником між пам'яттю орендарів і I/O-пам'яттю мережевих компонентів виступає гіпервізор, який уже є привілейованим і контрольованим елементом віртуалізаційної платформи. Такий підхід зберігає сумісність з інтерфейсом virtio, істотно зменшує поверхню атаки, локалізує можливі компрометації в межах одного рівня та мінімізує ризики витоку даних через спільні області пам'яті.

Ефективність моделі vS2H було експериментально оцінено на стенді на базі QEMU/KVM [1], Open vSwitch із підтримкою DPDK та генератора трафіку TRex. Результати вимірювань показали, що для каналу передачі даних запропонований механізм забезпечує середній приріст пропускної здатності близько 11% порівняно з класичним vhost-user. У сценаріях із розгортанням високопродуктивних DPDK-застосунків усередині VM спостерігається покращення стабільності обробки трафіку завдяки зменшенню конкуренції за CPU-ресурси між vSwitch та гостьовими VM. Отримані результати свідчать, що архітектура vS2H є перспективним напрямом розвитку безпечних VNIO-механізмів.

Література

1. Interactive cybersecurity training system based on simulation environments / D. Tymoshchuk et al. Measuring and computing devices in technological processes. 2024. No. 4. P. 215–220. URL: https://doi.org/10.31891/2219-9365-2024-80-26 (date of access: 30.11.2025).

УДК 004.932.72
К. Марущак; Г. Козбур, к. т. н., доц.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ТИПОЛОГІЯ ІНСТРУМЕНТІВ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ДАНИХ В СУЧАСНІЙ АНАЛІТИЦІ

UDC 004.932.72
K. Marushchak; Halyna Kozbur, PhD., Assoc. Prof.

TYPOLOGY OF DATA VISUALIZATION TOOLS IN MODERN ANALYTICS

Візуалізація даних широко застосовується у різних сферах для прийняття рішень на основі даних. Візуалізації можуть використовуватися на різних етапах роботи з даними в різних цілях: для розвідувального аналізу даних; під час підготовки та очищення даних, в процесі аналітики для виявлення залежностей, взаємозв'язків, трендів, тощо. Найчастіше візуалізацію даних використовують для ефективного донесення результатів досліджень [1]. Незважаючи на широкий спектр доступних інструментів візуалізації, їх ефективне застосування залежить як від типу даних та мети їх аналізу, так і від технічної підготовки користувача. Правильно підібраний інструмент для візуалізації допомагає краще зрозуміти дані й уникнути неправильних, неточних чи надто поверхневих висновків. Новітні інструменти візуалізації різняться призначенням, складністю в освоєнні, типом вхідних даних, можливостями інтеграції з джерелами даних. Серед відомих рішень можна виокремити BI-платформи, онлайн-сервіси, спеціалізовані бібліотеки мов програмування [2].

BI-інструменти застосовуються для створення інтерактивних дашбордів, інформаційних панелей, роботи з великими структурованими даними. Вони добре інтегруються з різними джерелами даних та зазвичай застосовуються для презентації результатів роботи аналітиків. Прикладами таких інструментів є Power BI, Tableau, Qlik Sense. Попри свої переваги, інструменти цього класу зазвичай вимагають часу на налаштування та освоєння.

Мови програмування мають спеціальні бібліотеки, які дозволяють створювати нетипові та складні візуалізації. Вони орієнтовані на аналітиків, часто – науковців, для проведення глибинного аналізу процесів та явищ, коли необхідно досліджувати чи контролювати кожен елемент графіка. Для роботи з цим типом інструментів необхідні навички та досвід у програмуванні. Прикладами таких бібліотек є Matplotlib, Seaborn для Python, для JavaScript –D3.js., для R – ggplot2, Plotly, тощо.

Для швидкого створення візуалізацій без навичок у програмуванні використовують різноманітні онлайн-сервіси (наприклад, Looker Studio, Datawrapper, Google Charts, Infogram, тощо). Зазвичай онлайн-сервіси прості у освоєнні, не потребують спеціальних технічних навичок, тому можуть використовуватись для обміну візуальною інформацією та звітами в реальному часі між персоналом різних підрозділів компанії.

Класифікація доступних інструментів за технічною складністю, типом застосування, способами інтеграції з даними, рівнем автоматизації та сферами застосування дозволить здійснити обґрунтований вибір інструмента, узгодити його із конкретним завданням аналізу даних, враховуючи його масштаб і контекст. Систематизований підхід до вибору інструментів є важливим чинником підвищення якості аналітичних рішень і ефективності комунікації результатів.

Література

1. Understanding the Lifecycle of a Data Analysis Project. (б. д.). Northeastern University Graduate Programs. https://graduate.northeastern.edu/knowledge-hub/data-analysis-project-lifecycle/
2. Srivastava, D. (2023). An introduction to data visualization tools and techniques in various domains. International Journal of Computer Trends and Technology, 71(4), 125–130.

УДК 004.056.5
Д. Марчук; В. Тимощук
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

АРХІТЕКТУРА БЕЗПЕКИ ЯДРА 5G НА ОСНОВІ ВІРТУАЛІЗОВАНИХ МЕРЕЖЕВИХ ФУНКЦІЙ ТА УЗГОДЖЕНИХ ПОЛІТИК

UDC 004.056.5
D. Marchuk; V. Tymoshchuk

SECURITY ARCHITECTURE FOR THE 5G CORE BASED ON VIRTUALIZED NETWORK FUNCTIONS AND HARMONIZED POLICIES

Розвиток мобільних мереж п’ятого покоління із широким використанням NFV, SDN, сервісно-орієнтованої архітектури (SBA), network slicing та MEC радикально ускладнює завдання побудови цілісної системи кібербезпеки ядра 5G Core [1]. Інтенсивне впровадження віртуалізованих мережевих функцій, динамічне масштабування сервісів та поява великої кількості взаємодіючих доменів управління призводять до того, що традиційні засоби захисту та статичні політики доступу виявляються недостатніми. Додаткові ризики створюють компроміси на користь продуктивності, зокрема захист цілісності у площині користувача, як опція, кешування станів у stateful-фаєрволах та активне використання проксі та сервісної сітки (service mesh). Усе це суттєво ускладнює своєчасне виявлення загроз і точну локалізацію атак у межах 5G Core.

У роботі представлено політико-керовану архітектуру безпеки 5G Core зі замкненими контурами управління, що забезпечує узгоджену синхронізацію політик MANO/ZSM [2] та мінімізує побічний вплив контрзаходів на легітимні сервіси. Архітектура базується на ієрархії доменного та локальних оркестраторів безпеки з інтегрованими компонентами Policy Decision Point та Policy Enforcement Point, які використовують двоступеневу модель політик HSPL/MSPL і модуль Policy Conflict Detector для автоматизованої перевірки клієнтських політик відносно глобальних правил оператора. Особливу увагу приділено двом критичним класам вразливостей: атакам на таблиці станів stateful-фаєрволів для протоколів без стану з’єднання та маніпуляціям DHCP/RA-повідомленнями, що транспортуються через площину користувача без гарантованого захисту цілісності.

Для захисту від атак на таблиці станів запропоновано механізм таргетованого керування записами станів, який дозволяє локалізувати шкідливу активність без глобального скидання таблиці. Для протидії маніпуляціям DHCP/RA-повідомленнями запропоновано механізм автентифікації службових полів з використанням криптографічних перевірок, що забезпечують підтвердження походження повідомлень без необхідності повного увімкнення захисту цілісності для всього користувацького трафіку. Запропоновані підходи апробовано на експериментальному стенді з використанням Open5GS, контейнеризації CNF в Kubernetes та інтеграцією Suricata, Kafka й Drools, де продемонстровано скорочення часу реагування на атаки та зменшення кількості побічних відмов сервісу в сегментованих 5G-середовищах.

Література

1. 5G Core. Supermicro. URL: https://www.supermicro.com/en/glossary/5g-core (date of access: 01.12.2025)
2. . IETF | Internet Engineering Task Force. URL: https://www.ietf.org/proceedings/88/slides/slides-88-opsawg-6.pdf (дата звернення: 01.12.2025).
3. Open5GS. GitHub. URL: https://github.com/open5gs (date of access: 01.12.2025).

УДК 004.056.5
Т. Маслянка; Ю. Олійник; Н. Загородна, к. т. н., доц.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ОБМЕЖЕННЯ СТАНДАРТНИХ МЕТРИК ЕФЕКТИВНОСТІ XDR-СИСТЕМ ПРИ АНАЛІЗІ ФІШИНГОВИХ КАМПАНІЙ

UDC 004.056.5
T. Maslianka; Yu. Oliinyk; N. Zagorodna, PhD., Assoc. Prof.

LIMITATIONS OF STANDARD EFFICIENCY METRICS OF XDR SYSTEM IN ANALYZING PHISHING CAMPAIGNS

У сучасному ландшафті кіберзагроз фішинг залишається домінуючим вектором первинного доступу зловмисників до корпоративних мереж. Згідно зі звітом Microsoft Digital Defense Report, лише за останній рік обсяг атак на основі паролів зріс у десять разів, а складність методів обходу фільтрації, таких як Adversary-in-the-Middle (AiTM), значно підвищилася [1]. У відповідь на це організації впроваджують платформи розширеного виявлення та реагування, зокрема Microsoft Defender XDR, які консолідують захист пошти, кінцевих точок та ідентичності. Однак, покладання виключно на автоматизовані засоби блокування та стандартні звіти створює хибне відчуття безпеки.

Проблематика стандартних інструментів звітності полягає у використанні обмеженого набору кількісних показників, які можуть не враховувати критичних факторів контексту та хронології інцидентів. Типові дашборди демонструють кількість заблокованих листів, але часто не дають відповіді на питання про час перебування фішингового листа у поштовій скриньці до моменту його видалення або про дії користувача, які не призвели до негайного спрацювання сигнатур. Як зазначають дослідники SANS Institute, перехід до проактивного захисту вимагає зміни парадигми від пасивного моніторингу до активного пошуку загроз [2].

Для об’єктивної оцінки ефективності контрзаходів необхідний перехід до аналізу «сирих» даних. У екосистемі Microsoft Defender XDR ключовим інструментом для цього є Advanced Hunting, що базується на мові запитів Kusto Query Language (KQL). На відміну від статичних звітів, KQL дозволяє корелювати події з різних доменів безпеки. Наприклад, поєднання даних з таблиць EmailEvents, EmailUrlInfo та DeviceNetworkEvents дозволяє виявити ланцюжки атак, де користувач перейшов за посиланням, яке на момент доставки вважалося безпечним [3].

Аналіз функціональних можливостей XDR-систем свідчить про необхідність застосування спеціалізованих метрик аудиту, які виходять за межі стандартних звітів. Використання певних запитів, таких як Advanced Hunting в Microsoft Defender XDR, дозволяє вирахувати такі критичні показники, як середній час між доставкою листа та кліком користувача та ефективність пост-детекції. Такий підхід дозволяє трансформувати механізми пошуку загроз у засіб верифікації надійності системи захисту та виявляти слабкі місця в політиках безпеки, які залишаються непоміченими при використанні стандартних інструментів моніторингу.

Література

1. Microsoft Digital Defense Report 2024 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.microsoft.com/en-us/security/security-insider/microsoft-digital-defense-report-2024.
2. Lee R. M. The Who, What, Where, When, Why and How of Effective Threat Hunting / R. M. Lee, D. Wolpoff. – SANS Institute, 2016. – 18 p.
3. Advanced hunting schema [Електронний ресурс] // Microsoft Learn. – 2024. – Режим доступу: https://learn.microsoft.com/en-us/defender-xdr/advanced-hunting-schema-tables.

УДК 004.415.53
А. Мельник; Л. Дмитроца, к. т. н., доц.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

АЛГОРИТМІЧНА ОПТИМІЗАЦІЯ ПОКРИТТЯ СТАНІВ МОБІЛЬНИХ ДОДАТКІВ НА ОСНОВІ ГРАФО-ОРІЄНТОВАНОГО ПІДХОДУ

UDC 004.415.53
A. Melnyk; L. Dmytrotsa, PhD., Assoc. Prof.

ALGORITHMIC OPTIMIZATION OF STATE COVERAGE IN MOBILE APPLICATIONS BASED ON GRAPH-ORIENTED APPROACH

Сучасна парадигма автоматизації тестування переважно спирається на лінійне написання скриптів, де кожен тест-кейс є ізольованою послідовністю імперативних команд. Такий підхід має критичний недолік, відомий як «парадокс пестициду» [1], та характеризується значною надлишковістю коду. При масштабуванні мобільних екосистем лінійні скрипти не здатні гарантувати повне покриття всіх можливих шляхів користувача через комбінаторний вибух станів інтерфейсу.

Метод Model-Based Testing (MBT) розглядає тестований додаток як скінченний автомат. Використання підходу MBT дозволяє застосувати класичні алгоритми обходу графів, такі як пошук у глибину (DFS), пошук у ширину (BFS) або алгоритми пошуку найкоротшого шляху (наприклад, Дейкстри), для генерації тестових наборів. Це дає змогу не просто створити набір сценаріїв, а сформувати математично обґрунтовану послідовність дій, яка гарантує стовідсоткове покриття всіх можливих переходів між станами системи [2]. Такий детермінований підхід виключає людський фактор, притаманний ручному проектуванню тестів, і забезпечує перевірку навіть тих граничних випадків, які часто ігноруються при традиційному підході.

Ключовою архітектурною перевагою графо-орієнтованого підходу є можливість миттєвого динамічного перерахунку тестових шляхів при будь-якій зміні бізнес-логіки або інтерфейсу користувача. У той час як традиційні скрипти потребують ручного рефакторингу кожного окремого файлу, у MBT зміни вносяться лише в один централізований артефакт — модель графа. Після оновлення вершин або ребер моделі актуальний набір тестів регенерується автоматично, що дозволяє підтримувати тестову документацію в актуальному стані без зайвих витрат часу.

Для практичної реалізації методу пропонується використання проміжних форматів опису моделі, яка транслюється в нативний код тестів через розроблений парсер. Це дозволяє досягти перевірки послідовностей довжиною N переходів (N-switch coverage) [3], що практично неможливо реалізувати вручну. Перехід до Model-Based Testing дозволяє скоротити обсяг кодової бази тестів на 30–50% при одночасному збільшенні покриття функціональних переходів, що є критичним для забезпечення надійності високонавантажених систем.

Література

1. Utting M., Legeard B. Practical Model-Based Testing: A Tools Approach. Morgan Kaufmann Publishers, 2022. 450 p.
2. Arcuri A. Automated Test Generation: A Review of Algorithms and Industrial Application. *IEEE Transactions on Software Engineering*. 2023. Vol. 48, no. 5. P. 1120–1135.
3. Binder R. Testing Object-Oriented Systems: Models, Patterns, and Tools. Addison-Wesley Professional, 2024. 1200 p.

УДК 004.056:004.8:004.7
Р. Міндзіброцький
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ПЕРЕВАГИ АДАПТИВНИХ СИСТЕМ БЕЗПЕКИ НАД СТАТИЧНИМИ ПРАВИЛАМИ ФІЛЬТРАЦІЇ В IOT-МЕРЕЖАХ

UDC 004.056:004.8:004.7
R. Mindzibrodskyi

ADVANTAGES OF ADAPTIVE SECURITY SYSTEMS OVER STATIC FILTERING RULES IN IOT NETWORKS

Попри активну інтеграцію IoT у побутовий простір сучасні розумні будинки часто покладаються на застарілі механізми статичної фільтрації. Традиційні методи, такі як списки контролю доступу, виявляють критичну неефективність у динамічному середовищі через високу гетерогенність пристроїв – від холодильників до камер. Статичні правила вимагають постійного ручного налаштування під нові вектори атак, що стає неможливим при зростанні кількості гаджетів. Як зазначають дослідники, статичні механізми безсилі проти атак «нульового дня», оскільки оперують лише відомими сигнатурами, залишаючи систему вразливою до нових модифікацій шкідливого ПЗ [1].

Адаптивні системи безпеки змінюють парадигму з «заборони відомого поганого» на «дозвіл лише нормального», спираючись на поведінковий аналіз та машинне навчання. Система будує унікальний профіль роботи для кожного пристрою. Наприклад, якщо термостат раптово починає передавати гігабайти даних на невідому адресу, алгоритм ідентифікує це як аномалію, навіть якщо порт формально відкритий. Такий підхід дозволяє автоматично ізолювати скомпрометовані вузли ще до того, як вони стануть частиною ботнету, що є критичним для цілісності мережі [2].

Враховуючи обмежену обчислювальну потужність IoT-датчиків, архітектура адаптивного захисту ефективно реалізується на рівні шлюзу або граничних обчислень. Це дозволяє аналізувати трафік централізовано, не перевантажуючи кінцеві пристрої. Використання легковагових алгоритмів на периферії знижує затримку реакції та забезпечує роботу системи навіть без зв’язку з хмарою. Натомість жорсткі статичні правила часто призводять до помилкових спрацьовувань, блокуючи легітимні оновлення прошивок або нові функції через прив'язку до фіксованих параметрів.

Окрім того, адаптивні механізми вирішують проблему масштабованості, адже пристрої в розумному домі постійно змінюють свої параметри. Завдяки здатності самостійно оновлювати моделі загроз системи глибокого навчання реалізують принцип імунної реакції та автоматично масштабують локальний захист на всю мережу. Дослідження підтверджують, що адаптивні моделі демонструють точність виявлення понад 95% у складних сценаріях, тоді як статичні методи часто пропускають замаскований трафік.

Підсумовуючи, перехід від статичних правил фільтрації до адаптивних систем безпеки є не просто покращенням, а необхідною умовою. Статичні методи, що були ефективні в епоху класичних комп'ютерних мереж, не витримують перевірки реаліями розумних будинків через їх динамічність та різнорідність. Адаптивні системи забезпечують необхідну гнучкість, автоматизацію та проактивний захист, дозволяючи нівелювати ризики ще на етапі аномальної поведінки, а не за фактом інциденту. Подальший розвиток цієї сфери нерозривно пов'язаний з удосконаленням алгоритмів штучного інтелекту, які зроблять безпеку «невидимою» для користувача, але непроникною для зловмисників.

Література

1. Al-Garadi, M. A., et al. (2020). A Survey of Machine and Deep Learning Methods for Internet of Things (IoT) Security. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 22(3), pp. 1646–1685.
2. Xiao, L., Wan, X., Lu, X., Zhang, Y., & Wu, D. (2018). IoT Security Techniques Based on Machine Learning: How Do IoT Devices Use AI to Enhance Security? *IEEE Signal Processing Magazine*, 35(5), pp. 41–49.

УДК 004.8
П. Містерман; М. Петрик, д. ф.-м. н., проф.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

РОЗРОБКА МАЛОЇ МОВНОЇ МОДЕЛІ SLM ДЛЯ СИСТЕМ З ОБМЕЖЕНИМИ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИМИ РЕСУРСАМИ НА БАЗІ AZURE ML ТА AI FOUNDRY

UDC 004.8
P. Misterman; M. Petryk, DR., Prof.

DEVELOPMENT OF A SMALL LANGUAGE MODEL (SLM) FOR RESOURCE-CONSTRAINED SYSTEMS BASED ON AZURE ML AND AI FOUNDRY

У сучасних умовах стрімкого розвитку штучного інтелекту все більшої уваги набуває використання малих мовних моделей (SLM), які здатні забезпечувати високу ефективність при суттєво нижчих вимогах до обчислювальних ресурсів порівняно з великими мовними моделями (LLM). Зростаючий попит на локальні та економічно ефективні рішення зумовлює необхідність адаптації SLM до різних прикладних задач — класифікації, екстракції даних, діалогових систем та автоматизації бізнес-процесів.

Платформа Azure Machine Learning у поєднанні з Azure AI Foundry надає можливості для навчання, керування та розгортання моделей різного масштабу, включно з оптимізованими SLM, що дозволяє створювати продуктивні системи навіть у середовищах з обмеженими ресурсами. Одним із ключових аспектів роботи є дослідження можливостей використання малої моделі замість LLM у задачах, де традиційно очікується висока якість мовного розуміння, а також оцінювання продуктивності, швидкодії, вартості та точності.

Під час розробки рішення передбачено використання технік донавчання моделей, таких як LoRA та QLoRA, а також застосування форматів оптимізації типу GGUF та інструментів прискорення інференсу, включно з vLLM. Це дозволяє забезпечити високу швидкість відповіді, зменшити споживання пам’яті та адаптувати модель до вузької предметної області в умовах реальних бізнес-сценаріїв.

Практичне значення роботи полягає у створенні прототипу системи, здатної виконувати типові завдання штучного інтелекту без значних апаратних витрат. Це відкриває можливості для впровадження інтелектуальних рішень у малих організаціях, на периферійних пристроях або в середовищах з підвищеними вимогами до приватності та локальності обробки даних. Результати дослідження демонструють потенціал SLM як життєздатної альтернативи LLM для широкого спектра задач, забезпечуючи баланс між точністю, продуктивністю та доступністю.

Література

1. Azure Machine Learning documentation | Microsoft Learn. URL: https://learn.microsoft.com/uk-ua/azure/machine-learning/?view=azureml-api-2.
2. What is Microsoft Foundry? - Microsoft Foundry | Microsoft Learn. URL: https://learn.microsoft.com/en-us/azure/ai-foundry/what-is-azure-ai-foundry?view=foundry-classic.
3. Maninder S. *Practical Guide to Fine-tune LLMs with LoRA*. 13.10.2024. URL: https://medium.com/@manindersingh120996/practical-guide-to-fine-tune-llms-with-lora-c835a99d7593.

УДК 004.056
І. Містерман
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЮ БЕЗПЕКОЮ ДЕРЖАВНОЇ УСТАНОВИ НА ОСНОВІ РЕЗУЛЬТАТІВ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ CSET

UDC 004.056
I. Misterman

INFORMATION SECURITY MANAGEMENT SYSTEM OF A GOVERNMENT INSTITUTION BASED ON THE RESULTS OF THE CSET INSTRUMENTAL ASSESSMENT

У роботі розглянуто науково-практичний підхід до формування та впровадження системи управління інформаційною безпекою (ISMS) у державній установі з використанням результатів інструментальної оцінки Cybersecurity Evaluation Tool (CSET). У сучасних умовах цифровізації, коли державні установи активно взаємодіють з інформаційними ресурсами та обробляють значні обсяги даних, питання забезпечення конфіденційності, цілісності та доступності інформації набуває стратегічного значення. Відповідно, застосування CSET дає змогу отримати структуровану й методично обґрунтовану оцінку кіберзахищеності, визначити ключові вразливості, а також співвіднести їх із вимогами міжнародних стандартів ISO/IEC 27001, NIST CSF та чинного законодавства України.

На основі аналізу звітів CSET ідентифіковано критичні розриви в управлінні ризиками, організації інцидент-менеджменту, контролі доступу, веденні журналів подій, захисті мережевої інфраструктури та у відсутності формальних політик інформаційної безпеки. Встановлено, що рівень конфіденційності, цілісності та доступності інформаційних активів установи відповідає низькому показнику SAL Low, що вимагає комплексної модернізації системи безпеки.

У межах роботи розроблено модуль ISMS, який включає організаційні, процедурні та технічні компоненти. Організаційна складова охоплює створення політик ІБ, визначення відповідальних осіб, формування Комітету інформаційної безпеки та розробку системи управління ризиками згідно з ISO/IEC 27005. Процедурний блок містить механізми управління інцидентами, регламенти резервного копіювання та відновлення, правила контролю доступу та моніторингу. Технічна складова модулю представлена заходами з модернізації мережевої інфраструктури, впровадженням захищених протоколів, централізованим антивірусним захистом, сегментацією мережі й побудовою системи збору та аналізу журналів безпеки.

Отримані результати мають практичну цінність для впровадження комплексної системи управління інформаційною безпекою в державних організаціях. Запропонований підхід може бути адаптований до інших установ подібного профілю та забезпечує підвищення рівня кіберстійкості, зменшення впливу ризиків кіберзагроз і формування відповідності вимогам національних та міжнародних нормативів інформаційної безпеки.

Література

1. CSET – Cybersecurity Evaluation Tool. U.S. Department of Homeland Security, 2023.
2. ISO/IEC 27001:2022 Information Security Management Systems – Requirements.
3. Закон України «Про основні засади забезпечення кібербезпеки України», 2017.

УДК 004.89, 004.912
С. Мостовий; А. Северін, д-р філософії
(Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна)

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АНАЛІЗУ ТЕКСТУ НА ВИЯВЛЕННЯ ПРОПАГАНДИ

UDC 004.89, 004.912
S. Mostovyi; A. Severin, PhD.

INTELLIGENT TEXT ANALYSIS SOFTWARE FOR PROPAGANDA DETECTION

Україномовні месенджери та соціальні мережі є одним із провідних каналів поширення як оперативної інформації, так і дезінформації та пропаганди. Значні обсяги текстового контенту ускладнюють ручну модерацію, а наявні програмні рішення не завжди враховують особливості української мови. Це зумовлює потребу у спеціалізованому програмному забезпеченні для автоматизованого виявлення пропаганди.

Метою роботи є розроблення та аналіз програмної системи інтелектуального аналізу тексту на виявлення пропаганди, яка поєднує статистичний підхід TF–IDF з тонально-емоційними ознаками та застосовує алгоритм пасивно-агресивної класифікації. Система орієнтована на обробку потоків україномовних повідомлень та подальшу інтеграцію з сервісами моніторингу інформаційних ресурсів.

Програмне забезпечення реалізовано мовою Python та має модульну архітектуру. Модуль попередньої обробки здійснює очищення тексту від HTML-тегів, посилань, згадок користувачів, зайвої пунктуації, нормалізацію регістру, а також токенізацію і лематизацію за допомогою бібліотеки spaCy, що забезпечує коректну обробку українських словоформ. Модуль формування ознак поєднує TF–IDF-представлення тексту (засоби scikit-learn) з тонально-емоційними характеристиками, обчисленими на основі «Українського тонального словника»: полярність повідомлення, частка емоційно забарвлених слів, довжина тексту.

Модуль класифікації реалізує пасивно-агресивний класифікатор, який добре працює з розрідженими векторами ознак, підтримує онлайн-навчання та стійкий до шумних даних, характерних для коротких повідомлень у месенджерах. Допоміжний модуль відповідає за серіалізацію моделей та векторизаторів, логування результатів, розрахунок основних метрик. Логіка роботи організована у вигляді конвеєра: вхідний текст послідовно проходить етапи попередньої обробки, лематизації, формування TF–IDF та тональних ознак і подається на вхід класифікатору, який повертає бінарне рішення.

Система підтримує два основні режими використання. У режимі командного рядка аналіз окремих повідомлень або файлів з колекцією текстів здійснюється через виклик відповідних скриптів, що дозволяє інтегрувати рішення з чат-ботами або системами моніторингу. В експериментальному режимі передбачені засоби для завантаження корпусу, розбиття даних на тренувальну та тестову вибірки, навчання базової моделі (TF–IDF) та розширеного варіанту (TF–IDF + тональні ознаки), а також порівняння їх показників.

Отже, розроблено програмне забезпечення для виявлення пропаганди в коротких україномовних текстах, яке реалізує гібридний підхід на основі TF–IDF та тональних ознак із використанням пасивно-агресивного класифікатора. Модульна архітектура, застосування бібліотек spaCy, scikit-learn і tone-dict-uk забезпечують гнучкість, розширюваність та придатність системи до інтеграції з зовнішніми сервісами моніторингу інформаційних потоків.

УДК 004.931
А. Музичук
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

СУЧАСНІ СИСТЕМИ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ В МЕДІАІНДУСТРІЇ

UDC 004.931
A. Muzychuk

MODERN COMPUTER VISION SYSTEMS IN THE MEDIA INDUSTRY

Комп'ютерний зір є однією з найдинамічніших галузей штучного інтелекту, яка трансформує процеси створення, аналізу та автоматизованої обробки медіаконтенту. У сучасних дослідженнях підкреслюється, що розвиток глибинних нейронних мереж та гібридних моделей забезпечив перехід від традиційних алгоритмів аналізу медіа, до просунутих інтелектуальних систем, здатних працювати зі складними відео потоками[1].

Широке застосування таких підходів у медіаіндустрії охоплює кілька ключових напрямів. Автоматична модерація контенту, що використовується у YouTube, Facebook, TikTok. Сучасні системи аналізу відео на основі YOLOv8, Detectron2 та MediaPipe забезпечують виявлення заборонених об'єктів, сцен насильства або небажаних дій у реальному часі. [2]. Інтелектуальна індексація та пошук медіа, яка базується на векторних моделях, наприклад OpenAI Clip, SigLIP, дозволяє формувати семантичні простори для пошуку відеосцен за змістом, навіть без текстових описів [3]. Також, такі системи корисні при персоналізації рекомендацій відео, коли системи аналізують дії користувача та вміст кадру, застосовуючи CNN-моделі та багатомодальні трансформери[4].

Окремий напрям стосується обробки відеопотоків у реальному часі. Використання оптимізованих архітектур (TensorRT, OpenVINO, DeepSORT для трекінгу) дозволяє зменшити затримку інференсу, що є критично важливим для стримінгових платформ, новинних медіа та телевізійних студій [5]. Наприклад, системи live-аналізу спортивних трансляцій використовують моделі Segment Anything (SAM) для автоматичного виділення гравців та оцінювання патернів руху.

Література

1. Іванов А. І., Всебічний огляд історії та методів комп'ютерного зору, 2025. URL: https://doi.org/ 10.31673/2412-4338.2025.011767
2. Зінченко О. В., Звенігородський О. С., Кисіль Т. М., Згорткові нейронні мережі для вирішення задач комп'ютерного зору, 2022. URL: https://doi.org/10.31673/2412-4338.2022.020411
3. Мозговенко А. А., Зінов'єва О. Г., Аналіз методів комп'ютерного зору в задачах ідентифікації осіб у відеопотоці, 2022. URL: https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2022.3.6
4. Синєглазов В.М., Прикладні системи штучного інтелекту: комп'ютерний зір, 2024. URL: https://doi.org/10.15407/visn2024.06.043
5. Тимошин Ю., Южда Ю., Аналіз особливостей застосування нейронних мереж для інтелектуальної обробки відеопотоків систем технічного зору, 2021. URL: https://doi.org/10.20535/1560-8956.39.2021.247372

УДК 004.03
С. Ожанський
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

МАСШТАБНІ ІМЕРСИВНІ ЗАНУРЕННЯ

UDC 004.03
S. Ozhanskyi

LARGE-SCALE IMMERSIVE EXPERIENCES

Масштабні імерсивні занурення (МІЗ) – це великі віртуальні світи, які створюють ілюзію повного занурення користувача в альтернативну реальність. Вони характеризуються високим ступенем деталізації, інтерактивністю та реалістичністю, що часто реалізуються за допомогою сучасних технологій віртуальної і доповненої реальностей та ігрового рушія, зокрема Unreal Engine 5 [1]. Їхня головна мета - забезпечити безпрецедентний рівень реалізму та занурення користувачів у створені віртуальні світи. МІЗ відносяться до створення великих, надзвичайно деталізованих та комплексних віртуальних світів, які потребують значних обчислювальних ресурсів для забезпечення високого рівня реалізму та безперешкодної взаємодії.

Ключові характеристики таких проектів наведені нижче.

Високий ступінь реалістичності: використання передових графічних технологій для створення фотореалістичних зображень; просунуті технології освітлення та тіней.

Інтерактивність та динамічна взаємодія: можливість користувачам взаємодіяти з об'єктами та персонажами у реальному часі; реалізація фізики та анімації, що дозволяють створити відчуття природного руху та взаємодії.

Широкомасштабні віртуальні світи: створення великих відкритих світів із високим ступенем деталізації; оптимізація та стримінг контенту для підтримки продуктивності на високому рівні.

Інноваційні інтерфейси користувача (UI): інтуїтивно зрозумілі та зручні для користувача інтерфейси; використання жестів, голосових команд та інших методів введення взаємодії.

Розраховані на багато користувачів і соціальні аспекти: можливість спільної взаємодії та спілкування з іншими користувачами у віртуальному просторі; створення соціально-орієнтованих сценаріїв та подій.

Необхідно навести вимоги до МІЗ.

Продуктивність та оптимізація: ефективне використання ресурсів апаратного забезпечення; оптимізація графіки та коду для забезпечення плавної роботи без затримок

Якість контенту: висока якість моделей, текстур та анімацій; створення різноманітного та деталізованого контенту для повного занурення.

Сумісність та доступність: підтримка різних платформ та пристроїв; врахування особливостей різних пристроїв та забезпечення комфортного використання на всіх підтримуваних платформах.

Безпека та конфіденційність: забезпечення захисту користувачів; запобігання потенційним загрозам безпеці у віртуальному просторі.

Досвід користувача (UX): забезпечення інтуїтивно зрозумілого та захоплюючого користувальницького досвіду; регулярне тестування та покращення інтерфейсів та взаємодій на основі відгуків користувачів.

Література

1. Pushing the boundaries of immersion and storytelling: A technical review of Unreal Engine, [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://doi.org/10.1016/j.displa.2025.103268 (дата звертання: 20.11.2025).

УДК 004.94
С. Ожанський
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

МОЖЛИВОСТІ UNREAL ENGINE 5 ДЛЯ СТВОРЕННЯ ІМЕРСИВНИХ СЕРЕДОВИЩ

UDC 004.94
S. Ozhanskyi

THE POSSIBILITY OF UNREAL ENGINE 5 TO CREATE OF IMMERSIVE ENVIRONMENTS

Створення високоякісних імерсивних середовищ потребує величезних обчислювальних ресурсів. Розробка масштабних віртуальних світів, здатних плавно працювати на різноманітному устаткуванні, стає дедалі складнішим завданням. Одним з провідних інструментів для створення таких програм є ігровий рушій Unreal Engine (UE) 5 від Epic Games [1]. Нова версія, випущена у 2021 році, пропонує безліч інноваційних технологій для створення ігор та інших інтерактивних програм.

Переваги UE 5 такі.

Висока якість графіки: Nanite, технологія віртуалізованої геометрії дозволяє створювати високодеталізовані сцени з мільйонами полігонів без значних втрат продуктивності; Lume, система глобального висвітлення у реальному часі, що забезпечує реалістичне висвітлення та відображення.

Продуктивність та оптимізація: нова система збирання даних, покращена обробка ассетів дозволяє швидше завантажувати та обробляти великі обсяги даних; процедурне створення контенту, можливість автоматизації та генерації ігрових світів та рівнів.

Інструменти та робочі процеси: Metasounds, система аудіо, що надає повний контроль над створенням та редагуванням звуків; Animation Motion Warping, покращені інструменти для анімації, що забезпечують більш плавні та реалістичні рухи персонажів.

Підтримка нових технологій: повна підтримка створення контенту для VR / AR; інтеграція з Quixel Megascans. Доступ до величезної бібліотеки високоякісних 3D -сканів для використання у проектах.

Відкритість і доступність: Blueprints, візуальне програмування, що дозволяє створювати складні ігрові механіки без написання коду; C++ API, для більш просунутих користувачів, забезпечуючи повний контроль та кастомізацію.

Можливості UE 5: створення масштабних ігрових світів. Використання процедурних інструментів для створення великих відкритих просторів і міст; імерсивні VR/AR досліди. Оптимізація продуктивності для створення занурень у VR/AR; кросплатформова технологія. Підтримка безлічі платформ, включаючи ПК, консолі, мобільні пристрої та Інтернет; фотореалістична візуалізація. Використання можливостей Nanite та Lumen для досягнення кінематографічної якості графіки; інтерактивні симуляції та візуалізації. Застосування в архітектурі, дизайні, навчанні та інших галузях.

Завдяки інноваційним технологіям рендерингу, розвиненим інструментам розробки, мультиплатформній підтримці та відкритості, UE 5 забезпечує створення вражаючих імерсивних середовищ з високою деталізацією та продуктивністю навіть у масштабних проектах. Однак для ефективного використання цих та інших можливостей потрібні глибокі знання архітектури рушія та методів оптимізації продуктивності.

Література

1. Unreal Engine 5. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.unrealengine.com/en-US/unreal-engine-5 (дата звертання: 27.11.2025).

УДК 004.89:621.317
С. Панасенко; Н. Луцик, доктор філософії, доц.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

АДАПТИВНА ІДЕНТИФІКАЦІЯ ДЕФЕКТІВ ЕЛЕКТРОННИХ КОМПОНЕНТІВ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ НОМІНАЛІВ

UDC 004.89:621.317
S. Panasenko; N. Lutsyk, PhD., Assoc. Prof.

ADAPTIVE IDENTIFICATION OF ELECTRONIC COMPONENT DEFECTS UNDER NOMINAL VALUE UNCERTAINTY

Виробництво електроніки формує величезні обсяги діагностичної інформації, проте обробка цих даних ускладнюється через неоднорідність вхідних потоків. Ключовою проблемою є необхідність перевірки змішаних партій радіоелементів, для яких часто відсутня апріорна інформація про точні номінали чи допустимі похибки. Використання традиційних детермінованих методів у такій ситуації є неефективним, оскільки вимагає тривалого ручного налаштування під кожен тип компонента, що суттєво гальмує виробничий процес.

Ефективним рішенням є зміна парадигми контролю якості: перехід від звичайної бінарної класифікації до виявлення аномалій у багатовимірному просторі ознак. На відміну від класичних підходів, що базуються на порівнянні з фіксованим еталоном, адаптивні системи фокусуються на аналізі щільності розподілу параметрів у межах всієї партії. Це дає змогу виявляти дефекти як статистичні відхилення від загальної картини, навіть якщо формально показники вписуються у широкі технічні допуски. Такий метод дозволяє розпізнавати приховані закономірності несправностей, які неможливо виявити простими пороговими алгоритмами.

В основу системи покладено автоматичне структурування даних методами кластерного аналізу. Алгоритми групування самостійно розділяють гетерогенний масив вимірювань на кластери зі схожими властивостями. При цьому центроїд кожного кластера фактично стає математично відновленим номіналом компонента. Це нівелює потребу в ручному введенні характеристик: система сама підлаштовується під номенклатуру партії, використовуючи внутрішню структуру даних для формування критеріїв якості.

Оцінка всередині виділених груп базується на статичних метриках. Оскільки параметри справних компонентів підпорядковуються нормальному закону розподілу, ефективним інструментом є використання Z-оцінки або інтерквартильного розмаху. Компонентні параметри, які суттєво відхиляються від центру кластера, а саме перевищують поріг 3σ, класифікуються як аномалії. Такий підхід забезпечує гнучкість системи, дозволяючи динамічно звужувати або розширювати межі справності, залежно від реальної точності виробничого процесу конкретної партії, що значно підвищує надійність детектування дефектів у реальному часі.

Такий підхід забезпечує високу гнучкість системи, дозволяючи динамічно коригувати межі норми, залежно від реальної точності технологічного процесу для конкретної партії. Це значно підвищує достовірність виявлення браку в реальному часі.

Отже, концепція адаптивного тестування, що поєднує кластеризацію та статистичний аналіз, ефективно вирішує задачу автоматизації контролю в умовах невизначеності. Відмова від жорстких порогових значень на користь аналізу розподілів наділяє систему здатністю до самонавчання, що дозволяє якісно обробляти змішані партії компонентів та мінімізувати вплив людського фактора.

УДК 004.02
О. Петрик
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

РОЛЬ UX/UI-ДИЗАЙНУ В ПІДВИЩЕННІ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА БЕЗПЕКИ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

UDC 004.02
O. Petryk

THE ROLE OF UX/UI DESIGN IN IMPROVING THE EFFICIENCY AND SECURITY OF MODERN INFORMATION SYSTEMS

Еволюція інформаційних систем вимагає переходу від орієнтації виключно на функціональність до парадигми людино-центрованого дизайну. У контексті сучасних технологій продуктивність, надійність та стійкість складних розподілених систем безпосередньо залежать від якості взаємодії користувача з інтерфейсом. Погано спроектований інтерфейс призводить до когнітивного перевантаження, помилок з боку користувачів та, як наслідок, до зниження ефективності роботи та потенційних загроз безпеці. Таким чином, проблема оптимального UX/UI-дизайну є ключовою для створення конкурентоспроможних рішень.

Якісний UX/UI виступає інструментом для оптимізації робочого процесу. Принципи інтуїтивної навігації, чіткої візуальної ієрархії та мінімізації когнітивного навантаження безпосередньо впливають на швидкість виконання завдань, забезпечуючи високу ефективність. Зручний дизайн сприяє швидкому засвоєнню функціоналу системи та ефективному запобіганню помилкам, перетворюючи складні процеси на прості та керовані послідовності дій.

Особливе значення дизайн має у ключових аспектах функціонування інформаційних систем (див. табл. 1).

Таблиця 1. Вплив UX/UI на ефективність і безпеку інформаційних систем

Сфера застосування	Дизайнерське рішення	Вплив на ефективність/безпеку
Ефективність	Чітка візуальна ієрархія, інтуїтивна навігація.	Мінімізація когнітивного навантаження та помилок.
Кібербезпека	Візуалізація сили пароля, подвійне підтвердження дій.	Зменшення ризику інцидентів, спричинених людським фактором.

Дизайн має вирішальне значення для ефективності роботи компаній. Наприклад, Google застосовує уніфіковані дизайн-системи у своїх ERP-системах, що дозволяє скоротити час пошуку інформації співробітниками на 35% та значно зменшити кількість помилок при введенні даних.

Картка товару є базовим елементом інтерфейсу e-commerce системи, який формує перше враження про продукт і визначає швидкість прийняття рішення користувачем. На рисунку 1 подано приклад оптимізованої картки товару, де реалізовано чітку візуальну ієрархію, виділений блок із ціною та помітну кнопку «Add to cart».

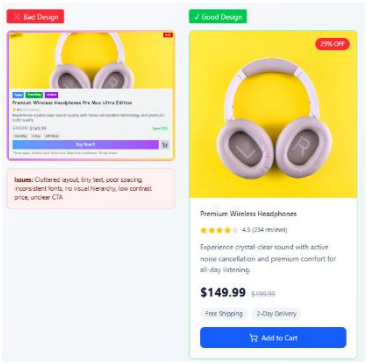


Рисунок 1. Приклад оптимізованої картки товару в e-commerce системі

Вплив на ефективність полягає у зменшенні часу пошуку ключової інформації, мінімізації кількості помилкових кліків та скороченні шляху до конверсії. Дослідження показують, що використання уніфікованих карток товарів дозволяє збільшити швидкість прийняття рішення на 20–35%, підвищуючи загальну ефективність роботи користувача з системою.

Не менш важливим є вплив UX/UI на кібербезпеку. На рисунку 2 продемонстровано інтерфейс форми авторизації із вбудованим індикатором сили пароля («weak – medium – strong»), який динамічно змінюється залежно від складності введеної комбінації.

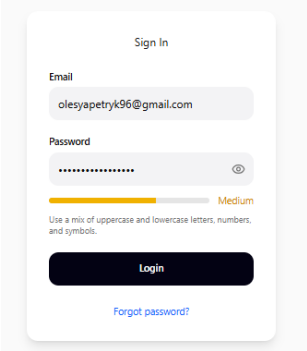


Рисунок 2. Форма авторизації з динамічним індикатором сили пароля

Такий підхід стимулює користувачів створювати більш складні паролі, адже дослідження показують, що наявність індикатора сили пароля значно підвищує середню складність обраних комбінацій. Це має критичне значення для безпеки, оскільки, за даними Verizon, до 85% випадків зломів пов'язані з людським фактором, зокрема викраденням або слабкими обліковими даними. Завдяки такому UX-дизайну знижується ризик атак типу brute force і зменшується вплив людського фактору на безпеку системи.

Література

1. WeeTech Solution. 35 Top UX Statistics You Should Know in 2025. [Electronic resource] – 2025. – https://www.weetechsolution.com/blog/35-top-ux-statistics-you-should-know.
2. The business value of design – [Electronic resource] – 2018. https://www.mckinsey.com/capabilities/tech-and-ai/our-insights/the-business-value-of-design.
3. 2024 Data Breach Investigations Report / Verizon. – 2024.
4. Tawfik, A. A., Payne, L. A., Olney, A. M., & Ketter, H. Exploring the Relationship Between Usability and Cognitive.

Load in Data Science Education 2022. DOI: 10.59668/515.13078.

УДК 378.014,004.738
М. Петрошук; Я. Литвиненко, д. т. н., проф.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ОСНОВНІ ПІДХОДИ ДО ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ВИЩОЇ ОСВІТИ

UDC 378.014,004.738
M. Petroshuk; I. Lytvynenko, Dr., Prof.

BASIC APPROACHES TO DIGITAL TRANSFORMATION OF HIGHER EDUCATION

У сучасному світі швидкий розвиток інформаційно-комунікаційних технологій та глобальна цифровізація суспільства суттєво впливають на всі сфери життя, зокрема на вищу освіту. Заклади освіти стикаються з необхідністю адаптації навчальних процесів до нових технологічних умов, підвищення ефективності управління та забезпечення доступності навчання для студентів незалежно від їхнього місця перебування.

Цифрова трансформація вищої освіти передбачає інтеграцію сучасних технологій у всі аспекти освітнього процесу, включно з онлайн-навчанням, автоматизацією адміністративних процедур, аналітикою даних та розвитком цифрових компетенцій викладачів і студентів. Такий процес дозволяє підвищити якість освіти, забезпечити персоналізацію навчання та підготувати фахівців, здатних ефективно працювати у цифровому середовищі.

Дана доповідь присвячена огляду основних напрямків (аспектів) цифрової трансформації які можуть бути використані в освіті, зокрема в ТНТУ.

Сучасна вища освіта зазнає суттєвих змін під впливом цифрових технологій та глобалізації інформаційного простору. Цифрова трансформація передбачає інтеграцію сучасних інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) у навчальні процеси, адміністративну діяльність та дослідницьку роботу закладів освіти. Основна мета трансформації – підвищення доступності, якості та персоналізації освітніх послуг, а також формування навичок, необхідних для ефективної роботи у цифровому суспільстві.

Одним із ключових підходів є впровадження дистанційного та онлайн-навчання. Використання платформ електронного навчання (Learning Management Systems, LMS), відеоконференцій та інтерактивних навчальних матеріалів дозволяє забезпечити безперервний доступ до освіти незалежно від географічного розташування студентів. Дистанційні технології також сприяють адаптації навчального процесу до індивідуальних потреб учнів і викладачів.

Другий важливий підхід – цифровізація навчальних і адміністративних процесів. Це включає впровадження електронних журналів, систем управління навчальними програмами, автоматизацію обліку результатів навчання та аналітичних платформ для оцінювання ефективності освітніх програм. Такий підхід підвищує ефективність управління закладом освіти та дозволяє оперативно приймати обґрунтовані рішення.

Особливе значення має інтеграція інтелектуальних технологій та аналітики даних. Використання алгоритмів машинного навчання, великих даних (Big Data) та штучного інтелекту дозволяє прогнозувати успішність студентів, персоналізувати навчальні траєкторії та розробляти адаптивні освітні програми.

Крім того, цифрова трансформація передбачає розвиток цифрових компетенцій викладачів та студентів, створення інтерактивних освітніх ресурсів, а також активне використання хмарних технологій, віртуальної та доповненої реальності для формування практичних навичок у навчальному процесі.

У підсумку необхідно сказати, що цифрова трансформація вищої освіти ґрунтується на комплексному поєднанні дистанційного навчання, автоматизації адміністративних процесів, аналітики даних та розвитку цифрових компетенцій. Впровадження цих підходів забезпечує підвищення якості освітніх послуг, гнучкість навчальних програм та підготовку фахівців, здатних ефективно функціонувати в умовах цифрового суспільства.

Література

1. Іваненко О. В**.** Цифрова трансформація освіти: сучасні підходи та технології. – Київ: Видавництво «Освіта», 2021. – 256 с.
2. Ковальчук А. П., Левченко Т. М**.** Інноваційні підходи до цифровізації вищої освіти в умовах глобалізації // Вісник Національного університету «Києво-Могилянська академія». Серія: Педагогіка та психологія. – 2020. – Вип. 23. – С. 45–52.
3. UNESCO**.** Digital Transformation in Higher Education. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://en.unesco.org/themes/ict-education/digital-transformation. – Дата звернення: 30.11.2025.

УДК 004.056
В. Пилипчук; **Н. Загородна, к. т. н., доц.**
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ІНТЕГРАЦІЯ ЦИФРОВОГО ПІДПИСУ У СИСТЕМАХ З НАСКРІЗНИМ ШИФРУВАННЯМ ПОВІДОМЛЕНЬ

UDC 004.056
V. Pylypchuk; N. Zagorodna, PhD., Assoc. Prof.

INTEGRATION OF DIGITAL SIGNATURE IN END-TO-END ENCRYPTED MESSAGING SYSTEMS

У сучасних системах захищеного обміну інформацією наскрізне шифрування є базовим механізмом забезпечення конфіденційності, оскільки лише відправник і отримувач володіють ключами для дешифрування повідомлень. Проте сам факт шифрування не усуває ризиків, пов'язаних із підміною відправника, компрометацією ключів або непомітним втручанням у процедури встановлення сеансу зв'язку. У таких сценаріях існує можливість перехоплення та модифікації даних без розкриття їх вмісту, що створює потребу в окремому механізмі підтвердження авторства й незмінності повідомлення.

Гарантування автентичності та цілісності забезпечується цифровим підписом. Його використання дозволяє підтвердити походження повідомлення, засвідчити відсутність змін під час передачі та знизити ймовірність атак «man-in-the-middle», фальсифікації змісту, повторного відправлення старих даних та прихованого втручання у процес початкового обміну ключами. Таким чином, цифровий підпис стає доповненням до шифрування, яке підвищує рівень гарантій безпеки понад ті, що надає сама криптографія шифрування.

Додавання цифрового підпису розширює функціональність E2EE-систем без зміни фундаментальної архітектури взаємодії, зберігаючи властивість незалежності від сервера та відсутності потреби в централізованих компонентах довіри. З урахуванням ротації ключів у сучасних протоколах обміну сформовано підхід, що поєднує цифровий підпис із механізмом довіри при першому використанні (TOFU), підтримкою історії змін ключів для контролю підміни та збереженням сумісності з forward secrecy. Така інтеграція дозволяє виявляти потенційні аномалії без розкриття ключової інформації та без порушення децентралізованої моделі взаємодії.

Реалізація цифрового підпису в системах із наскрізним шифруванням здатна підвищити рівень довіри між учасниками комунікації, посилити захист від сценаріїв підміни та покращити точність виявлення недостовірних повідомлень у зашифрованих каналах. Такий підхід робить цифровий підпис доцільним компонентом сучасних E2EE-рішень як у корпоративному, так і персональному обміні даними, де критичними є конфіденційність, автономність клієнта та доказовість джерела інформації.

Література

1. Menezes A., Van Oorschot P., Vanstone S. Handbook of Applied Cryptography. CRC Press, 2021.
2. Perrin T. The Signal Protocol: Technical Overview. Signal Foundation, 2022.
3. Bernstein D., Schwabe P. Ed25519: High-speed high-security signatures. Springer, 2017.

УДК 004.75:004.415.2:004.42
А. Пінчук
(Сумський державний університет, Україна)

ЗАСТОСУВАННЯ DEVOPS-ПІДХОДІВ У КЕРУВАННІ ВІРТУАЛЬНИМ СЕРЕДОВИЩЕМ SINGLE-TENANT: МОДЕЛЬ CI/CD ТА АВТОМАТИЗОВАНЕ ТЕСТУВАННЯ

UDC 004.75:004.415.2:004.42
A. Pinchuk

APPLICATION OF DEVOPS APPROACHES IN MANAGING A SINGLE-TENANT VIRTUAL ENVIRONMENT: CI/CD MODEL AND AUTOMATED TESTING

У сучасних інформаційних системах архітектура Single-Tenant застосовується у сферах, де критичними є ізоляція даних, індивідуальне конфігурування середовищ і дотримання вимог безпеки. На відміну від Multi-Tenant-моделі, вона передбачає окрему інстанцію для кожного клієнта, що підвищує контрольованість, але ускладнює оновлення, тестування й масштабування. У таких умовах DevOps-підходи, зокрема CI/CD, GitOps, Infrastructure as Code (IaC) та автоматизоване тестування, стають ключовими інструментами керування життєвим циклом систем.

Основні труднощі впровадження DevOps у Single-Tenant-середовищах пов’язані з тим, що традиційні CI/CD-пайплайни орієнтовані на уніфіковану доставку, тоді як ізольовані інстанси потребують врахування різних конфігурацій і політик доступу. Аналіз наукових праць підтверджує, що варіативність середовищ, підвищені вимоги до безпеки та обмеження доступу ускладнюють стандартизацію процесів [1; 3]. Для вирішення цих викликів запропоновано дворівневу CI/CD-модель. Глобальний рівень охоплює збирання коду, тестування, створення артефактів і перевірку безпеки. Локальний рівень забезпечує індивідуальне розгортання, валідацію специфічних конфігурацій і построзгортальне тестування кожного інстансу.

Практики IaC та GitOps суттєво підсилюють відтворюваність і керованість інфраструктури. Використання репозиторіїв для зберігання конфігурацій забезпечує аудит, контроль версій і швидке виправлення конфліктів. Автоматизоване тестування включає модульні, інтеграційні та IaC-тести, регресійні перевірки, навантажувальні тести й безперервний моніторинг, який виконує функцію «тестування під час роботи» [2].

Запропонована DevOps-модель скорочує тривалість розгортань, знижує ризики інцидентів, підвищує передбачуваність змін та зміцнює безпеку інстансів. Її цінність полягає в поєднанні централізованого керування з автономністю клієнтських середовищ. Перспективні напрями включають моделювання ризиків масових оновлень і створення інтелектуальних механізмів пріоритетизації релізів на основі ML-методів.

Література

1. Kim G., Humble J., Debois P., Willis J. The DevOps Handbook. Portland : IT Revolution Press, 2016. 480 p.
2. Rahman M., Williams L. Characterizing DevOps Practices in Industry. ACM Transactions on Software Engineering and Methodology, 2020, vol. 29, no. 6, pp. 1–57.
3. Wigmore S., Erl T. DevOps in Practice. Boston : Prentice Hall, 2020. 312 p.

УДК 004.93
І. Поліщук; Н. Луцик доктор філософії, доц.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ОРГАНІЗАЦІЇ ВЕБ-СЕРВІСУ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ПЕРЕЛОМІВ НА РЕНТГЕНОГРАМАХ

UDC 004.93
I. Polishcuk; N. Lutsyk PhD., Assoc. Prof.

METHODS AND TOOLS FOR ORGANIZING A WEB SERVICE FOR FRACTURE DETECTION ON X-RAY IMAGES

Аналіз сучасних досліджень у сфері виявлення переломів на рентгенограмах свідчить про значний прогрес, де традиційні методи обробки зображень поступово витісняються передовими технологіями глибокого навчання, такими як EfficientNet та YOLOv8. Ці підходи не лише підвищують точність діагностики до 95%, але й забезпечують швидку локалізацію патологій, полегшуючи роботу медичних фахівців і зменшуючи ризик помилок у складних клінічних випадках [1–3].

Існуючі веб-сервіси, від комерційних платформ на кшталт Aidoc та Nanox.AI до відкритих рішень на базі Flask і PyTorch, демонструють ефективну інтеграцію AI з медичною практикою, пропонуючи масштабованість і доступність. Вони сприяють демократизації діагностики, особливо в регіонах з обмеженими ресурсами, але вимагають уваги до етичних аспектів, як-от приватність даних і пояснюваність рішень [4].

Розвиток таких сервісів спрямований на створення гібридних систем, що поєднують інтерактивні інтерфейси з мультимодальними моделями, відкриваючи перспективи для персоналізованої медицини. Загалом, ці досягнення підкреслюють потенціал AI як надійного помічника людини, сприяючи покращенню якості життя пацієнтів через оперативну та точну допомогу.

Розробка веб-сервісу для виявлення переломів на рентгенограмах ґрунтується на комплексному підході, що поєднує передові методи опрацювання медичних зображень, глибокі нейронні мережі, зокрема EfficientNet-B4, та сучасні технології веб-розробки. Використання датасету FracAtlas із високоякісними анотаціями, аугментація даних і техніка transfer learning забезпечують високу точність класифікації (85–95%) та швидкість обробки (100–300 мс), що відповідає вимогам медичної діагностики.

Трирівнева архітектура, реалізована через Vue.js 3, Flask і PyTorch, гарантує зручність інтерфейсу, ефективну обробку запитів і масштабованість. Заходи безпеки, такі як обмеження розміру файлів, автоматичне видалення даних і налаштування CORS, мінімізують ризики та відповідають стандартам захисту медичних даних. Локалізація українською мовою та етичні застереження підкреслюють доступність і відповідальність сервісу.

Розробка та впровадження веб-сервісу для виявлення переломів на рентгенограмах продемонстрували високу ефективність, поєднуючи сучасні технології глибокого навчання, веб-розробки та обробки зображень. Модель EfficientNet-B4 забезпечила точність класифікації 85–95% на валідаційній вибірці, а швидкість обробки (2–3 секунди на GPU) підтверджує її придатність для реального часу. Українська локалізація, адаптивний інтерфейс та етичний підхід із медичним застереженням роблять сервіс доступним і безпечним для користувачів.

Література

1. Кіт А. М. Методи обробки медичних зображень: монографія. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2021. 256 с.
2. Бондаренко М. Ф., Петренко О. В. Машинне навчання в медичній діагностиці: підручник. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 320 с.
3. Tan M., Le Q. V. EfficientNet: Rethinking Model Scaling for Convolutional Neural Networks. Proceedings of the 36th International Conference on Machine Learning. 2019. С. 6105–6114.
4. Rahman T. et al. FracAtlas: A Dataset for Fracture Classification in Clinical X-Rays. Scientific Data. 2023. Vol. 10. Article 452.

УДК 004.056.5
М. Приймаченко; Т. Лечаченко, доктор філософії
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ВИЯВЛЕННЯ АНОМАЛІЙ У ВЕБТРАФІКУ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ АНАЛІЗУ ЛОГ-ДАНИХ

UDC 004.056.5
M. Priymachenko; T. Lechachenko, PhD.

RESEARCH OF METHODS FOR DETECTING ANOMALIES IN WEB TRAFFIC USING A LOG DATA ANALYSIS INFORMATION SYSTEM

Вебтрафік є ключовим джерелом даних для оцінювання стану безпеки інформаційних систем, оскільки саме через вебінтерфейси найчастіше здійснюються атаки, такі як SQL Injection, XSS, brute-force, directory traversal, сканування портів та спроби обходу автентифікації. Тому побудова ефективної системи аналізу логів, що дозволяє оперативно виявляти аномалії, є одним із пріоритетних напрямів кібербезпеки.

У дослідженні розглянуто можливість застосування стеку ELK (Elasticsearch, Logstash, Kibana) для збору, обробки, зберігання й аналітики лог-даних вебсерверів. Logstash або Filebeat забезпечують отримання, нормалізацію та парсинг логів у реальному часі, формуючи уніфіковану структуру записів. Elasticsearch використовується як високопродуктивне сховище та платформа для індексації й пошуку багатовимірних характеристик вебтрафіку. Kibana слугує інструментом візуалізації, моніторингу та дослідження аномальних патернів.

Розроблена інформаційна система дозволяє аналізувати динаміку HTTP-запитів, визначати перевищення порогових значень за кількістю помилок 4xx/5xx, відстежувати підозрілу частоту звернень з одного IP, визначати нетипові User-Agent, а також здійснювати геоаналіз активності. Особливу увагу приділено можливості застосування Machine Learning jobs у Kibana (Anomaly Detection), які використовують алгоритм Elastic ML для автоматичного виявлення нетипових відхилень у часових рядах.

Експериментальні результати показали, що спільне використання алгоритмів машинного навчання та інструментів Kibana дозволяє виявляти приховані аномалії, зокрема «повільні» сканування вебресурсів, спроби підбору логінів, а також сплески бот-активності. Візуальні панелі (dashboards) значно спрощують моніторинг, забезпечуючи швидке реагування на потенційні загрози.

Розроблена система може бути інтегрована у процес адміністрування, а також використана як компонент SIEM-платформи, підвищуючи рівень безпеки вебресурсів шляхом своєчасного виявлення аномальної поведінки користувачів та ботів.

Література

1. O’Malley M. Elasticsearch: The Definitive Guide. O’Reilly, 2022.
2. Sokolov A. Log analysis and anomaly detection using ELK Stack // Cybersecurity Review, 2023.
3. Aggarwal C. Outlier Analysis. Springer, 2017.

УДК 004.056.5
М. Приймаченко; Т. Лечаченко, доктор філософії
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ВИЯВЛЕННЯ АНОМАЛІЙ У ВЕБТРАФІКУ З ВИКОРИСТАННЯМ СИСТЕМИ АНАЛІЗУ ЛОГ-ДАНИХ ELASTICSEARCH / KIBANA

UDC 004.056.5
M. Priymachenko; T. Lechachenko, PhD.

ANOMALY DETECTION IN WEB TRAFFIC USING ELASTICSEARCH / KIBANA LOG ANALYTICS SYSTEM

Вебтрафік є ключовим джерелом даних для оцінювання стану безпеки інформаційних систем, оскільки саме через вебінтерфейси найчастіше здійснюються атаки, такі як SQL Injection, XSS, brute-force, directory traversal, сканування портів та спроби обходу автентифікації. Тому побудова ефективної системи аналізу логів, що дозволяє оперативно виявляти аномалії, є одним із пріоритетних напрямів кібербезпеки.

У дослідженні розглянуто можливість застосування стеку ELK (Elasticsearch, Logstash, Kibana) для збору, обробки, зберігання й аналітики лог-даних вебсерверів. Logstash або Filebeat забезпечують отримання, нормалізацію та парсинг логів у реальному часі, формуючи уніфіковану структуру записів. Elasticsearch використовується як високопродуктивне сховище та платформа для індексації й пошуку багатовимірних характеристик вебтрафіку. Kibana слугує інструментом візуалізації, моніторингу та дослідження аномальних патернів.

Розроблена інформаційна система дозволяє аналізувати динаміку HTTP-запитів, визначати перевищення порогових значень за кількістю помилок 4xx/5xx, відстежувати підозрілу частоту звернень з одного IP, визначати нетипові User-Agent, а також здійснювати геоаналіз активності. Особливу увагу приділено можливості застосування Machine Learning jobs у Kibana (Anomaly Detection), які використовують алгоритм Elastic ML для автоматичного виявлення нетипових відхилень у часових рядах.

Експериментальні результати показали, що спільне використання алгоритмів машинного навчання та інструментів Kibana дозволяє виявляти приховані аномалії, зокрема «повільні» сканування вебресурсів, спроби підбору логінів, а також сплески бот-активності. Візуальні панелі (dashboards) значно спрощують моніторинг, забезпечуючи швидке реагування на потенційні загрози.

Розроблена система може бути інтегрована у процес адміністрування, а також використана як компонент SIEM-платформи, підвищуючи рівень безпеки вебресурсів шляхом своєчасного виявлення аномальної поведінки користувачів та ботів.

Література

1. O'Malley M. Elasticsearch: The Definitive Guide. O'Reilly, 2022.
2. Sokolov A. Log analysis and anomaly detection using ELK Stack // Cybersecurity Review, 2023.
3. Aggarwal C. Outlier Analysis. Springer, 2017.

УДК 004.8
І. Ралік
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОТОТИПУ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ CRM-СИСТЕМИ З КОГНІТИВНИМ АНАЛІЗОМ ТА АДАПТИВНИМ ВІДБОРОМ СТРАТЕГІЙ КОМУНІКАЦІЇ

UDC 004.8
I. Ralik

IMPLEMENTATION OF A PROTOTYPE INTELLIGENT CRM SYSTEM WITH COGNITIVE ANALYSIS AND ADAPTIVE SELECTION OF COMMUNICATION STRATEGIES

У роботі представлено прототип інтелектуальної CRM-системи, що поєднує методи обробки природної мови, емоційно-когнітивного аналізу та машинного навчання для автоматизації персоналізованих взаємодій із клієнтом. Архітектура системи включає модулі збору даних, когнітивного аналізу, персоналізації відповідей, ECMR-аналітики, резонансного відбору стратегій та модуль самонавчання, реалізований на основі підходів Reinforcement Learning. Прототип написано мовою Python із широким використанням бібліотек spaCy, BERT-emotion, NumPy, Pandas, Scikit-learn[1] та TensorFlow, а також API-інтерфейсів мовних моделей GPT для генерації сценаріїв і тестових діалогів.

У модулі когнітивного аналізу застосовано бібліотеку spaCy для лінгвістичної обробки тексту та нейромережеву модель BERT-emotion[2], здатну класифікувати емоційний стан клієнта за повідомленнями. Отримані вектори ознак використовуються в модулі ECMR-аналітики, де за допомогою NumPy обчислюється косинусна подібність між сценаріями та сформованими емоційно-когнітивними профілями. Pandas забезпечує ефективне групування, фільтрацію та сортування сценаріїв за рівнем відповідності поточному контексту. Модуль персоналізації застосовує GPT-моделі для формування варіантів відповідей клієнтові, узгоджених з його емоційною моделлю та історією діалогу.

Резонансний селектор стратегій реалізовано з використанням бібліотеки Scikit-learn. Він дозволяє ранжувати сценарії та адаптувати комунікаційну тактику на основі попередніх дій системи та реакцій клієнта. Для поступового покращення моделі застосовано модуль самонавчання – RL-агент, побудований з використанням TensorFlow та алгоритму Q-learning. Агент навчається на основі винагород і штрафів, взаємодіючи з віртуальними клієнтами, поведінку яких моделюють ШІ-сценарії.

Результати дослідження підтверджують ефективність застосування методів NLP, когнітивного аналізу та навчання з підкріпленням у створенні CRM-систем нового покоління. Подальший розвиток роботи передбачає інтеграцію з реальними даними, розширення набору емоційних параметрів та оптимізацію моделей з метою підвищення точності адаптивних рекомендацій.

Література

1. Raschka S., Liu Y. H., Mirjalili V. Machine Learning with PyTorch and Scikit-Learn: Develop machine learning and deep learning models with Python. Birmingham: Packt Publishing Ltd., 2022. С. 265.
2. Feng J. Cross-modal BERT model for enhanced multimodal sentiment analysis in psychological social networks. BMC Psychology, 2025. С. 1081

УДК 004.932.2:004.021:614.841
Т. Семців
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ВИЯВЛЕННЯ ПОЖЕЖ З ДОПОМОГОЮ МОДЕЛЕЙ YOLO

UDC 004.932.2:004.021:614.841
T. Semtsiv

FIRE DETECTION USING YOLO MODELS

Оперативне виявлення осередків займання є однією із важливих функцій сучасних систем безпеки, особливо там, де класичні давачі реагують із затримкою або не мають достатнього покриття. У таких випадках використання моделей комп'ютерного зору сімейства YOLO є одним із найефективніших інструментів [1]. Їхня перевага полягає у здатності в режимі реального часу опрацьовувати відеопотік із достатньою точністю, що дозволяє вловлювати динамічні ознаки, як-от поява полум'я чи задимлення.

Реалізація цього підходу вимагає глибокої адаптації архітектури YOLO [1]. На початку процесу вхідний відеокадр проходить через потужну згорткову мережу Backbon, яка здійснює екстракцією ознак. Фактично, виконується перетворення вхідних даних I у тензор ознак F функцією G_{Conv}, що описується як [2]:

$$F = G_{Conv}(I) \tag{1}$$

Модель навчається розпізнавати специфічні ознаки такі як хаотичні та рухливі контури полум’я, інтенсивність світіння, а також задимленість. Також важливим при розпізнаванні пожеж є робота з об'єктами різних розмірів – від невеликого вогню до великого диму. Це досягається завдяки використанню багатомасштабного модуля опрацювання ознак. Цей механізм дозволяє моделі інтегрувати як семантичні ознаки з глибоких шарів, так і просторові ознаки з поверхневих шарів. Для підвищення точності локалізації полум'я, яке не має сталої форми, в сучасних YOLO часто застосовується Anchor-Free підхід [2]. Розміри прямокутника b_w та b_h прогнозуються за допомогою експоненціальних функцій:

$$b_w = \exp(t_w) \;\; \text{і} \;\; b_h = \exp(t_h), \tag{2}$$

де t_w та t_h – параметри, які безпосередньо виводить нейронна мережа.

Навчання моделі контролюється функцією втрат $\mathcal{L}$, яка є сумою різних компонентів. Для покращення локалізації в $\mathcal{L}_{box}$ застосовуються метрики, чутливі до перекриття, такі як DIoU Loss [2]. Ця метрика використовує відстань між центрами b і b^{gt} для оптимізації, а її частина описується як:

$$\mathcal{L}_{box} = 1 - IoU + \frac{\rho^2(b, b^{gt})}{c^2} \tag{3}$$

де ρ – евклідова відстань, а c – діагональ найменшого охоплюючого прямокутника.

Для боротьби з дисбалансом при виявленні пожеж у $\mathcal{L}_{cls}$ використовується Focal Loss, що надає більшої ваги саме помилкам, пов'язаним з ідентифікацією вогню. На практиці системи на базі YOLO мають значну перевагу завдяки швидкості та точності реакції.

Література

1. Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R. та Farhadi, A. (2016). *You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection*. In: Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), pp. 779–788.
2. Bochkovskiy, A., Wang, C.-Y. та Liao, H.-Y. M. (2020). *YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection*. arXiv preprint arXiv:2004.10934.

УДК 004.932.2:004.421.3:614.84
Т. Семців
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ АРХІТЕКТУР YOLO ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ОСЕРЕДКІВ ЗАЙМАННЯ НА ВІДЕОПОТОЦІ

UDC 004.932.2:004.421.3:614.84
T. Semtsiv

COMPARATIVE ANALYSIS OF YOLO ARCHITECTURES FOR DETECTION OF ENGAGEMENT CENTERS IN VIDEO STREAM

Проблема оперативного виявлення осередків займання у відкритому міському середовищі є важливим завданням для забезпечення техногенної безпеки, оскільки традиційні системи протипожежної сигналізації часто виявляються непридатними для моніторингу просторих територій. Перехід до комп'ютеризованих систем відеонагляду, підсилених методами глибокого навчання, дозволяє в реальному часі виявляти пожежу. Для служб екстреного реагування критичною є вимога щодо досягнення оптимального балансу між надійністю ідентифікації (mAP) та показником швидкості опрацювання (FPS). Через це актуальними є моделі, які можуть працювати в реальному режимі часу на звичайних Edge-пристроях, і при цьому не втрачати точності. Такими моделями є YOLO, які дозволяють опрацьовувати відеопотік та виявляти в ньому задані об'єкти [1].

Серед версій YOLO варто виокремити YOLOv11, YOLOv12 та YOLOv13, оскільки саме вони пропонують помітні зміни в тому, як модель збирає та інтерпретує інформацію з кадру [1].

YOLOv11 загалом зосереджена на тому, щоб зробити детекцію стабільнішою та швидшою без зайвих ускладнень у структурі. У YOLOv12 з'явилися механізми уваги, які допомагають краще розпізнавати контекст сцени – це важливо тоді, коли дим або слабке полум'я зливаються з фоном. У YOLOv13 використано HyperACE – підхід, що дає змогу моделі «бачити» зв'язки між ознаками ширше, ніж у попередніх версіях, тому вона впевненіше знаходить навіть малопомітні сигнали займання.

Щоб оцінити реальні можливості моделей, застосовувався датасет із ознаками пожежі, а головними метриками були mAP, FPS і FLOPs (див. табл. 1).

Таблиця 1. Порівняння архітектурних характеристик версій моделей YOLO

Метрика	YOLOv11-n	YOLOv12-n	YOLOv13-n
Detection Head	Розділена	Розділена+увага	HyperACE
FLOPs	Дуже низька	Низька	Середня
mAP	Швидкодія	Робота з акцентом	Підвищена точність
FPS	Висока	Висока	Середньо-висока

З огляду на результати, YOLOv11 найкраще підходить для систем, де вирішальними є швидкість і мінімальні затримки. YOLOv12 краще справляється зі складними сценами, де важливо враховувати контекст. YOLOv13 показує найвищу точність у випадках, коли ознаки займання ледве помітні. Такий аналіз може бути корисним при виборі моделі для реальних протипожежних відеосистем.

Література

1. Ultralytics. Models Documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://docs.ultralytics.com/models/.

УДК 004.415
П. Семчишин
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ПРОЕКТУВАННЯ МІКРОСЕРВІСНОЇ АРХІТЕКТУРИ ВЕБ-ЗАСТОСУНКУ

UDC 004.415
P. Semchyshyn

DESIGNING A MICROSERVICE ARCHITECTURE FOR A WEB APPLICATION

Як розроблювана система було обрано веб-застосунок для інтернет-магазину одягу. Для його створення використовуватиметься клієнт – серверна модель, де основна частина функціоналу знаходиться на сервері. Це забезпечує високий рівень безпеки разом із захистом інформації, оскільки на сервері відбувається обробка основних операцій із даними. Також такий підхід сприяє підвищенню сумісності різних програмних продуктів та платформ, що спрощує їх інтеграцію та знижує вимоги до них.

Основні функціональні можливості програми включають авторизацію користувачів, можливість оформлення замовлень, отримання повідомлень і залишення відгуків.

Архітектура сервера буде мікросервісною, а також потрібна буде БД. Було вирішено використовувати патерн «Database per service», тобто коли в кожного сервісу своя окрема БД. Цей спосіб зручний тим, що застосунок буде мати слабку пов'язаність сервісів, що полегшує роботу з їх модифікацією, а також при потребі, кожен сервіс може використовувати різні БД (наприклад, для деяких варіантів можливо NoSql бази буде зручніше, ніж звичайний Sql), проте є і недолік даного способу – складність управління даними. Дуже складно добути інформацію, шматки якої розкидані по різних сервісах, складніше організовувати будь-які бізнес-транзакції, які охоплюють кілька сервісів.

Для доступу користувача до різних послуг буде використовуватися API Gateway. Це серверний проксі, який надає інтерфейс для клієнтів (застосунків, пристроїв, користувачів) для доступу до веб-сервісів або до мікросервісів. Він виконує функцію шлюзу, контролюючи та маршрутизуючи запити від клієнтів до відповідних служб та забезпечує централізоване управління та безпеку для всіх запитів, що проходять через веб-застосунок.

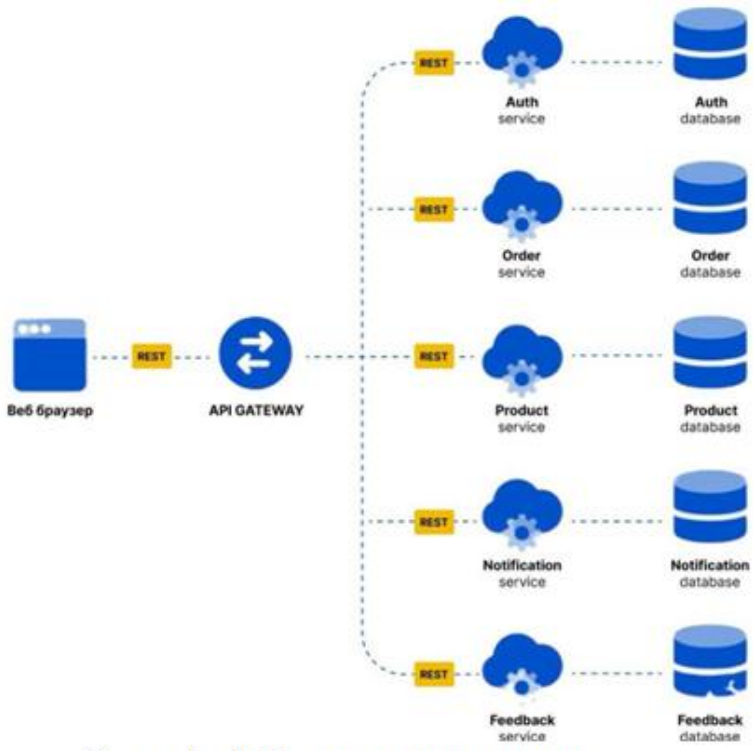


Рисунок 1 - Архітектурна схема застосунку

Схема архітектури застосунку представлена на рис. 1. У застосунка буде п'ять основних сервісів: автори-
зації; продуктів; замовлень; повідомлень; відгуків.

УДК 004.056.53
О. Семчишин; Р. Козак, к. т. н., доц.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

МЕТОДІВ АНАЛІЗУ ШКІДЛИВИХ ПОСИЛАНЬ ТА IP-АДРЕС У СЕРЕДОВИЩІ LINUX

UDC 004.056.53
O. Semchyshyn; R. Kozak, PhD., Assoc. Prof.

METHODS FOR ANALYZING MALICIOUS LINKS AND IP ADDRESSES IN THE LINUX ENVIRONMENT

Сучасні кіберзагрози активно використовують шкідливі URL-посилання та IP-адреси для організації фішингових кампаній, доставки шкідливого програмного забезпечення та підтримання взаємодії з командно-керувальними серверами. Тому важливим завданням є оперативний аналіз таких індикаторів компрометації (IoC) у середовищі Linux, яке широко застосовується для серверів, систем моніторингу та інструментів кіберзахисту[1].

Одним із базових методів є репутаційний аналіз URL та IP через зовнішні сервіси: VirusTotal, AbuseIPDB, URLScan. У середовищі Linux такі сервіси можуть бути інтегровані через API, що дозволяє автоматизувати масову перевірку індикаторів засобами Bash або Python. Використання інструментів curl, jq та системи черг дозволяє формувати конвеєр обробки, у якому кожен елемент проходить оцінку за рівнем ризику.

Другим важливим етапом є локальний динамічний аналіз, що не залежить від зовнішніх платформ. До нього належать інструменти:

- wget – для завантаження та аналізу HTML-вмісту;
- curl -I – для перевірки редиректів та статус-кодів;
- dig та nslookup – для аналізу DNS-структури домену;
- whois – для визначення реєстратора, AS-номеру та країни розміщення IP.

Такі інструменти дають змогу виявити підроблені домени, ознаки фішингу, нестандартні DNS-записи, а також домени– «одноразівки», реєстровані спеціально для атак [2, 3].

Третім етапом є статичний аналіз та зіставлення з існуючими IOC-базами. У Linux широко застосовуються yara, threatfox-cli, локальні списки IP-адрес та URL із MalwareBazaar, ThreatFox, OpenPhish. Це дозволяє створювати власні правила виявлення підозрілих структур, аналізувати шаблони вмісту та виявляти повторювані ознаки шкідливої активності[3].

Передбачається, що поєднання репутаційного, динамічного та статичного аналізу може забезпечити помітно вищу ефективність класифікації шкідливих URL та IP-адрес порівняно з використанням лише зовнішніх сервісів. Такий комплексний підхід, імовірно, дає змогу точніше виявляти підозрілу активність завдяки багаторівневій перевірці індикаторів. DLP системи захищають конфіденційні дані від витоків, контролюючи канали їх передачі та використання. Це дозволяє організаціям та бізнесу мінімізувати ризики фінансових втрат, репутаційних ударів і юридичних проблем.

Література

1. Almomani A., Gupta B., Atawneh S., Meulenberg A. The Scope of Phishing Attacks: A Comprehensive Study. IEEE Communications Surveys & Tutorials. 2013. 29 p.
2. Malicious URLs and IP Address Threat Analysis Report. Palo Alto Networks Unit 42. URL: https://www.content.shi.com/cms-content/accelerator/media/pdfs/palo-alto/palo-alto-122623-unit42-threat-report.pdf (дата звернення: 1.12.2025).
3. A Project from abuse.ch for Malware Samples and IOC Feeds. MalwareBazaar URL: https://bazaar.abuse.ch/statistics/ (дата звернення: 3.12.2024).

УДК 004.056
П. Слободян; М. Богач; М. Деркач, к. т. н., доц.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

АНАЛІЗ ПОПУЛЯРНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ПАРОЛЯМИ

UDC 004.056
P. Slobodian; M. Bohach; M. Derkach, PhD., Assoc. Prof.

ANALYSIS OF POPULAR PASSWORD MANAGEMENT SYSTEMS

Сучасний ринок систем управління паролями пропонує великий спектр рішень, призначених для різних категорій користувачів – від приватних осіб до великих корпоративних організацій. Основна мета таких систем полягає у забезпеченні надійного та зручного зберігання облікових даних, захисту від несанкціонованого доступу та спрощенні процесу користування великою кількістю облікових записів. Незважаючи на загальну спрямованість на безпеку, менеджери паролів значно відрізняються між собою за архітектурою, функціональністю, способами синхронізації та рівнем захисту.

Одним із найпоширеніших менеджерів паролів є Bitwarden, який пропонує широкий спектр функцій, таких як автоматичне заповнення форм для входу на сайти, генерація складних паролів, спільний доступ до облікових даних у межах сім'ї або команди, а також інтеграцію з різними браузерами та мобільними платформами. В свою чергу, KeePass – це локальний менеджер паролів, який зберігає всі дані на пристрої користувача. 1Password орієнтований на комерційних користувачів та корпоративні потреби, пропонуючи зручний інтерфейс та комплексний набір функцій безпеки. Також сучасним хмарним рішенням є NordPass, що пропонує можливість зберігати не лише паролі, а й різні конфіденційні дані, наприклад, нотатки або інформацію про платіжні картки.

Таблиця 1. Аналіз популярних систем управління паролями

Характеристика	Bitwarden	KeePass	1Password	NordPass
Зберігання	Хмара/локально	Локально	Хмара	Хмара
Тип коду	Відкритий	Відкритий	Закритий	Закритий
Шифрування	AES-256	AES-256, Twofish	AES-256 + Secret Key	XChaCha20
Синхронізація	Так	Ні (вручну)	Так	Так
MFA	Так (TOTP, U2F)	Через плагіни	Так	Так
Перевірка витоків	Так	Через плагіни	Так	Так

Всебічний аналіз цих систем показує суттєві відмінності у підходах до організації даних, зручності використання та безпеки. Локальні менеджери, такі як KeePass, забезпечують максимальний контроль над інформацією, однак вимагають додаткових зусиль для резервного копіювання та синхронізації. Хмарні системи, такі як Bitwarden і NordPass, спрощують користування завдяки синхронізації на кількох пристроях і хмарному зберіганню, проте безпека даних значною мірою залежить від надійності серверної інфраструктури та застосованих криптографічних методів. 1Password поєднує зручність і безпеку, пропонуючи розширені корпоративні функції та високий рівень шифрування. Це різноманіття дозволяє користувачам обирати систему, яка найкраще відповідає їхнім технічним можливостям, потребам та вимогам до конфіденційності.

УДК 004.38
П. Станіславчук, студентка 3 курсу; Н. Дзюбата, викл. комп. дисциплін
(Тернопільський фаховий коледж ТНТУ імені Івана Пулюя, Україна)

КІБЕРСПОРТ ЯК НОВА ПРОФЕСІЯ – ПЕРСПЕКТИВИ ДЛЯ СТУДЕНТІВ

UDC 004.38
P. Stanislavchuk, 3rd year student; N. Dzyubata, Computer Science Teacher

ESPORTS AS A NEW PROFESSION – PROSPECTS FOR STUDENTS

Кіберспорт сьогодні стає реальною професійною кар'єрою, яка відкриває студентам нові можливості. Це реальний шанс поєднати захоплення і заробіток з великими перспективами.

Інтерпретація кіберспорту від звичайного щоденного хобі до багатомільярдної індустрії відбулась досить швидко, відкривши студентам та молодим фахівцям нові можливості для самореалізації та заробітку. Сучасний кіберспорт – це не лише змагання між висококласними гравцями, а й комплексна система, яка охоплює розробку ігор, маркетинг, аналітику подій та організацію спільнот. Комп'ютерні ігри набувають популярності не лише серед молоді, а й серед широкого загалу інтернет-користувачів, а аудиторія великих турнірів за чисельністю вже конкурує з традиційними спортивними змаганнями.

Університети по всьому світу активно розглядають кіберспорт як окрему сферу діяльності, створюють команди для змагань, вводять в навчальну базу академічні програми, спрямовані на вивчення менеджменту, маркетингу, електроніки. Великі компанії стають спонсорами щоденного часопроведення за комп'ютером, вкладаючи власні інвестиції в ігри. Студент з легкістю може перерости із звичайного гравця до менеджера, аналітика чи контент-мейкера, що в нас час є високооплачуваною роботою, та при цьому продовжувати займатись своїми улюбленими заняттями за комп'ютером. Індустрія потребує висококваліфікованих фахівців, що перетворює кіберспорт на стабільний і високодохідний сектор економіки.

Робота з даними, організація турнірів, спонсорство та трансляції, на мою думку, є ключовими напрямками даної сфери. Для оцінки ефективності команд аналітики вивчають стратегії, збирають інформацію та статистику ігор, створюють прогнози та допомагають оптимізувати ігровий процес. Менеджери займаються логістикою, фінансами та психологічним супроводом, надаючи команді підтримку та впевненість у своїх силах. Потреба у контент-мейкерах, стрімерах, коментаторах та журналістах є величезною. Ці фахівці відповідають за трансляції, залучення аудиторії, створення іміджу гравців та команд, а також співпрацю зі спонсорами. Це ідеальна сфера для тих, хто має сильні комунікативні навички та володіє сучасними медіа-інструментами.

Основним стимулом для студентів є можливість продовжувати займатись своїм улюбленим заняттям за комп'ютером, але вже у професійному полі. Саме тому кіберспорт дає молоді шанс реалізувати потенціал в інноваційній та добре оплачуваній сфері.

Література

1. Білогур В. Є. Кіберспорт як новий вид спорту в Україні: правові аспекти / В. Є. Білогур // Актуальні проблеми держави і права. – 2019. – Вип. 82. – С. 67–73.
2. Гуменний В. С. Перспективи розвитку кіберспорту в Україні / В. С. Гуменний, О. А. Шинкарук // Спортивний вісник Придніпров'я. – 2020. – № 3. – С. 15–21.
3. Платонов В. Н. Кіберспорт: сучасний стан та перспективи розвитку / В. Н. Платонов, С. І. Гуцал // Теорія і методика фізичного виховання і спорту. – 2021. – № 2. – С. 89–95.
4. Федерація кіберспорту України. Офіційний сайт. – URL: https://esports.org.ua.

УДК 004.056.5
М. Стебельський; Н. Загородна, к. т. н., доц.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ПРОБЛЕМАТИКА ІНТЕГРАЦІЇ ЗАСОБІВ SCA У ПРОЦЕСИ DEVSECOPS ДЛЯ NODE.JS ПРОЕКТІВ

UDC 004.056.5
M. Stebelskyi; N. Zagorodna, PhD., Assoc. Prof.

PROBLEMATICS OF INTEGRATING SCA TOOLS INTO DEVSECOPS PROCESSES FOR NODE.JS PROJECTS

У сфері сучасної веб-розробки широкого розповсюдження набула платформа Node.js. Вона являє собою середовище виконання JavaScript, що дозволяє створювати високопродуктивні та масштабовані мережеві системи. Невід'ємною складовою цієї інфраструктури виступає пакетний менеджер npm, який забезпечує доступ до найбільшого у світі реєстру бібліотек відкритого коду. Проте широке використання сторонніх модулів та глибока вкладеність залежностей роблять проекти критично вразливими до атак на ланцюжок постачання (Supply Chain Attacks). Оскільки значна частина коду базується на open-source компонентах, забезпечення автоматизованого контролю їх безпеки є пріоритетним завданням, адже ручний аудит у таких масштабах стає неможливим [1].

Проблематика багатьох існуючих інструментів SCA (Software Composition Analysis) полягає у фокусуванні на кількісних показниках та високому рівні «шуму». Більшість стандартних рішень здійснюють поверхневий огляд, не перевіряючи, чи дійсно вразливий компонент використовується у робочому коді програми. Це призводить до блокування релізів через бібліотеки, які фактично не становлять загрози в конкретному проекті. Крім того, типові сканери реагують лише на вже задокументовані в офіційних базах вразливості, залишаючи поза увагою приховані загрози, такі як автоматичний запуск шкідливих скриптів безпосередньо під час встановлення пакетів. Відсутність розумної пріоритезації ризиків ускладнює роботу в швидких циклах розробки, що призводить до явища «втоми від сповіщень», коли розробники ігнорують звіти безпеки заради збереження темпів роботи [2].

Для побудови надійного захисту необхідний перехід від формальної наявності сканера до аналізу його реальної ефективності в умовах CI/CD. Ключовими критеріями стають не лише повнота бази вразливостей, а й точність побудови дерева залежностей, швидкість роботи та здатність мінімізувати помилкові тривоги. Такий підхід дозволяє перетворити моніторинг із блокуючого фактора на інструмент превентивного виявлення загроз [3].

Проведення комплексного порівняльного аналізу функціональності сучасних open-source та пропрієтарних рішень є необхідним етапом для побудови безпечної архітектури. Розробка методики вибору та інтеграції інструментів моніторингу, що базується на об'єктивних метриках точності та продуктивності, дозволяє суттєво знизити ризики компрометації Node.js-додатків та оптимізувати процеси DevSecOps.

Література

1. Supply chain attacks and NPM security [Електронний ресурс] // MDN Web Docs. – 2024. – Режим доступу: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/Security/Attacks/Supply_chain_attacks.
2. Defending Against Software Supply Chain Attacks [Електронний ресурс] // Cybersecurity and Infrastructure Security Agency (CISA) & NIST. – 2021. – Режим доступу: https://www.cisa.gov/sites/default/files/publications/defending_against_software_supply_chain_attacks_508.pdf.
3. Ensor M. Shifting left on security: Securing software supply chains [Електронний ресурс] / M. Ensor, D. Stevens // Google Cloud Whitepaper. – 2021. – Режим доступу: https://cloud.google.com/files/shifting-left-on-security.pdf.

УДК 004.75:004.056.5
В. Стрихарський; О. Оробчук, доктор філософії
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ЦЕНТРАЛІЗОВАНЕ УПРАВЛІННЯ ПОЛІТИКАМИ БЕЗПЕКИ У SDN ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ МЕХАНІЗМІВ ФІЛЬТРАЦІЇ ДОСТУПУ

UDC 004.75:004.056.5
V. Strykharskyi; O. Orobchuk, PhD.

CENTRALIZED SECURITY POLICY MANAGEMENT IN SDN USING ACCESS FILTERING MECHANISMS

Програмно-визначені мережі (SDN) [1] є архітектурною основою сучасних хмарних платформ, віртуалізованих дата-центрів та 5G-інфраструктур, що робить їх привабливою ціллю для зловмисників. Централізоване керування трафіком, поділ на площини даних, керування та застосунків, а також активне використання API створюють розширену площину атак на контролер, канали взаємодії та мережеві функції. У таких умовах класичні фаєрволи зі статичними ACL та сигнатурні системи виявлення вторгнень виявляються недостатньо ефективними, погано масштабуються та не забезпечують потрібного рівня узгодженості політик безпеки.

У роботі запропоновано узагальнену модель активів SDN-інфраструктури, що охоплює площину даних, площину керування, площину застосунків, канали Southbound, Northbound і East–West, а також допоміжні сервіси. Для кожного класу активів систематизовано типові загрози. Запропоновано підхід до кількісної оцінки ризиків, що поєднує модифіковану метрику CVSS із методом аналізу ієрархій AHP. Такий підхід дозволив ранжувати сценарії атак і обґрунтовано визначати, які типи з'єднань мають контролюватися на рівні стану, а де достатньо статичних правил фільтрації. На основі отриманих результатів розроблено архітектуру SDN-фаєрвола із перевіркою стану з'єднання, орієнтованого на централізоване керування політиками. Фаєрвол реалізовано як набір додатків до контролера RYU [2] із зовнішнім оркестратором політик, що динамічно генерує правила OpenFlow для комутаторів Open vSwitch [3] з урахуванням поточного стану окремих сеансів. Логіку роботи фаєрвола формалізовано як скінченний автомат, адаптований до SDN-середовища. Кожен етап життєвого циклу з'єднання, включно зі встановленням, передаванням даних і завершенням, однозначно відповідає діям над таблицями потоків Open vSwitch. Ці дії охоплюють створення нового правила, його оновлення, вилучення запису та налаштування відповідних тайм-аутів. Прототип досліджено у віртуалізованому середовищі KVM [4] з використанням сценаріїв нормального трафіку та трафіку атаки. Експериментальні результати продемонстрували підвищення точності блокування небажаних з'єднань порівняно зі статичними ACL, скорочення часу реакції на інциденти та зменшення ризику для площини керування й каналів взаємодії за прийнятних накладних витрат на обробку пакетів.

Література

1. IBM. What Is Software-Defined Networking (SDN)? | IBM. URL: https://www.ibm.com/think/topics/sdn (date of access: 03.12.2025).
2. Ryu SDN Framework. URL: https://ryu-sdn.org/ (date of access: 03.12.2025).
3. Open vSwitch. URL: https://www.openvswitch.org/ (date of access: 03.12.2025).
4. Interactive cybersecurity training system based on simulation environments / D. Tymoshchuk et al. Measuring and computing devices in technological processes. 2024. No. 4. P. 215–220. URL: https://doi.org/10.31891/2219-9365-2024-80-26 (date of access: 30.11.2025).

УДК 004.58
В. Судомир; Я. Осадца, к. т. н., доц.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

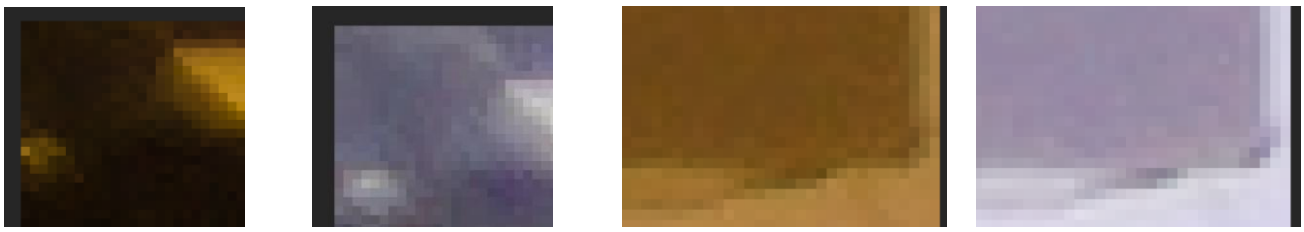
АВТОМАТИЗАЦІЯ ЗАХОПЛЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ ФОТОКАМЕРОЮ ДЛЯ УСУНЕННЯ ВІБРАЦІЙ ТА ПОМИЛОК НАЛАШТУВАННЯ

UDC 004.58
V. Sudomyr; Ya. Osadtsa, PhD., Assoc. Prof.

AUTOMATION OF IMAGE CAPTURING WITH CAMERA TO ELIMINATE VIBRATION AND SETTING ERRORS

У сучасних задачах де використовуються фотокамери, таких як комп'ютерний зір, астрономія чи фотометрія, градуювання фотокамер критично залежить від якості захоплених зображень, що у свою чергу залежить від процесу отримання даних. Ручне налаштування параметрів камери може призвести до невірних налаштувань через помилку оператора, а під час процесу захоплення зображення присутні механічні вібрації та мікроскопічні зміщення фотокамери через натискання на кнопку [1], що загалом може призвести до створення помилкових чи неякісних наборів фотографій та наборів даних. Зміщення закріпленої фотокамери за рахунок фізичного контакту, показано на зображеннях (рис. 1 а, б), де на ділянках двох захоплених зображень одного об'єкта у ручному режимі, проглядається зміщення на 3 пікселя по вертикалі та на 2 пікселя по горизонталі.

Запропоноване рішення базується на повній автоматизації процесу захоплення зображень за допомогою розробленого програмного забезпечення на мові Python, яке використовує бібліотеку libgphoto2 для прямого інтерфейсу з камерою через USB [2]. Ключовою перевагою такого підходу є можливість програмно контролювати всі налаштування експозиції, апертури, ISO та фокусування що дозволяє уникнути невірних налаштувань. Крім того, повне виключення фізичного контакту оператора з камерою під час захоплення зображень дає можливість збільшити стабільність положення фотокамери та незмінність оптичної осі, що особливо важливо для фотографій з довгою витримкою (1 с. і більше). Це показано на зображеннях в) та г) рис. 1, де практично не видно зміщення пікселів, що було досягнуто методом автоматичного захоплення зображень.



а) б) в) г)

Рисунок 1. Ділянки зображень, захоплені у ручному режимі та у автоматичному режимі

Загалом це збільшує якість отриманих зображень що є критичним для алгоритмів, чутливих до зміщень. Додатковою перевагою використання описаного методу є можливість не зберігати зображення на карту пам'яті фотокамери, а автоматично завантажувати їх до керуючого комп'ютера, що пришвидшить цикл захоплення зображень та спростить сортування даних.

Література

1. Fergus R., Singh B., Hertzmann A., Roweis S.T., Freeman W.T. Removing Camera Shake from a Single Photograph. ACM Trans. Graph., 2006, Vol. 25, No. 3, P. 787–794. URL: https://people.csail. mit.edu/billf/publications/Removing_Camera_Shake.pdf
2. gphoto2. A command-line frontend to libgphoto2. URL: https://github.com/gphoto/gphoto2

УДК 004.056
А. Сюшко; І. Скарга-Бандурова, д. т. н., проф.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ПОБУДОВА СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ БЕЗПЕКИ КІНЦЕВИХ ПРИСТРІЇВ НА ОСНОВІ OSSEC

UDC 004.056
A. Siushko; I. Skarga-Bandurova, Dr., Prof.

BUILDING AN END-DEVICE SECURITY MONITORING SYSTEM BASED ON OSSEC

Швидкий розвиток інформаційних систем є прямопропорційний до розвитку кіберзагроз, таке явище зумовлює потребу у впровадженні ефективних механізмів контролю стану кінцевих пристроїв. Хостові системи виявлення вторгнень (HIDS) посідають важливе місце в архітектурі комплексного захисту, оскільки забезпечують безперервний моніторинг подій, аналіз поведінкових відхилень та контроль цілісності критично важливих компонентів операційної системи. Саме тому дослідження принципів їх функціонування та практичне розгортання конкретних інструментів є актуальною задачею сучасної кібербезпеки.

У рамках роботи проведено системний аналіз принципів функціонування хостових та мережевих систем виявлення вторгнень, здійснено їх порівняльну характеристику та окреслено ключові переваги HIDS у контексті виявлення локальних інцидентів безпеки. На основі класифікації відкритих рішень для моніторингу встановлено, що OSSEC є одним із найбільш збалансованих інструментів, який поєднує розвинений набір функцій, відкритість програмного коду та можливість масштабування у різних типах інфраструктур.

Особливу увагу приділено аналізу методів виявлення вторгнень, зокрема сигнатурному та аномалічному підходам, а також їхній ефективності під час обробки подій, отриманих від кінцевих пристроїв. Розглянуто значення коректного ведення лог-файлів як основи для подальшої кореляції, формування правил детекції та побудови автоматизованих реакцій на інциденти.

Практична частина роботи охоплює процес розгортання сервера OSSEC, початкове конфігурування системи, підключення агенту в середовищі Windows та тестування механізмів реєстрації й аналізу подій. Під час експериментального дослідження проаналізовано ефективність системи в умовах реального моніторингу: виявлення змін у файловій системі, фіксація підозрілої активності та роботу механізмів автоматичного реагування.

Отримані результати підтверджують доцільність використання OSSEC як надійного та функціонального інструмента для побудови системи моніторингу безпеки кінцевих пристроїв. Система забезпечує ефективне виявлення інцидентів, підвищує рівень захищеності інформаційного середовища та може бути рекомендована для використання в організаціях різного масштабу.

Література

1. Sachenko A.O., Kochan V.V., Bykovyy P.Ye., Zahorodnia D.I., Osolinskyy O.R., Skarga-Bandurova I.S., Derkach M.V., Orekhov O.O., Stadnik A.O., Kharchenko V.S., Fesenko H.V. Internet of Things for intelligent transport systems: Practicum / A.O. Sachenko (Eds.) – Ministry of Education and Science of Ukraine, Ternopil National Economic University, Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, National Aerospace University “Kharkiv Aviation Institute”, 2019. – 135 p.

УДК 004.056
А. Такварелі; Ю. Лещишин, к. т. н.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ВИРОБНИЦТВА І СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

UDC 004.056
A. Takvareli; Yu. Leshchyshyn, PhD.

COMPUTER SYSTEM FOR MONITORING ELECTRICITY PRODUCTION AND CONSUMPTION

Розвиток автоматизації різних виробничих процесів, що географічно розподілені на значній території потребує забезпечувати обладнання автономним живленням та слідкувати за стабільним енергопостачанням цього обладнання. Для створення постійного і рівномірного живлення використовують сонячні, вітро і гідро міні генеруючі станції, які накопичують енергію в акумуляторних батареях. Відповідно щоб не виникало аварійних відключень електроенергії і відмови промислового обладнання необхідно моніторити процес генерації, накопичення і споживання електроенергії. Причому моніторинг повинен відбуватись постійно і дистанційно, щоб попередити користувача про недостатню генерацію або надмірне споживання електроенергії.

Існуючі комп'ютерні системи моніторингу електроживлення дуже часто не відслідковують весь процес генерації та споживання в цілому, а зосередженні лише на споживанні, зокрема такі пристрої, як розумний енергомонітор Nous D4Z DIN ZigBee 120A [1] або Smart-MAIC D103-11 [2] відслідковують споживання електроенергії по трьох фазах і передають інформацію по безпровідному зв'язку ZigBee або Wi-Fi. Цілісну картину роботи генерації і споживання електроенергії відслідковують лише системи моніторингу і контролю розумного будинку подібні до комунікаційного центру Victron Ekrano GX [3], однак вони обладнані лише проводовими інтерфейсами (VE.Can, VE.Bus, Ethernet) для приєднання різних систем генерації, зберігання або перетворення електроенергії та безпровідними (Wi-Fi, LTE) для підключення Інтернету. Тобто такий комунікаційний центр розрахований на досить централізовано роботу коли генерація, зберігання і споживання знаходяться в межах одного будинку або подвір'я.

Для географічно розподіленого на значній території обладнання необхідно розробити комп'ютерну систему моніторингу, яка матиме функціонал подібний до комунікаційного центру Victron Ekrano GX та матиме можливість приєднувати безпровідні давачі та виконавчі механізми за допомогою мереж типу ZigBee або LoRaWAN. Така комп'ютерна система буде виконувати моніторинг і керування локальними пристроями, а зберігання інформації та команди керування від користувача буде виконувати із віддаленого притрою або хмарного сервісу.

Література

1. Розумний енергомонітор Nous D4Z DIN ZigBee 120A. URL: https://nous.ua/product/rozumnij-energomonitor-nous-d4z-din-zigbee-120a.html (дата звернення: 02.12.2025).
2. Моніторинг ресурсів на всі випадки! URL: https://smart-maic.com/uk/ (дата звернення: 02.12.2025).
3. Панель управління Ekrano GX URL: https://www.victronenergy.ua/communication-centres/ekrano-gx (дата звернення: 02.12.2025).

УДК 004.4
Д. Антонюк
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ВПРОВАДЖЕННЯ LLM У ВЕБСЕРВІС ДЛЯ ВІДПОВІДЕЙ ЗА ДОПОМОГОЮ AZURE OPENAI

UDC 004.4
D. Antoniuk

IMPLEMENTATION OF LLM IN A WEB SERVICE FOR RESPONSES USING AZURE OPENAI

Забезпечення ефективної взаємодії користувачів із веб-сервісами потребує застосування інтелектуальних алгоритмів обробки природної мови. У веб-середовищі реалізується інтеграція **моделей великих мов (LLM)** через хмарні сервіси **Azure OpenAI**, що дозволяє автоматично генерувати контекстуально релевантні відповіді на запити користувачів [1].

Архітектура системи передбачає використання веб-фреймворків **Python (Flask або Django)** для організації обробки запитів та управління базою даних **PostgreSQL**, що забезпечує збереження історії взаємодій та структуроване управління даними. Основні механізми обробки інформації включають токенізацію, контекстний аналіз та семантичне зважування ключових елементів тексту, що підвищує точність та релевантність відповідей. Додатково аналіз контексту запитів дозволяє моделі враховувати попередні взаємодії користувача для більш персоналізованих відповідей. Використання сучасних методів обробки природної мови сприяє точнішому розпізнаванню сенсу та намірів у тексті [2]. Застосування семантичного зважування та кластеризації ключових елементів тексту підвищує релевантність відповіді у різних контекстах [3].

Інтеграція LLM дозволяє оптимізувати процес комунікації користувачів із сервісом, підвищити швидкість обробки запитів та ефективність інформаційної системи. Особливу увагу приділено забезпеченню **масштабованості, безпеки та конфіденційності даних**, а також адаптації алгоритмів до змінних навантажень у розподілених середовищах [4].

Використання хмарних платформ та інтелектуальних моделей відкриває можливості для аналітики поведінки користувачів, формалізації запитів і моделювання взаємодії в складних веб-системах. Це сприяє розвитку ефективних інформаційних технологій, здатних адаптуватися до потреб користувачів і забезпечувати високий рівень автоматизації у сучасних веб-сервісах [5].

Література

1. Azure OpenAI in Foundry Models [Електронний ресурс] : https://azure.microsoft.com/en-us/products/ai-foundry/models/openai. Доступ до ресурсу: 09.12.2025.
2. К. М. Онищенко. Аналіз методів обробки природної мови / К.М. Онищенко, Я.І. Данієль, Р.О. Каманєв.
3. Azure OpenAI: The Smart Choice for AI-Powered Enterprise Solutions [Електронний ресурс] : https://www.cloudoptimo.com/blog/azure-openai-the-smart-choice-for-ai-powered-enterprise-solutions/ Доступ до ресурсу: 09.12.2025
4. К.М. Онищенко. Аналіз методів обробки природної мови / К.М. Онищенко, Я.І. Данієль, Р.О. Каманєв.
5. Cathy Tanimura. SQL for Data Analysis. Advanced Techniques for Transforming Data into Insights. 1st Ed. / Cathy Tanimura, 2021 – с. 350.

УДК 004.5:004.65
С. Третяк; Б. Котельніков
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ВИБІР ФОРМАТУ ЗБЕРІГАННЯ АДРЕС IPv4-МЕРЕЖ В БАЗАХ ДАНИХ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ШВИДКОСТІ ПОШУКУ

UDC 004.5:004.65
S. Tretiak; B. Kotelnikov

CHOOSING THE FORMAT FOR STORAGE OF IPv4 NETWORK RANGES IN DATABASES TO OPTIMIZE SEARCH SPEED

Пошук оптимального формату запису адрес IPv4-мереж в таблицях баз даних для покращення швидкості пошуку та індексації. Найбільш поширені наступні формати зберігання IPv4-адрес:

1. Varchar(15);
2. Binary(4);
3. Unsigned INT;

Варіант 1 найпростіший, але найнеефективніший підхід. Недоліки:повільне порівняння рядків,неефективний індекс (лексикографічний, а не числовий), займає 7–15 байт. Варіант 3 Займає 4 байти, переваги: швидкі порівняння, ефективну індексацію B-Tree, легке порівняння діапазонів. Варіант 3 вважається оптимальним для використання.

Було проведено дослідження можливості пришвидшення пошуку по таблиці бази даних при використанні надлишкових полів з використанням обрахованих значень. Запропоновано використовувати частину IP-адреси для пришвидшення індексного пошуку внаслідок меншого розміру даних в комірці таблиці.

Проведено порівняння швидкості видачі результатів базою даних при виконанні запитів що виконують вибірку по різних наборах полів даних.

Використовуємі в запиті поля мали формати даних:

ipnetwork - varchar(18), first_octet - tinyint, first_octet_chr - varchar(3), begin - int, end - int.

Усі поля окрім ipnetwork були проіндексовані.

Було заміряно час виконання запиту при використанні різних комбінацій полів.

Таблиця 1. Порівняння часу відповіді SQL-запитів

Запит	Типу даних що індексуються	Час відповіді (секунд)
SELECT * FROM ipv4city WHERE ipnetwork='108.195.188.0/22';	Індекс не використовувався, пошук здійснювався по полю VARCHAR без індексу	3,3858
SELECT * FROM ipv4city WHERE (INET_ATON('108.53.34.39') BETWEEN begin AND end);	Використовувались проіндексовані поля типу INT довжиною 4 байти	0,7448
SELECT * FROM ipv4city WHERE (`first_octet_chr`='108' AND (INET_ATON('108.53.34.39') BETWEEN begin AND end));	Той ж набір даних що й в попередньому випадку, але додатково було використано пошук по штучно утвореному полю з типом VARCHAR довжиною 3 байти	0,1089
SELECT * FROM ipv4city WHERE (first_octet='108' AND (INET_ATON('108.195.188.45') BETWEEN begin AND end));	В якості додаткового індексу виступало поле типу TINY INT розміром в 1 байт	0,0955

З результатів проведених досліджень зроблено висновок що створення додаткових часткових надлишкових даних збільшує займаний розмір таблиць баз даних, але суттєво пришвидшує пошук.

Література

1. І. В. Чихіра, І. С. Дідич (2022), Конспект лекцій з дисципліни «Системи управління базами даних» напряму підготовки 151«Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології.
2. Jesper Wisborg Krogh (2020), MySQL 8 Query Performance Tuning: A Systematic Method for Improving Execution Speeds.
3. Paul Dubois (2013), MySQL 5th Edition.

УДК 004.653
Я. Чорний
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ЗАСТОСУВАННЯ АЛГОРИТМУ PROOF OF RANK У БЛОКЧЕЙН-ПРОЕКТАХ

UDC 004.653
Ya. Chornyi

APPLICATION OF THE PROOF OF RANK ALGORITHM IN BLOCKCHAIN PROJECTS

Алгоритм Proof of Rank (далі – PoR) є потенційно перспективним консенсусним механізмом, який може знайти широке застосування в різних галузях, включаючи фінансові технології, державні системи та логістику [1]. Ось більш докладний розгляд прикладів використання PoR у цих сценаріях.

Область фінансових технологій:

- банківські операції. PoR може використовуватися для забезпечення безпеки та цілісності банківських транзакцій. Ранг вузлів може залежати від їхньої надійності, що дозволяє створювати довіру до учасників мережі;
- децентралізовані фінансові послуги (DeFi) PoR може бути застосований у DeFi-проектах для голосування щодо прийняття рішень про внесення змін до протоколів або управління фондами. Це забезпечує демократичне управління та захищає мережу від атак.

Державні системи:

- електронне голосування. PoR може бути використаний для забезпечення безпеки та прозорості в системах електронного голосування. Ранг вузлів може залежати від їхнього статусу, що дозволяє створювати довіру до процесу голосування;
- управління державними даними. PoR може забезпечити захист державних даних та забезпечити їх цілісність. Ранг вузлів може визначатися їхніми рольовими правами та доступом до конфіденційної інформації.

Процес логістики:

- управління ланцюжком поставок. PoR може використовуватися для відстеження та керування транспортуванням товарів у ланцюжку поставок. Вузли з більш високим рангом можуть отримувати переваги за участю у обробці та моніторингу вантажів;
- митні процеси. Алгоритм може забезпечити безпеку та ефективність митних процесів. Вузли з високим рангом можуть мати переваги під час перевірки та реєстрації товарів на кордонах

У медичній галузі PoR може бути застосованим для забезпечення безпечного та конфіденційного обміну медичною інформацією, а також управління доступом до медичних даних та електронних медичних карт. Модель PoR може допомогти захистити персональні дані пацієнтів та забезпечити цілісність та достовірність медичної інформації.

Алгоритм PoR є покращеною і безпечнішою моделлю консенсусу, яка може бути успішно застосована в мережі блокчейн [2].

PoR забезпечує високий рівень безпеки завдяки своїй моделі, що базується на ранзі вузлів. Вузли з більш високим рангом мають більше довіри та впливу в мережі, що допомагає запобігати атакам на консенсус та підтримувати цілісність даних.

PoR дозволяє створювати блоки прогнозованої послідовності на основі рангу вузлів. Це сприяє збільшенню швидкості обробки транзакцій та підвищенню продуктивності мережі блокчейн. Завдяки цьому покращується користувальницький досвід та знижуються комісії за транзакції.

PoR забезпечує прозорість та надійність процесу власне прийняття рішень через застосування рангу вузлів. Це дозволяє учасникам мережі легко перевіряти та підтверджувати дії, що здійснюються в мережі, що сприяє підвищенню довіри до системи.

PoR забезпечує демократичне управління мережею блокчейн, оскільки рішення приймаються на основі консенсусу серед вузлів мережі, що беруть участь. Це робить мережу

більш відкритою та доступною для всіх учасників, що сприяє її розвитку та поширенню.

PoR має високий ступінь стійкості до різних видів атак завдяки своїй моделі, що базується на ранзі вузлів. Саме це і дає змогу мережі бути менш уразливою до атак 51% та інших форм маніпуляції мережею.

Використання алгоритму PoR у мережі блокчейн, а також у представлених областях може призвести до значного покращення її безпеки, ефективності та прозорості, що зробить її більш привабливою для широкого кола користувачів та розробників [2].

Також у рамках роботи важливо відзначити перспективи розвитку алгоритму PoR. Ось кілька ключових аспектів огляду перспектив розвитку PoR.

Насамперед планується поступово вдосконалити алгоритм по ходу його роботи та дій учасників у мережі. Дослідження щодо вдосконалення самого алгоритму PoR можуть включати розробку нових методів оцінки рангу вузлів, покращення механізмів голосування та вирішення конфліктів, а також оптимізацію процесів формування та перевірки блоків. Ці покращення можуть підвищити безпеку, ефективність та стійкість мережі, а також розширити її можливості застосування.

Також важливою частиною є дослідження нових галузей застосування. Перспективи розвитку PoR можуть включати пошук нових областей застосування алгоритму в різних секторах економіки та суспільного життя. Наприклад, дослідження можуть бути спрямовані на адаптацію PoR для використання у галузі охорони здоров'я.

Інтеграція з іншими технологіями. Дослідження можуть також зосередитись на інтеграції PoR з іншими передовими технологіями, такими як штучний інтелект, інтернет речей (IoT). Такі інтеграції можуть створити нові можливості для використання PoR у різних сценаріях, наприклад, для розробки автономних систем управління та моніторингу, розумних контрактів та автоматизації бізнес-процесів.

Ще одним важливим аспектом подальшого розвитку PoR є стандартизація та регулювання його застосування у різних галузях та сферах діяльності. Дослідження можуть включати розробку стандартів та нормативів, а також аналіз питань безпеки, конфіденційності та відповідності законодавству під час використання PoR.

Не можна не відзначити можливість розвитку PoR у галузі освіти. Дослідження та проекти в цій галузі можуть сприяти підвищенню обізнаності та розуміння серед фахівців та широкої публіки про переваги та можливості реалізованого та аналізованого консенсусу PoR.

Таким чином, огляд поточних досліджень та перспектив розвитку алгоритму PoR дозволяє оцінити його потенціал для вдосконалення, розширення областей застосування та створення нових рішень для сучасних викликів та потреб.

Література

1. Consensus Mechanisms In Blockchain. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://hacken.io/ discover/consensus-mechanisms/ (дата звертання: 14.11.2025).
2. León Vollerigh. Blockchain Governance. Tectum, 1st Edition 2022, 216 pages.

УДК 004.056.53
О. Шарик; Р. Козак, к. т. н., доц.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ВИЯВЛЕННЯ ВИТОКІВ ДАНИХ У СЕРЕДОВИЩІ ОПЕРАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ LINUX

UDC 004.056.53
O. Sharyk; R. Kozak, PhD., Assoc. Prof.

METHODS AND TOOLS FOR DATA LEAK DETECTION IN THE LINUX OPERATING SYSTEM ENVIRONMENT

Стрімка цифровізація бізнес-процесів та масова міграція критичної інфраструктури у хмарні середовища актуалізують проблематику захисту конфіденційної інформації в операційних системах сімейства Linux. На відміну від традиційних загроз, пов'язаних із втратою даних внаслідок технічних збоїв, проблема витоку інформації характеризується порушенням конфіденційності через дії інсайдерів або некоректну конфігурацію прав доступу [1]. Існуючі комерційні рішення класу DLP (Data Loss Prevention) часто орієнтовані на екосистему Windows або ж демонструють надмірне споживання системних ресурсів. У рамках кваліфікаційної роботи проведено дослідження методів виявлення аномальної файлової активності та розроблено спеціалізований програмний засіб моніторингу, що поєднує високу продуктивність із точністю детекції.

У ході роботи було проаналізовано вектори загроз у середовищі Linux та встановлено, що ефективний захист вимагає комбінації сигнатурних та евристичних методів аналізу. Для реалізації програмного агента обрано мову системного програмування Rust, яка забезпечує гарантії безпеки пам'яті на етапі компіляції без використання збирача сміття, що дозволяє уникнути критичних вразливостей та забезпечити передбачувану продуктивність. Архітектура розробленого рішення базується на використанні підсистеми ядра Linux inotify через бібліотеку notify для перехоплення подій файлової системи в режимі реального часу. Для забезпечення високої пропускної здатності та обробки пікових навантажень, відомих як «шторми подій», застосовано асинхронне середовище виконання Tokio та патерн проектування Producer-Consumer, що дозволяє ефективно розпаралелити процеси моніторингу та глибокого аналізу контенту [2, 3].

Розроблений програмний засіб реалізує гібридний підхід до ідентифікації чутливих даних. Для виявлення персональної інформації (PII), такої як номери банківських карток або паспортні дані, застосовуються оптимізовані регулярні вирази з алгоритмічною валідацією, що мінімізує кількість хибних спрацювань. Експериментальні дослідження, проведені у віртуалізованому середовищі Ubuntu Linux, підтвердили, що запропонований підхід дозволяє досягти високих показників точності виявлення при мінімальному навантаженні на центральний процесор та оперативну пам'ять. Отримані результати свідчать про перспективність використання мови Rust для створення безпечних системних утиліт та можуть бути використані для підвищення рівня захищеності інформаційних систем підприємств.

Література

1. Cost of a Data Breach Report 2024. IBM Security. URL: https://www.ibm.com/reports/data-breach (дата звернення: 08.12.2024).
2. Klabnik S., Nichols C. The Rust Programming Language. San Francisco: No Starch Press, 2023. 560 p.
3. Love R. Linux Kernel Development. 3rd ed. Addison-Wesley Professional, 2010. 480 p.

УДК 004.056
О. Ярема; Н. Загородна, к. т. н., доц.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

КЛАСИФІКАЦІЇ ТИПІВ ВРАЗЛИВОСТЕЙ ПРОГРАМНОГО КОДУ

UDC 004.056
O. Yarema; N. Zagorodna PhD., Assoc. Prof.

CLASSIFICATION OF SOFTWARE CODE VULNERABILITY TYPES

Популярні класифікації вразливостей, що використовуються в наукових та навчальних джерелах, зазвичай не відповідають науковим критеріям класифікації. Вони можуть досить точно описувати дефект чи слабкість технології, через яку виникає вразливість, проте вразливості в таких випадках майже ніколи не відповідають одному класу, а можуть належати зразу до декількох.

Одним з найпоширеніших способів класифікувати вразливості є класифікація за фазою життєвого циклу розробки (SDLC). Вона намагається класифікувати вразливості за моментом їх появи в розробці, групуючи їх за фазами, наприклад дизайну, реалізації, обслуговування [1, 2]. Така класифікація сильно залежить від конкретної моделі розробки, що ускладнює уніфікацію і порівняння вразливостей між різними проєктами. Крім цього, вразливості програмного коду зазвичай рідше розрізняють за такими фазами, адже вони несуть мало корисного змісту безпосередньо для опису вразливості.

Серед інших популярних підходів існує класифікація за враженою технологією, наприклад «вразливість форматування рядка». Проте така класифікація не є універсальною, адже багато вразливостей не стосуються конкретно певної технології, а мають інший характер виникнення [2]. Іншим способом є класифікація вразливостей за сценарієм атаки, який її використовує, як от вразливість «cross-site scripting (XSS)». Така класифікація є описово точною і надає чітку спільну ознаку класу вразливостей. Але такий підхід не завжди є однаково ефективним. Термін «вразливості відмови в обслуговуванні» є прикладом менш корисного опису класу, адже відмова в обслуговуванні є лише наслідком атаки, а не сценарієм чи вказівником вразливості [2, 3]. Тому під такий клас можуть потрапити широкий спектр абсолютно різних вразливостей.

Одним з класифікаторів саме вразливостей для програмного коду є поділ на латентні, потенційні та експлуатовані вразливості [3]. Латентні це вразливості коду, який поки не експлуатується, через що вразливості ще не були виявлені чи використані. Потенційні вразливості зазвичай представляють погані практики написання коду, які не обов’язково є вразливістю, як такою, але мають потенціал стати нею після змін в коді. І експлуатовані вразливості це власне вразливості, які можна одразу виявити в коді та використати.

Головним осередком зусиль уніфікувати та подолати недоліки ненаукових класифікацій є MITRE Common Weakness Enumeration (CWE) [4, 5]. CWE це ініціатива зі створення словника вразливостей програмного забезпечення. Хоча CWE не є суворою таксономією вразливостей, він замінив попередню спробу MITRE – Preliminary List of Vulnerability Examples for Researchers (PLOVER) – що створювалася на основі фактичних проблем в порядку їх виникнення [5]. Серед подібних, але сфокусованих на атаках, є ініціатива Common Attack Pattern Enumeration and Classification (CAPEC), яка використовує шаблони атак як структуру для опису подібних типів атак [6]. Також непрямим інструментом для уніфікації є MITRE Common Vulnerabilities and Exposures (CVE), який надає унікальні ідентифікатори для вразливостей програмних артефактів.

Література

1. Security threat and vulnerability assessment and measurement in secure software development / M. Humayun та ін. Computers, materials & continua. 2022. Т. 71, № 3. С. 5039–5059. URL: https://doi.org/10.32604/cmc.2022.019289 (дата звернення: 06.12.2025).

2. A comprehensive review of cyber security vulnerabilities, threats, attacks, and solutions / Ö. Aslan та ін. Electronics. 2023. Т. 12, № 6. С. 1333. URL: https://doi.org/10.3390/electronics12061333 (дата звернення: 06.12.2025).
3. Categorization of vulnerabilities in a software / N. Bhatt та ін. System reliability management. Boca Raton : Taylor & Francis, a CRC title, part of the Taylor &, 2018. С. 121–135. URL: https://doi.org/10.1201/9781351117661-9 (дата звернення: 06.12.2025).
4. Study on software vulnerability characteristics and its identification method / C. Luo et al. Mathematical problems in engineering. 2020. Vol. 2020. P. 1–6. URL: https://doi.org/10.1155/2020/ 1583132 (date of access: 06.12.2025).
5. Martin B. Common vulnerabilities enumeration (CVE), common weakness enumeration (CWE), and common quality enumeration (CQE). ACM SIGAda Ada Letters. 2019. Т. 38, № 2. С. 9–42. URL: https://doi.org/10.1145/3375408.3375410 (дата звернення: 06.12.2025).
6. Dimitrov V. CAPEC ontology. Annual of sofia university st. kliment ohridski. faculty of mathematics and informatics. 2023. Т. 110. С. 63–83. URL: https://doi.org/10.60063/gsu.fmi.110.63-83 (дата звернення: 06.12.2025).

УДК 004.9:316.77
І. Яремко
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМ ДОСТОВІРНОСТІ ІНФОРМАЦІЇ В ЛОКАЛЬНИХ ЦИФРОВИХ РЕСУРСАХ

UDC 004.9:316.77
I. Yaremko

STUDY OF THE PROBLEMS OF INFORMATION CREDIBILITY IN LOCAL DIGITAL RESOURCES

Локальні цифрові ресурси сьогодні є одними із головних джерел отримання новин та суспільно важливої інформації для населення. Соціальні мережі, місцеві новинні сайти, телеграм-канали та регіональні онлайн-платформи значно випереджають традиційні медіа за швидкістю поширення інформації. Водночас саме ці ресурси найбільш уразливі до проблеми достовірності контенту.

За даними звіту «Reuters Institute Digital News Report 2023», понад 59% користувачів у світі стурбовані поширенням фейкових новин в інтернеті. Особливо високі показники недовіри зафіксовані у країнах з фрагментованим інформаційним середовищем та високою роллю соціальних платформ. Локальні цифрові ресурси часто не мають чітких механізмів редакційної перевірки, що підвищує ризик публікації неперевірених або маніпулятивних матеріалів. Також зазначається, що алгоритмічні механізми рекомендацій на різних платформах часто сприяють поширенню емоційно забарвленого та резонансного контенту, незалежно від його достовірності. Це посилює ефект «інформаційної бульбашки», коли користувач отримує переважно ті повідомлення, що підтверджують його власні переконання. У локальному інформаційному просторі така тенденція може призводити до викривленого сприйняття реальних подій у громаді.

За даними Євробарометра 2022 року, 69% громадян ЄС вважають дезінформацію серйозною проблемою для демократії. Значну частину недостовірної інформації поширюють автоматизовані акаунти та анонімні користувачі. У локальному середовищі це призводить до формування хибної громадської думки та соціальної напруги. Окремою проблемою є навмисні інформаційні атаки, спрямовані на дестабілізацію суспільних процесів у громадах. В умовах воєнних і кризових викликів рівень загрози дезінформації суттєво зростає. Водночас результати досліджень ЮНЕСКО свідчать, що лише близько 54% користувачів здатні самостійно відрізнити фейкові новини від достовірних. Це вказує на недостатній рівень розвитку медіаграмотності. Таким чином, проблема достовірності інформації в локальних цифрових ресурсах має комплексний характер і пов’язана з технологічними, соціальними та освітніми чинниками. Для її подолання необхідні розвиток механізмів для перевірки, підвищення цифрової та медіаграмотності населення, а також впровадження прозорих стандартів інформаційної діяльності на локальному рівні.

Література

1. Digital News Report 2023 [Electronic resource]. – Oxford : University of Oxford, 2023. – URL: https://www.digitalnewsreport.org.
2. Disinformation and Fake News in the European Union : Eurobarometer Survey 2022 [Electronic resource]. – Brussels, 2022. – URL: https://europa.eu/eurobarometer.

УДК 004:316.77
І. Яремко
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

АНАЛІЗ РОЛІ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ФОРМУВАННІ ЦИФРОВОЇ ГРОМАДИ

UDC 004:316.77
I. Yaremko

ANALYSIS OF THE ROLE OF INFORMATION TECHNOLOGIES IN THE FORMATION OF A DIGITAL COMMUNITY

Інформаційні технології сьогодні є визначальним чинником трансформації соціальних процесів та формування цифрових громад. Під цифровою громадою розуміють спільноту людей, об'єднаних за допомогою цифрових платформ для комунікації, співпраці та участі в суспільному житті. Інформаційні технології забезпечують оперативний обмін даними між членами громади, незалежно від їхнього географічного розташування. Соціальні мережі, месенджери та онлайн-платформи стали базовими інструментами взаємодії.

Важливу роль у формуванні цифрової громади відіграють сервіси електронного урядування. Згідно з даними ООН, у 2022 році понад 90% країн світу мали ті чи інші елементи електронних державних послуг. Це сприяє підвищенню рівня участі громадян у прийнятті управлінських рішень. Інформаційні системи забезпечують прозорість діяльності органів місцевого самоврядування та підвищують рівень довіри з боку суспільства. Онлайн-інструменти громадської участі, такі як електронні петиції, опитування та громадські обговорення, формують нову модель взаємодії влади та громади.

Разом із тим розвиток цифрових громад супроводжується низкою проблем. Однією з ключових є цифрова нерівність, яка проявляється у різному рівні доступу до Інтернету та відповідних навичок. За даними Європейської комісії (DESI 2023), близько 45% громадян не володіють достатнім рівнем базових цифрових компетентностей. Це обмежує їхню повноцінну участь у громадському житті. Також зростають ризики інформаційної безпеки, пов'язані з витоком персональних даних та кіберзагрозами. Окрему увагу необхідно приділяти проблемі дезінформації, яка може негативно впливати на суспільні процеси.

Інформаційні технології є потужним інструментом формування цифрової громади, але потребують системного розвитку інфраструктури, підвищення цифрової освіченості населення та посилення інформаційної безпеки.

Література

1. Measuring Digital Development: Facts and Figures 2022 [Electronic resource]. – Geneva : ITU, 2022. – URL: https://www.itu.int/itu-d/reports/statistics/facts-figures-2022/
2. Digital Economy and Society Index (DESI) 2023 [Electronic resource]. – Brussels, 2023. – URL: https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi

СЕКЦІЯ 3. КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ ТА МЕРЕЖІ

УДК 612.741.1

Р. Андрейчук; В. Скоревич; Л. Дедів, к. т. н., доц.; В. Дозорський, к. т. н., доц.; О. Дозорська, к. т. н.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

СПОСІБ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОПРІОЦЕПТИВНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПРОТЕЗА НИЖНЬОЇ КІНЦІВКИ

UDC 612.741.1

R. Andreychuk; V. Skorevych; L. Dediv, PhD., Assoc. Prof.; V. Dozorskyi, PhD., Assoc. Prof.; O. Dozorska, PhD.

THE CONCEPT OF PROPRIOCEPTIVE SYSTEM IMPLEMENTATION FOR LOWER LIMB PROSTHESIS

Пропріоцепція – це здатність організму сприймати своє положення та рух, яка відіграє вирішальну роль у контролі рухів, а її втрата після ампутації створює значні труднощі для користувачів протезів. Штучна пропріоцепція – це інновація, яка покращує сенсорний зворотний зв'язок (ЗЗ) та контроль рухів у протезних пристроях. Пропріоцепція людини є одним із механізмів, що використовуються для розпізнавання розташування різних сегментів або частин тіла, а також їх ідентифікації в просторі. Проблема виникає при втраті нервового шляху (наприклад, через ампутацію кінцівки). Однією з основних проблем ампутації кінцівок є відсутність соматосенсорних шляхів, які зазвичай забезпечують ЗЗ із центральною нервовою системою. Однак у пацієнтів після ампутації пропріоцепція, необхідна для розпізнавання поточного циклу ходи та її симетрії, відсутня. У пацієнтів з трансфеморальною ампутацією основними відсутніми параметрами є стан колінних та гомілковостопних суглобів, а також підошовний тиск.

В сучасних протезах можливим є застосування так званих активних або напівактивних колін, гомілковостопних суглобів та стоп. Також проводяться розробки екзоскелетів нижніх кінцівок для реабілітації у випадках неврологічних травм. При цьому штучна пропріоцепція реалізується частково, та розглядається як інтеграція мехатронної системи в людину, не лише для протеза, але й для цілей неврологічної реабілітації, щоб відновити втрачені здібності, які можуть допомогти пацієнту досягати повноцінної активності або уникати нещасних випадків (наприклад, падіння під час ходьби). Однак, дослідження в цьому напрямку все ще тривають і практично відсутні будь які реальні технічні системи для забезпечення пропріоцепції в протезах нижніх кінцівок.

В дослідженні проводиться проєктування пропріоцептивної системи, яка грунтується на концепції застосування технологій IoT та машинного навчання із опосередкованим налаштуванням параметрів системи з допомогою смартфона. Для розширення функціональності та стабільності запропоновано ввести в структуру пропріоцептивної системи додаткові модулі, які забезпечують можливість безпровідної передачі сигналів з сенсорів на смартфон, на якому в спеціалізованому додатку буде проводитись налаштування роботи системи в залежності від особливостей впливів зовнішніх факторів, таких, як активність користувача протеза, тип поверхні, по якій рухається користувач, тип використовуваного взуття. Також передбачено можливість індивідуального налаштування користувачем параметрів роботи актуатора чи групи актуаторів, що в перспективі дасть можливість користувачу розрізняти тип поверхонь, по яких він переміщається, без використання зорового контролю. Також запропоновано встановити п'єзоперетворювачі біля рухомих елементів протеза. Такі сенсори додатково сприйматимуть вібрації від переміщень цих елементів і користувач зможе це відчувати з допомогою спеціальних вібротактильних актуаторів.

УДК 681.5
Ю. Атаманчук; Ю. Лещишин, к. т. н.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

МОНІТОРИНГ ТА АДАПТИВНЕ КЕРУВАННЯ РІВНЯ ТОКСИЧНОСТІ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА В АКВАКУЛЬТУРІ

UDC 681.5
Y. Atamanchuk; Y. Leshchyshyn, PhD.

MONITORING AND ADAPTIVE CONTROL OF WATER TOXICITY LEVEL IN AQUACULTURE

Ефективність функціонування установок замкненого водопостачання (УЗВ) безпосередньо залежить від підтримання стабільного гідрохімічного режиму. Серед ключових параметрів якості води критичним є вміст азотовмісних сполук, зокрема аміаку, який є основним продуктом метаболізму гідробіонтів. У промисловій практиці моніторинг часто обмежується вимірюванням загального аміачного азоту (TAN), проте летальний вплив на рибу здійснює лише його неіонізована форма (NH3). Частка цієї токсичної речовини не є статичною, а змінюється за нелінійним законом залежно від температури та водневого показника (pH) середовища [1].

У роботі запропоновано метод автоматизованого керування якістю води, який базується на динамічному розрахунку індексу токсичності. На відміну від класичних порогових алгоритмів, розроблена система прогнозує рівень біологічної небезпеки, використовуючи математичну модель Емерсона:

$$NH_3 = \frac{TAN}{1 + 10^{pK_a - pH}}, \quad (1)$$

де TAN – поточна концентрація загального азоту;
pK_a – константа дисоціації, що залежить від температури води (T).

Для практичної реалізації системи обрано архітектуру розподіленої бездротової сенсорної мережі. На відміну від традиційних дротових рішень, запропонований апаратно-програмний комплекс використовує енергоефективні вузли для збору даних з датчиків та технологію LoRaWAN для їх передачі. Такий підхід дозволяє розгорнути систему моніторингу на значних площах без необхідності прокладання складної кабельної інфраструктури, яка є вразливою до агресивного вологого середовища [2, 3]. Використання бюджетних компонентів та інтеграція з хмарними сервісами забезпечує економічну доцільність впровадження системи навіть у малих фермерських господарствах [4].

Проведене моделювання (рис. 1) підтвердило, що при незмінному рівні загального азоту підвищення температури води з 15°C до 25°C у поєднанні зі зміною pH з 7.0 до 8.0 призводить до експоненційного зростання токсичності[5].

Реалізація запропонованого методу дозволяє перейти від реактивного до предиктивного керування процесами водопідготовки. Інтеграція математичної моделі токсичності безпосередньо у контур керування забезпечує своєчасну активацію виконавчих механізмів ще до настання критичних умов, що мінімізує ризики загибелі гідробіонтів та підвищує загальну надійність системи.

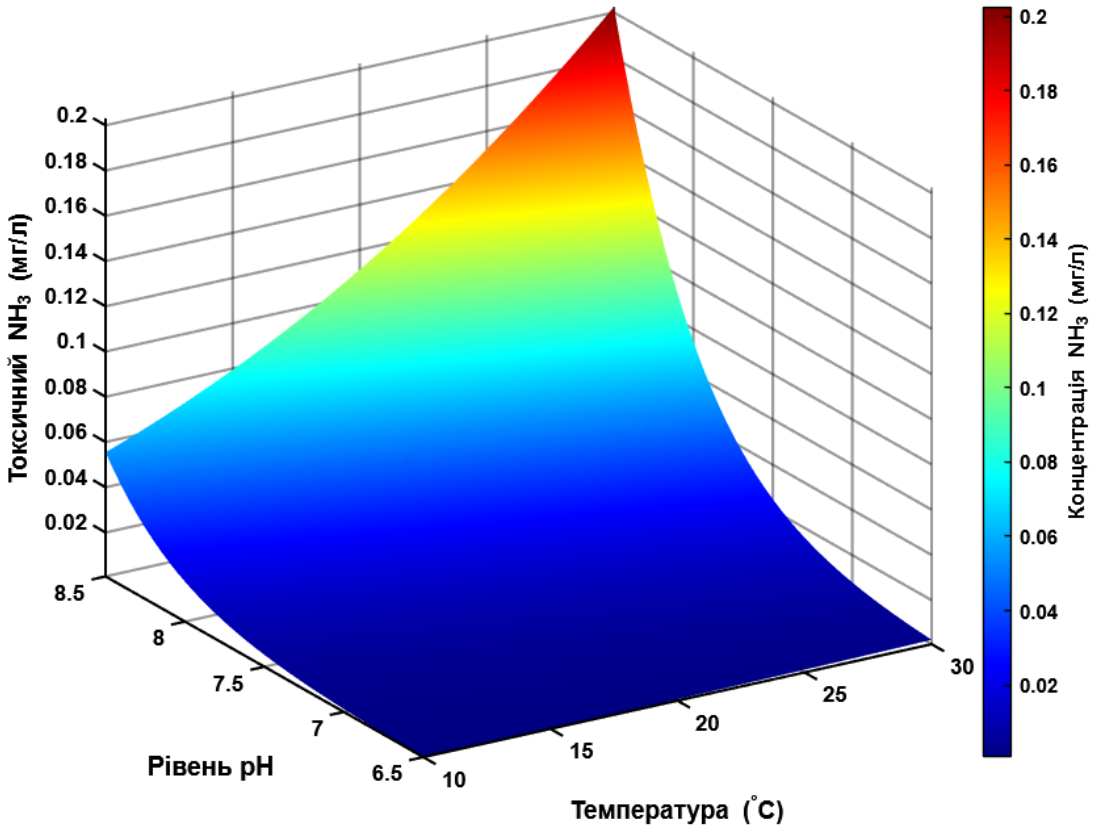


Рисунок 1. Залежність концентрації токсичного NH3 від температури та pH

Література

1. Emerson K., Russo R. C., Lund R. E. Aqueous Ammonia Equilibrium Calculations: Effect of pH and Temperature. Journal of the Fisheries Research Board of Canada. 1975. Vol. 32(12). P. 2379–2383. URL: https://cdnsciencepub.com/doi/10.1139/f75-274.
2. Parra L., Sendra S., García L., Lloret J. Design and Deployment of Low-Cost Sensors for Monitoring the Water Quality and Fish Behavior in Aquaculture Tanks during the Feeding Process. Sensors. 2018. Vol. 18, Iss. 3. 750. URL: https://www.mdpi.com/1424-8220/18/3/750.
3. Al-Naji A., Fadhil H., Chahl J. Water Quality Monitoring System for Fish Farming Based on IoT and Machine Learning. Applied Sciences. 2021. Vol. 11, Iss. 15. 6682. URL: https://www.mdpi.com/ 2076-3417/11/15/6682.
4. Chowdury M. E. H. et al. A Low-Cost IoT-Based Smart Water Quality Monitoring System. Water. 2019. Vol. 11, Iss. 11. 2243. URL: https://www.mdpi.com/2073-4441/11/11/2243.
5. Baena-Navarro R., Carriazo-Regino Y., Torres-Hoyos F., Pinedo-López J. Intelligent Prediction and Continuous Monitoring of Water Quality in Aquaculture: Integration of Machine Learning and Internet of Things for Sustainable Management. Water. 2025. Vol. 17, Iss. 1. 82. URL: https://www. mdpi.com/2073-4441/17/1/82.

УДК 004.89:004.382.7:504.064

І. Бородій; Г. Осухівська, к. т. н., доц.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ПРОЄКТУВАННЯ IoT-СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ МІКРОКЛІМАТУ ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ НА БАЗІ EDGE AI

UDC 004.89:004.382.7:504.064

I. Borodii; H. Osukhivska, PhD., Assoc. Prof.

DESIGNING AN IoT SYSTEM FOR MONITORING AND FORECASTING THE MICROCLIMATE OF RESIDENTIAL PREMISES BASED ON EDGE AI

Сучасна людина проводить до 90% свого часу в приміщеннях, що робить якість внутрішнього повітря критичним фактором впливу на здоров’я та продуктивність. Метою даної роботи є проєктування архітектури системи моніторингу та прогнозування на базі платформи Raspberry Pi 5, яка реалізує концепцію Edge AI. Цей підхід передбачає перенесення аналітичних обчислень безпосередньо на мікрокомп'ютер, що дозволяє створити швидку, приватну та відмовостійку систему попередження про небезпечні стани мікроклімату. Апаратна архітектура включає використання спеціалізованих сенсорів, під’єднаних до Raspberry Pi 5. Зокрема, сенсор Sensirion SCD41 вимірює концентрацію CO_2, мультисенсор Bosch BME688 визначає рівні VOC, газів та запахів, лазерний сенсор Sensirion SPS30 контролює запиленість і кількість дрібнодисперсних частинок. Використання Raspberry Pi 5 дає змогу виконувати локальну обробку даних без передачі у хмару, що гарантує приватність даних користувача. Програмна архітектура системи враховує вимоги до роботи автономних пристроїв. Використовуючи підходи до ефективної обробки масивів даних, характерні для екосистем Big Data [1], запропоновано адаптувати систему Delta Lake для роботи безпосередньо на Raspberry Pi. Це забезпечує ACID-властивості та унеможливлює пошкодження даних під час раптового вимкнення пристрою [2]. Архітектура передбачає використання micro-batching, що оптимізує процес запису та готує дані до обробки алгоритмами машинного навчання.

Для прогнозування динаміки забруднення запропоновано застосування двох моделей машинного навчання: Facebook Prophet і Long Short-Term Memory (LSTM). Prophet використовується для аналізу часових рядів і виявлення періодичності, LSTM моделює складні нелінійні залежності між фізичними параметрами [3]. Для взаємодії з користувачем запропоновано реалізацію веб-дашборду на базі бібліотеки Streamlit, який буде доступний у локальній мережі. Він візуалізує не лише поточні показники, але й згенеровані Edge AI-моделлю прогнози. Такий підхід демонструє можливість створення приватних інтелектуальних систем моніторингу, незалежних від зовнішніх мереж.

Література

1. Borodii I., Fedorovych I., Osukhivska H., Velychko D., Butsii R. Comparative analysis of large data processing in Apache Spark using Java, Python and Scala. In: *Proceedings of the 3rd International Workshop on Computer Information Technologies in Industry 4.0 (CITI 2025)*, 11–12 June 2025, Ternopil, Ukraine, pp. 189–198. URL: https://ceur-ws.org/Vol-4057/paper13.pdf.
2. Armbrust M. et al. Delta lake: High-performance ACID table storage over cloud object stores. *Proceedings of the VLDB Endowment*. 2020. Vol. 13, No. 12. P. 3411–3424.
3. Li X., Peng L., Yao X., Cui S., Hu Y., You C., Chi T. Long short-term memory neural network for air pollutant concentration prediction: Method description and evaluation. Environmental Pollution. 2017. Vol. 231. P. 963–975.

УДК 004.77
А. Деревяний; Б. Павліковський; О. Голотенко, к. т. н, доц.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК МЕРЕЖ НАСТУПНОГО ПОКОЛІННЯ (NGN) ТА ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ (IOT)

UDC 004.77
A. Derevianyi; B. Pavlikovskyi; O. Holotenko, PhD., Assoc. Prof.

INTERRELATION BETWEEN NEXT GENERATION NETWORKS (NGN) AND THE INTERNET OF THINGS (IoT)

Мережі наступного покоління (Next Generation Networks, NGN) – це універсальні пакетні телекомунікаційні мережі на основі IP-протоколу, здатні передавати всі типи даних єдиною інфраструктурою. Інтернет речей (Internet of Things, IoT) натомість – це концепція підключення фізичних об'єктів до мережі Інтернет для збору та обміну даними в режимі реального часу. Сучасні тенденції показують, що стрімке зростання кількості IoT-пристроїв та потреба в обробці великих обсягів даних висувають нові вимоги до мережевої інфраструктури. NGN виникла як відповідь на ці виклики, забезпечуючи високошвидкісну надійну здатну підтримувати масштабні екосистеми IoT.

NGN відіграє ключову роль як основа для розвитку IoT-інфраструктури. Завдяки переходу до повністю IP-орієнтованої архітектури та пакетної передачі даних, NGN уніфікує обмін інформацією між різнорідними пристроями і сервісами. Зокрема, NGN здатна обслуговувати значно більшу кількість підключень одночасно, що є необхідним за умови масової комунікації між пристроями в IoT. Мережі NGN забезпечують зв'язність та керованість, необхідні мільярдам IoT-пристроїв у реальному часі [1].

Архітектури NGN та IoT розроблені таким чином, щоб бути взаємно сумісними та доповнювати одна одну. IoT-система типово має багаторівневу будову. NGN, у свою чергу, пропонує універсальний мережевий рівень на базі IP та розгалужений сервісний рівень, що може підтримувати різні вертикальні застосунки IoT. Міжнародний союз електрозв'язку (ITU) розробив рекомендації, що описують інтеграцію референтної моделі IoT з еволюційною архітектурою NGN [2].

Тісний взаємозв'язок NGN та IoT визначає вектор розвитку телекомунікацій на найближче майбутнє. На горизонті вже вимальовуються мережі шостого покоління (6G), які ще більше розширять можливості для IoT, запропонувавши ще вищі швидкості, менші затримки та вбудований штучний інтелект для розумного керування мережевими ресурсам. Це відкриє шлях до концепції Інтернету всього (Internet of Everything), де пристрої, служби, люди та дані будуть взаємопов'язані через єдину інфраструктуру [1].

NGN та IoT утворюють взаємозалежний тандем, що визначає обличчя сучасних інформаційних технологій. NGN надає фундаментальну мережеву платформу для росту IoT, гарантує надійне з'єднання, управління якістю та масштабованість, без чого неможливе функціонування «розумних» пристроїв у глобальному масштабі.

Література

1. Zreikat, A. I., AlArnaout, Z., Abadleh, A., Elbasi, E., & Mostafa, N. (2025). The Integration of the Internet of Things (IoT) Applications into 5G Networks: A Review and Analysis. Computers, 14 (7), 250.
2. International Telecommunication Union. (2018). ITU-T Recommendation Y.4416 (06/2018): Architecture of the Internet of things based on next generation network evolution. Geneva: ITU. itu.int.

УДК 004.9:626.8
Н. Демчан; Р. Жаровський, к. т. н.
(Тернопільський національний технічний університет імені І. Пулюя, Україна)

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО КОМПЛЕКСУ КОНТРОЛЮ ЗА ВИРОЩУВАННЯ РОСЛИН З УРАХУВАННЯМ ЕВАПОТРАНСПАРАЦІЇ

UDC 004.9:626.8
N. Demchan; R. Zharovskyi, PhD.

ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF THE SOFTWARE AND HARDWARE COMPLEX FOR CONTROL OF PLANT GROWTH WITH INCLUDES OF EVAPOTRANSPIRATION

В умовах глобальних кліматичних змін та зростання вартості ресурсів, підвищення ефективності водокористування стає критичним завданням для агросектору. Традиційні методи автоматизації (таймерні системи) не враховують динаміку мікроклімату, що призводить до нераціональних витрат води та втрати врожайності. Метою роботи є оцінка ефективності розробленої прогностичної системи, що базується на гібридному методі розрахунку евапотранспірації ETc згідно зі стандартом FAO-56[1].

Матеріали та методи. Для верифікації розроблених алгоритмів було проведено серію імітаційних експериментів. Вхідними даними слугували історичні часові ряди метеопараметрів (температура, вологість, сонячна радіація) за вегетаційний період. Порівняння проводилося між розробленою адаптивною системою та контрольною групою.

Результати досліджень. На першому етапі було проаналізовано адекватність роботи математичного ядра системи. Результати моделювання на рисунку 1 підтвердили високу кореляцію між вхідними даними сонячної радіації Rn та розрахованою швидкістю випаровування вологи [2].

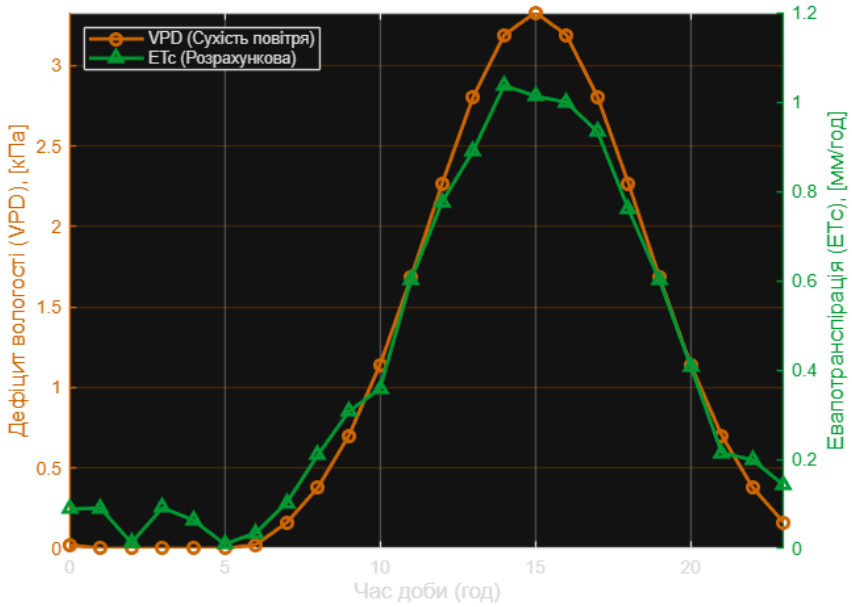


Рисунок 1. Динаміка формування розрахункового значення ETc залежно від радіації

Графік демонструє, що система коректно інтегрує енергетичні та аеродинамічні параметри середовища, забезпечуючи плавний розрахунок вологовтрат без дискретних помилок, характерних для методів усереднення.[3]

Другим етапом стала перевірка стабільності водного режиму ґрунту. Моделювання динаміки виснаження вологи Dr показало, що алгоритм керування надійно утримує вологість у межах норми, що зображено на рисунку 2.

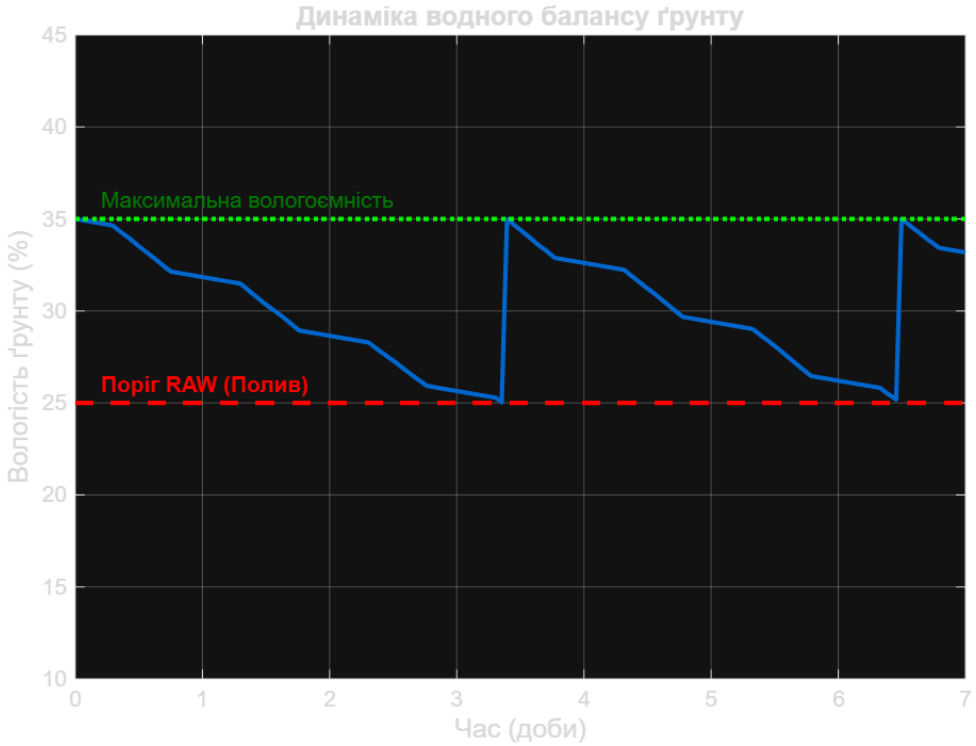


Рисунок 2. Динаміка водного балансу в кореневій зоні

Як видно з графіка, система активує виконавчий механізм (помпу) виключно при досягненні порогу легкодоступної вологи (RAW). Це дозволяє уникнути глибокого пересихання ґрунту, яке є критичним для кореневої системи, та запобігає втратам води через інфільтрацію.

Третім етапом став порівняльний аналіз ресурсної ефективності , що зображено на рисунку 3. Встановлено, що таймерна система витрачає фіксований об'єм води незалежно від погодних умов, що призводить до систематичного перезволоження у похмурі дні.

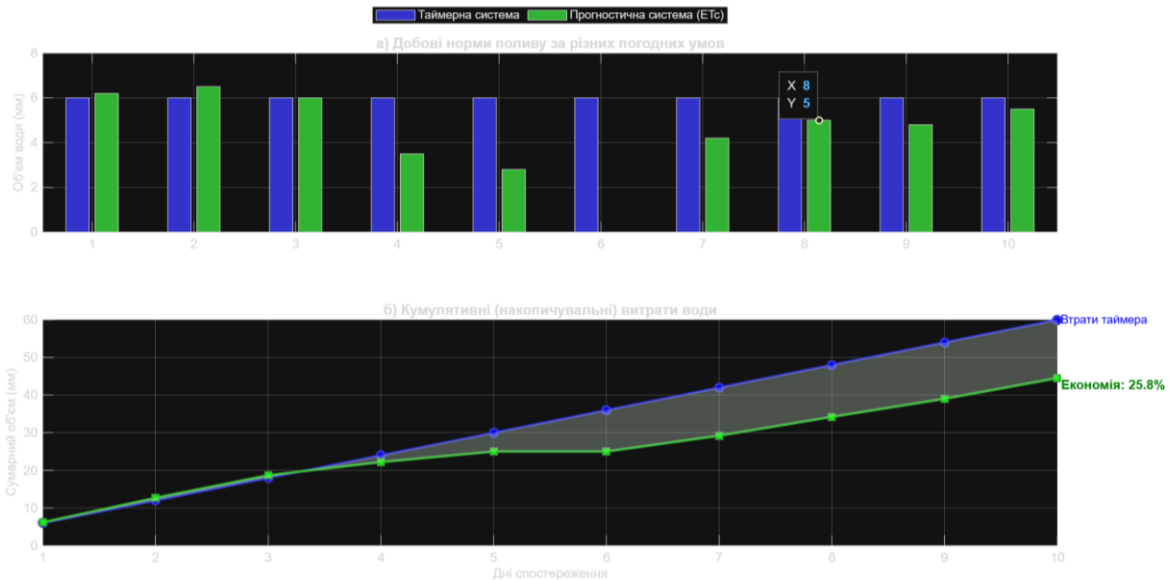


Рисунок 3. Порівняльний аналіз витрат води при різних стратегіях керування

Натомість прогностична система адаптує норми поливу, знижуючи їх у дні з низьким ETc. Розрахунки показали, що такий підхід дозволяє заощадити до 25% водних ресурсів за сезон.

Розроблена система забезпечує стабільні умови для вегетації, що сприяє збільшенню прогнозованої врожайності на 12–15% порівняно з традиційними методами.

Висновки. Результати досліджень свідчать, що впровадження розробленого програмно-апаратного комплексу є економічно та агрономічно обґрунтованим. Запропонована архітектура дозволяє не лише скоротити експлуатаційні витрати, але й повніше реалізувати генетичний потенціал культур завдяки точному дотриманню водного балансу.

Література

1. Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
2. Smith, J. Optimization of Water Usage in Automated Irrigation Systems. Journal of Agricultural Engineering. 2018. P. 201–214.
3. Brown, T., White, K. IoT and Data Analytics for Smart Irrigation. IEEE Transactions on Smart Agriculture. 2020. P. 145–160.

УДК 004.75:004.7
В. Дерягін; М. Дрогобицький; Н. Луцик доктор філософії, доц.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

МЕТОДИ МОНІТОРИНГУ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ ВЗАЄМОДІЇ МІКРОСЕРВІСІВ В ISTIO SERVICE MESH

UDC 004.75:004.7
V. Deriahin; M. Drohobytskyi; N. Lutsyk PhD., Assoc. Prof.

METHODS OF MONITORING AND OPTIMIZATION OF MICROSERVICES INTERACTION IN ISTIO SERVICE MESH

Розподілені мікросервісні системи потребують ефективних механізмів моніторингу та оптимізації міжсервісної комунікації для забезпечення надійності та продуктивності. Istio service mesh надає комплексний інструментарій для вирішення цих завдань без модифікації коду застосунків [1]. Зростання популярності мікросервісної архітектури у хмарних середовищах обумовлює необхідність впровадження спеціалізованих рішень для управління складною мережевою взаємодією між сотнями або тисячами окремих сервісів.

Моніторинг в Istio базується на автоматичному збиранні телеметрії через sidecar-проксі Envoy, які перехоплюють весь трафік між сервісами [2]. Система генерує три типи даних спостережуваності: метрики (latency, traffic volume, error rates), розподілене трасування запитів та логи доступу. Інтеграція з Prometheus забезпечує збір метрик, Grafana – їх візуалізацію, а Jaeger або Zipkin – аналіз трасування запитів через ланцюжки сервісів [1]. Ці інструменти дозволяють операторам ідентифікувати вузькі місця продуктивності та швидко локалізувати причини збоїв у розподілених системах.

Оптимізація взаємодії реалізується через механізми балансування навантаження та забезпечення відмовостійкості. Istio підтримує алгоритми Least Request, Round Robin, Random та Consistent Hash, що конфігуруються через DestinationRule [3]. Механізм Circuit Breaker автоматично обмежує запити до перевантажених сервісів при досягненні лімітів з'єднань (maxConnections) або очікуваних запитів (http1MaxPendingRequests), запобігаючи каскадним відмовам [1].

Outlier Detection доповнює оптимізацію автоматичним виключенням несправних екземплярів з пулу балансування на основі аналізу частоти помилок [3]. VirtualService дозволяє налаштовувати timeouts, retries та розподіл трафіку між версіями сервісів для A/B тестування та canary deployments [2].

Комбінація методів моніторингу та оптимізації в Istio забезпечує повну видимість стану системи та автоматичне реагування на проблеми продуктивності, підвищуючи надійність мікросервісних архітектур [4].

Література

1. Mendonça N.C., Box C., Manolache C., Ryan L., 2021. The Monolith Strikes Back: Why Istio Migrated From Microservices to a Monolithic Architecture. IEEE Software. Vol. 38, No. 5. P. 17–22.
2. Duque A.O., Klein C., Feng J., Cai X., Skubic B., Elmroth E., 2022. A Qualitative Evaluation of Service Mesh-based Traffic Management for Mobile Edge Cloud. IEEE International Symposium on Cluster, Cloud and Internet Computing (CCGrid). P. 210–219.
3. Alshuqayran N., Ali N., Evans R., 2016. A Systematic Mapping Study in Microservice Architecture. 2016 IEEE 9th International Conference on Service-Oriented Computing and Applications (SOCA). P. 44–51.
4. Elkhatib Y., Povedano Poyato J., 2023. An Evaluation of Service Mesh Frameworks for Edge Systems. 6th International Workshop on Edge Systems, Analytics and Networking (EdgeSys '23). ACM, New York, NY, USA. DOI: 10.1145/3578354.3592867.

УДК 681.5
Я. Долгушин; Є. Тиш, к. т. н.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ФУНКЦІОНАЛЬНА МОДЕЛЬ ТА МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ ЗАТРИМОК У ТРАНСЛЯЦІЇ ПРОТОКОЛІВ MODBUS RTU–TCP

UDC 681.5
Y. Dolhushyn; Ie. Tysh, PhD.

FUNCTIONAL MODEL AND METHODS FOR LATENCY OPTIMIZATION IN MODBUS RTU–TCP PROTOCOL TRANSLATION

В умовах модернізації промислових систем автоматизації виникає критична потреба у забезпеченні сумісності між застарілими пристроями, що використовують послідовний протокол Modbus RTU (RS-485/RS-232), та сучасними системами, що базуються на Modbus TCP (Ethernet). Більшість існуючих рішень для інтеграції є або вузькоспеціалізованими апаратними конвертерами, або програмними емуляторами, які не завжди забезпечують гнучкість, необхідну для масштабованих промислових мереж. Основна складність полягає в різниці фізичних рівнів, структур кадрів (наявність CRC в RTU та MBAP-заголовка в TCP) та моделей комунікації (Master-Slave у RTU проти Client-Server у TCP). Такий підхід призводить до фрагментації мережі та ускладнень у моніторингу та управлінні.

Наразі існує потреба у переході до програмно-апаратних шлюзів, які можуть забезпечити двонаправлене, високошвидкісне та надійне перетворення протоколу, об'єднуючи різні інтерфейси в єдину мережу автоматизації.

Доповідь присвячено дослідженню архітектури та розробці функціональної моделі програмно-апаратного шлюзу для безшовної інтеграції мереж Modbus RTU та Modbus TCP, а також визначення методів мінімізації затримок при трансляції протоколу.

Для реалізації функціоналу шлюзу застосовується модель, що описує процес перетворення кадрів протоколу. Ключовим елементом є алгоритм трансляції блоку даних протоколу PDU (Protocol Data Unit), який є спільним для обох версій, та обробка відмінностей у структурах адресних блоків ADU (Application Data Unit).

Динаміка часу обробки запиту (затримка) $T_{latency}$ вводиться як функціональна модель:

$$T_{latency} = T_{RTU} - T_{gateway} + T_{TCP}$$

де T_{RTU} – час, витрачений на комунікацію в мережі RTU (включно з очікуванням відповіді та обробкою CRC); T_{TCP} – час, витрачений на комунікацію в мережі TCP/IP; $T_{gateway}$ – внутрішній час обробки та трансляції кадру шлюзом, що описується як:

$$T_{gateway} = T_{parse} + T_{translate} + T_{forward}$$

де T_{parse} – час розбору вхідного кадру; $T_{translate}$ – час перетворення формату та адресного мапінгу (Modbus Unit ID - IP/Port); $T_{forward}$ – час передачі в цільову мережу.

Запропонований підхід до архітектурного та алгоритмічного забезпечення системи керування дозволить забезпечити ефективну та високошвидкісну інтеграцію промислових мереж. Застосування оптимізованого алгоритму трансляції та механізму керування станом запитів усуне небажані затримки та колізії, характерні для простих конвертерів, що сприятиме створенню єдиної, надійної основи для промислового Інтернету речей (IoT).

УДК 681.5
Я. Долгушин; Є. Тиш, к. т. н.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ АДАПТАЦІЇ ПРОТОКОЛУ MODBUS ДЛЯ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ У СИСТЕМИ IIOT ЧЕРЕЗ ПРОТОКОЛ MQTT

UDC 681.5
Y. Dolhushyn; Ie. Tysh, PhD.

DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR ADAPTING THE MODBUS PROTOCOL FOR DATA TRANSMISSION TO IIOT SYSTEMS VIA MQTT

В епоху Індустрії 4.0 класичні архітектури опитування (polling), характерні для Modbus, стають неефективними при передачі великих масивів телеметрії у хмарні платформи. Виникає протиріччя між синхронною моделлю "Запит-Відповідь" (Modbus) та асинхронною подієво-орієнтованою моделлю "Видавець-Підписник" (MQTT). Пряма трансляція запитів створює надлишкове навантаження на канал зв'язку та збільшує латентність мережі. Актуальним завданням є створення проміжного програмного рівня (Edge Gateway), який забезпечує буферизацію, агрегацію даних та перетворення регістрів Modbus у JSON-структури для MQTT-брокера. Метою роботи є підвищення ефективності передачі даних від польових пристроїв Modbus RTU/TCP до хмарних сервісів шляхом розробки адаптивного алгоритму публікації даних. Запропоновано математичну модель оцінки ефективності стиснення трафіку $E_{traffic}$ при переході від постійного опитування до публікації за зміною (report-by-exception):

$$E_{traffic} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n} V_{MQTT}(t_i)}{\sum_{j=1}^{m} V_{Modbus}(t_j)}$$

де $V_{MQTT(ti)}$ – обсяг даних, переданих при настанні події зміни значення; $V_{Modbus(tj)}$ – обсяг даних при циклічному опитуванні за той самий період часу; n та m – кількість транзакцій для MQTT та Modbus відповідно, де $n << m$.

Для реалізації шлюзу розроблено структуру даних, що ставить у відповідність адресу регістра Modbus (Holding Register) та топік MQTT. Алгоритм передбачає локальне кешування стану регістрів S_{cache} і відправку повідомлення лише за умови:

$$|S_{curr} - S_{cache}| > \Delta_{threshold} ,$$

де S_{curr} – поточне значення; $\Delta_{threshold}$ – зона нечутливості.

Використання запропонованого підходу дозволяє знизити трафік у висхідному каналі на 40–60% та забезпечити інтеграцію застарілого обладнання в сучасні SCADA-системи без зміни апаратної частини.

Література

1. Modbus to MQTT Gateway Architecture for IIoT. *IEEE Internet of Things Journal*. 2023 (дата звернення: 30.11.2025).
2. MQTT Version 5.0. OASIS Standard. URL: https://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v5.0/mqtt-v5.0.html (дата звернення: 30.11.2025).
3. Hanes D., Salgueiro G. IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things. Cisco Press, 2017. (дата звернення: 30.11.2025).

УДК 004.382
Є. Голотенко; Р. Королюк
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

МІКРОКОНТРОЛЕРИ ПРОМИСЛОВОГО ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ: ОГЛЯД АРХІТЕКТУР

UDC 004.382
Y. Holotenko; R. Koroliuk

MICROCONTROLLERS OF INDUSTRIAL INTERNET OF THINGS: ARCHITECTURE OVERVIEW

Мікроконтролери стали невід'ємною частиною промислового інтернету речей (IoT), виступаючи своєрідним «мозком» розподілених систем. Вони не лише збирають дані з сенсорів, а й виконують локальну обробку, керують актуаторами, забезпечують моніторинг технологічних процесів та підтримують безпеку інформації [1]. Надійність і швидкодія IoT-систем значною мірою залежать від архітектури мікроконтролерів, адже навіть потужна платформа може бути неефективною у складних промислових умовах [2].

При виборі мікроконтролера промислового класу оцінюють стійкість до температурних коливань від -40°C до +85°C, вібрацій, електромагнітних завад, а також підтримку промислових протоколів зв'язку (Ethernet, CAN, Modbus, ProfiNET) [2]. Енергоефективність має критичне значення для автономних сенсорних вузлів, тоді як апаратні засоби безпеки криптомодулі, захист прошивки, Secure Boot - стали обов'язковими вимогами [1].

Серед архітектур, які широко використовуються в промисловості, особливе місце займає ARM Cortex-M. Вона охоплює спектр від енергоощадних M0 до високопродуктивних M7, підтримує RTOS, апаратні засоби безпеки та великий набір периферії [3]. Мікроконтролери ESP32 вирізняються вбудованим Wi-Fi/Bluetooth, двоядерною архітектурою та апаратним шифруванням, що робить їх придатними для бездротових вузлів IoT [1]. У простих системах часто застосовують AVR, тоді як Renesas RX/RL78 і TI MSP430 орієнтовані на стабільність і низьке енергоспоживання [4]. Платформи Microchip PIC залишаються популярними для задач керування завдяки широкому набору лінійок [4].

Вибір конкретної архітектури зумовлений балансом між продуктивністю, енергоефективністю, умовами експлуатації та підтримкою промислових стандартів. Тенденції розвитку IoT включають локальну аналітику, підвищені засоби безпеки та активну інтеграцію бездротових рішень [2–4].

Література

1. Industrial Internet of Things enabled technologies, challenges, and future directions. Computers & Electrical Engineering. 2023. Т. 110. С. t. № 109063.
2. Vdovichenko O., Perepelitsyn A. Analysis of product range of microcontrollers for creation of elements of home automation. Automation of Technological and Business Processes. вип. 5 С. 6.
3. Zand N. Design and implementation of intelligent packet filtering in IoT microcontroller-based devices : preprint. 2023. С. 12 .
4. Мазуренко В. Б. Дослідження рівня відповідності мікроконтролера ESP32 міжнародним стандартам з кібербезпеки Інтернету речей. Системні технології. 2024. вип. 3152. С. 7.

УДК 004.932
О. Кобрин; Н. Стадник, к. т. н.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ОЦІНКА КОМП'ЮТЕРНО-ЗОРОВОЇ СИСТЕМИ ВИЯВЛЕННЯ ВІДХИЛЕНЬ У ПРОЦЕСІ FDM-ДРУКУ

UDC 004.932
O. Kobryn; N. Stadnyk, PhD.

EXPERIMENTAL EVALUATION OF A COMPUTER VISION SYSTEM FOR DETECTING DEVIATIONS IN THE FDM PRINTING PROCESS

Робота присвячена експериментальній перевірці комп'ютерно-зорової системи контролю процесу FDM-друку, яка аналізує відеопотік з камери в зоні робочого поля 3D-принтера та класифікує поточний стан друку на кілька типових класів: «нормальний друк», «спагеті», «відлипання моделі», «дефект екструзії» тощо. Основна увага зосереджена на оцінюванні точності виявлення відхилень та впливу структури навчальних даних на результати роботи моделі.

Навчальні вибірки сформовано на основі зображень і кадрів відео FDM-друку, отриманих з різних відкритих ресурсів та власних записів. До датасету увійшли приклади стабільного друку, виражених дефектів та кадри з ранніми проявами відхилень. Проведено дві серії навчання: у першій використано базовий набір із фіксованим ракурсом камери та стандартним масштабуванням зображення до 640×640 пікселів; у другій – розширений датасет з додатковими прикладами початкових стадій дефектів, варіаціями ракурсу й освітлення та уточненим кадруванням робочої зони.

Якість роботи системи оцінювали за показниками mAP@0.5, precision, recall і матрицями неточностей. У першій серії навчання модель продемонструвала інтегральний показник mAP@0.5 на рівні близько 0,8: найвища точність спостерігалася для класів «нормальний друк» та виражених дефектів типу «спагеті», тоді як ранні стадії відлипання моделі від платформи іноді помилково відносилися до нормального стану, що відображалося у характерній плутанині між «пограничними» класами.

У другій серії, після розширення вибірки та корекції схеми попередньої обробки (масштабування й вибір області інтересу), mAP@0.5 зросла до значення порядку 0,85–0,9. Одночасно зменшилася кількість хибних спрацювань і пропусків дефектів: зросла частка правильних класифікацій для класів, пов'язаних із відлипанням моделі й дефектами екструзії, а діагональні елементи матриці неточностей стали більш «щільними» для основних класів, що свідчить про покращення чутливості й селективності моделі щодо відхилень у процесі друку.

Отримані результати підтверджують, що ключовим чинником підвищення ефективності комп'ютерно-зорової системи є різноманітність і репрезентативність навчальних даних, зокрема наявність кадрів із проміжними станами між нормальним друком і сформованим дефектом. Розширення датасету та правильний вибір параметрів обробки зображення дозволяють суттєво покращити показники mAP, precision і recall без помітної втрати швидкодії та демонструють перспективність інтеграції такої системи в практичні засоби віддаленого моніторингу FDM-друку.

Література

1. Cao, M., Fu, L., Ai, F., Zhou, K. An Improved 3D Printing Extrusion Defect Detection Method Based On YOLO-v8. Research Square, 2024. 5-10 ст. Електронний ресурс: https://www.researchgate. net/publication/378727971

УДК 004.056.5 : 004.89
В. Ковальський; Є. Тиш, к. т. н.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ПРОГНОЗУВАННЯ МЕРЕЖЕВИХ АНОМАЛІЙ У ХМАРНОМУ СЕРЕДОВИЩІ З ВИКОРИСТАННЯМ ГЕНЕРАТИВНИХ АЛГОРИТМІВ

UDC 004.056.5 : 004.89
V. Kovalskyi; Ie. Tysh, PhD.

PREDICTION OF NETWORK ANOMALIES IN A CLOUD ENVIRONMENT USING GENERATIVE ALGORITHMS

Стрімкий розвиток хмарних технологій упродовж останніх років суттєво змінив підходи до зберігання, обробки та передачі інформації. Переважна більшість інформаційних ресурсів сьогодні функціонує у розподілених хмарних середовищах, що забезпечують високу доступність, гнучкість та масштабованість обчислювальних процесів. Однак разом із очевидними перевагами такі технології створюють нові виклики у сфері кібербезпеки. Зі зростанням обсягу мережевого трафіку та кількості підключених пристроїв суттєво збільшується і кількість мережевих загроз, які вирізняються складністю, прихованою природою, динамічністю та здатністю до швидкої адаптації.

Традиційні сигнатурні методи виявлення атак, що ґрунтуються на порівнянні мережевих пакетів із відомими шаблонами загроз, в умовах сучасних кіберзагроз поступово втрачають свою ефективність. Такі підходи демонструють низьку здатність до розпізнавання нових, невідомих раніше атак, а також не забезпечують своєчасного реагування на складні багаторівневі атаки. У зв’язку з цим зростає актуальність використання інтелектуальних методів аналізу мережевого трафіку, здатних не лише фіксувати вже відомі загрози, але й прогнозувати потенційні аномальні стани.

У даній роботі досліджується підхід до прогнозування мережевих аномалій на основі генеративних алгоритмів машинного навчання. Генеративні моделі здатні відтворювати складні статистичні та часові закономірності у потоках мережевих даних, що дає змогу формувати реалістичні синтетичні сценарії мережевого навантаження. Такі моделі використовуються для побудови прогнозів нормальної поведінки трафіку, які надалі порівнюються з реальними показниками. Виявлені відхилення між прогнозованими та фактичними значеннями розглядаються як індикатори потенційної аномальної активності або початку кібератаки.

Запропонований підхід реалізується у хмарному середовищі, що забезпечує високу продуктивність обчислень, можливість гнучкого масштабування ресурсів та інтеграцію з існуючими системами моніторингу й кіберзахисту. Використання хмарної інфраструктури дозволяє здійснювати обробку великих обсягів даних у реальному часі, а також підвищує надійність та стійкість системи до збоїв.

Таким чином, поєднання генеративних алгоритмів машинного навчання з можливостями хмарних обчислень створює ефективний інструмент для прогнозування та своєчасного виявлення мережевих аномалій. Це дозволяє підвищити рівень захищеності інформаційних ресурсів, зменшити ризики успішних кібератак та сприяє формуванню сучасних інтелектуальних систем кібербезпеки.

УДК 004.75 : 004.8
В. Ковальський; Є. Тиш, к. т. н.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ПРОГНОЗУВАННЯ АНОМАЛІЙ МЕРЕЖЕВОГО ТРАФІКУ НА ОСНОВІ TIMEGAN У ХМАРНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

UDC 004.75 : 004.8
V. Kovalskyi; Ie. Tysh, PhD.

INTELLIGENT SYSTEM FOR PREDICTING NETWORK TRAFFIC ANOMALIES BASED ON TIMEGAN IN A CLOUD ENVIRONMENT

Сучасні хмарні інфраструктури характеризуються високим рівнем динамічності, частою зміною топології мережі, масштабованістю ресурсів та суттєвою нерівномірністю навантаження. Такі особливості з одного боку забезпечують гнучкість, доступність та ефективність обчислювальних процесів, а з іншого – значно ускладнюють процеси моніторингу та забезпечення мережевої безпеки. Зростання обсягів переданих даних, кількості підключених користувачів і сервісів призводить до появи нових типів загроз, що відзначаються складною структурою, прихованою поведінкою та високим рівнем адаптивності до захисних механізмів.

Традиційні статистичні та сигнатурні методи виявлення мережевих атак, які базуються на порівнянні поточного трафіку з наперед заданими шаблонами або граничними значеннями параметрів, не здатні повною мірою забезпечити необхідну точність в умовах хмарних середовищ. Такі підходи є обмеженими у випадках появи нових, раніше невідомих загроз, а також демонструють низьку ефективність під час виявлення багаторівневих і повільно еволюціонуючих атак. У зв’язку з цим постає необхідність застосування інтелектуальних методів аналізу, заснованих на машинному навчанні та глибоких нейронних мережах.

У даній роботі запропоновано використання генеративної нейронної мережі типу TimeGAN для моделювання часових рядів мережевого трафіку та прогнозування його поведінки. TimeGAN поєднує переваги автокодувальників і генеративно-змагальних мереж, що дозволяє ефективно відтворювати як статистичні характеристики, так і часові залежності у даних. Модель навчається на історичних вибірках трафіку, формує внутрішнє подання його структури та генерує прогнозні значення параметрів мережевої активності.

Процес виявлення аномалій здійснюється шляхом порівняння згенерованих прогнозних даних із реальними потоками трафіку. Суттєві розбіжності між цими значеннями розглядаються як індикатори потенційної аномальної активності або початку кібератаки. Такий підхід дозволяє виявляти не лише вже відомі типи загроз, але й нові, раніше неописані сценарії атак, що є особливо важливим для сучасних хмарних середовищ.

Розроблена інтелектуальна система реалізується у хмарному середовищі, що забезпечує можливість гнучкого масштабування обчислювальних ресурсів залежно від поточного навантаження, а також підтримує обробку великих потоків даних у режимі реального часу. Використання хмарної інфраструктури підвищує надійність системи, забезпечує її доступність та спрощує інтеграцію з існуючими засобами моніторингу й кіберзахисту.

УДК 519.876.5, 612.17
В. Козачок; І. Баран, к. т. н., доц.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ОГЛЯД МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ РЕОКАРДІОСИГНАЛІВ

UDC 519.876.5, 612.17
V. Kozachok; I. Baran, PhD., Assoc. Prof.

A REVIEW OF MATHEMATICAL MODELS OF REHECARDIO SIGNALS

Реокардіосигнал є результатом змін електричного опору тканин грудної клітки, що виникають у процесі роботи серця та кровообігу. Його аналіз дає змогу неінвазивно оцінювати стан серцево-судинної системи, зокрема динаміку кровонаповнення та параметри серцевої діяльності. Для більш точної інтерпретації реокардіосигналу застосовуються різні моделі, які описують фізіологічні, електричні та математичні аспекти формування сигналу. Огляд цих моделей є важливим етапом при розробці методів обробки та оцінювання ритмічної структури реокардіосигналів.

Дана теза стосується огляду моделей реокардіосигналів.

Реокардіографія (реокардіосигнал, РКС) є неінвазивним методом дослідження змін електричного опору біологічних тканин грудної клітки, що виникають унаслідок пульсацій крові під час серцевого циклу. Реокардіосигнал відображає гемодинамічні процеси в серцево-судинній системі та широко застосовується для оцінювання ударного об'єму, серцевого викиду, тонусу судин і функціонального стану міокарда. Для більш глибокого аналізу РКС використовуються різні математичні та фізіологічні моделі, які дозволяють інтерпретувати форму сигналу та його параметри.

Один із найпоширеніших підходів до моделювання реокардіосигналу базується на електричній моделі тканин грудної клітки. У цьому випадку біологічні тканини розглядаються як провідне середовище з комплексним імпедансом, який змінюється залежно від кількості крові в судинах та камерах серця. Така модель зазвичай описується еквівалентною електричною схемою, що складається з опорів і ємностей, які представляють різні типи тканин (м'язи, кров, легені). Зміни імпедансу з часом пов'язують із фазами серцевого циклу (систолою та діастолою), що дозволяє кількісно оцінити параметри кровообігу.

Іншим важливим напрямом є фізіологічні моделі, які враховують механіку роботи серця та великих судин. У таких моделях форма реокардіосигналу пов'язується зі змінами об'єму крові в аорті та шлуночках. Наприклад, у фазу систоли спостерігається швидке зростання амплітуди сигналу, що відповідає викиду крові з лівого шлуночка, а повільніше зниження сигналу - фазі діастолічного наповнення. Ці моделі дають змогу співвіднести окремі характерні точки РКС (піки, перегини, мінімальні значення) з подіями серцевого циклу та часовими інтервалами електрокардіограми.

Окрему групу становлять математичні та сигнал-орієнтовані моделі, у яких реокардіосигнал розглядається як сума гармонічних, імпульсних або випадкових компонентів. Для опису РКС використовуються методи апроксимації (поліноми, сплайни), спектрального аналізу, вейвлет-перетворення та моделі авторегресії. Такі підходи дозволяють досліджувати ритмічну структуру сигналу, виявляти приховані періодичності, особливості варіабельності та аномальні зміни, пов'язані з порушеннями ритму чи гемодинаміки.

Окрім цього існують моделі на основі машинного навчання та нейронних мереж для аналізу реокардіосигналів. Ці методи не потребують жорстко заданих фізіологічних параметрів, а навчаються на великій кількості даних. Вони здатні автоматично класифікувати сигнали, виявляти патологічні зміни та прогнозувати функціональний стан серцево-судинної системи. Проте такі моделі часто є «чорним ящиком», що ускладнює фізіологічну інтерпретацію отриманих результатів.

Підбиваючи підсумки необхідно сказати, що моделі реокардіосигналу можна умовно поділити на електрофізіологічні, фізіологічні та математичні. Кожна з них має свої переваги й

обмеження, а найбільш ефективним є комплексний підхід, який поєднує фізіологічний зміст із сучасними методами цифрової обробки сигналів. Саме такий підхід забезпечує більш точну оцінку параметрів серцево-судинної системи та дозволяє використовувати реокардіографію в клінічній практиці й наукових дослідженнях.

УДК 004.932.2 : 004.4
Р. Кондратюк; Є.Тиш, к. т. н.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

OPENCV ЯК ОСНОВА СУЧАСНИХ СИСТЕМ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ

UDC 004.932.2 : 004.4
R. Kondratiuk; Ie.Tysh, PhD.

OPENCV AS THE BASIS OF MODERN COMPUTER VISION SYSTEMS

OpenCV є однією з ключових технологій, які визначають прогрес у галузі сучасних систем комп'ютерного зору. Це універсальна відкрита бібліотека, розроблена для ефективної роботи з обробкою зображень і відео, що охоплює широкий спектр завдань – від базової фільтрації до складних алгоритмів розпізнавання об'єктів і аналізу сцен. Її популярність зумовлена багатофункціональністю, високою продуктивністю та доступністю для різних розробників. Завдяки відкритому вихідному коду OpenCV активно вдосконалюється глобальною спільнотою, що дає змогу швидко впроваджувати нові алгоритми та сучасні рішення у сфері комп'ютерного зору.

Однією з ключових переваг OpenCV є її кросплатформність. Бібліотека стабільно функціонує на Windows, Linux, macOS, а також підтримує мобільні платформи Android і iOS. До того ж, вона активно застосовується в embedded-рішеннях на базі таких одноплатних комп'ютерів, як Orange Pi, Raspberry Pi чи Nvidia Jetson. Завдяки оптимізованим алгоритмам, апаратному прискоренню та ефективній роботі з потоковим відео, OpenCV дозволяє виконувати обробку зображень у реальному часі навіть на пристроях із низькою продуктивністю. Це робить її незамінною для безпілотників, систем відеоспостереження, робототехніки, автономного транспорту та інтелектуальних IoT-систем.

OpenCV відіграє ключову роль у розвитку систем штучного інтелекту, орієнтованих на периферійні пристрої. У поєднанні з малопотужними процесорами та одноплатними комп'ютерами ця бібліотека забезпечує виконання складних алгоритмів аналізу зображень без необхідності постійного підключення до хмарних сервісів. Такий підхід, широко відомий як edge-computing, дозволяє мінімізувати затримки, підвищити автономність систем та забезпечити конфіденційність даних – аспекти, що мають особливе значення у сферах відеоаналітики, безпеки, управління дронами та розробки медичних пристроїв. OpenCV виступає ефективним інструментом для досягнення балансу між продуктивністю обчислень і доступністю рішень, відкриваючи можливості для створення інтелектуальних систем там, де використання традиційних серверних технологій є недоцільним або неможливим.

Не менш значущою є роль OpenCV у сфері освіти та наукових досліджень. Завдяки інтуїтивно зрозумілому інтерфейсу, широкому спектру навчальних ресурсів і відкритості для експериментування бібліотека стала стандартом де-факто для викладання комп'ютерного зору в університетах і технічних навчальних закладах. Вона надає можливість студентам швидко переходити від теоретичних концептів до вирішення практичних задач, зокрема розпізнавання об'єктів, створення систем відеоспостереження чи розробки автономних роботів.

Таким чином, OpenCV є основою багатьох сучасних рішень у сфері комп'ютерного зору. Вона вирізняється відкритістю, високою продуктивністю, гнучкістю й багатофункціональністю, надаючи можливість реалізувати як прості, так і складні алгоритми для аналізу візуальної інформації. Її впровадження є важливим кроком для розробників, які прагнуть створювати ефективні, адаптивні та інтелектуальні системи, здатні працювати в режимі реального часу та вирішувати завдання різної складності.

УДК 004.932
Р. Кондратюк; Є.Тиш, к. т. н.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

МАШИННИЙ ЗІР: СУТНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЇ, ПРИНЦИПИ РОБОТИ ТА СФЕРИ ЗАСТОСУВАННЯ

UDC 004.932
R. Kondratiuk; Ie.Tysh, PhD.

MACHINE VISION: THE ESSENCE OF THE TECHNOLOGY, PRINCIPLES OF OPERATION AND AREAS OF APPLICATION

Машинний зір є однією з ключових технологій сучасного світу, що поєднує алгоритми комп'ютерного зору, штучного інтелекту та цифрової обробки сигналів для автоматичного аналізу візуальної інформації. Це здатність технічної системи "бачити" та інтерпретувати зображення або відео аналогічно до того, як це робить людський зір, але з набагато більшою точністю, швидкістю та здатністю працювати в умовах, де людині складно або неможливо ефективно діяти. Машинний зір дозволяє технічним пристроям отримувати уявлення про навколишнє середовище, розпізнавати об'єкти, контролювати процеси та ухвалювати рішення без участі людини.

Функціонування систем машинного зору базується на кількох ключових етапах. Спочатку камера або інший сенсор отримує візуальні дані, які перетворюються у цифровий сигнал. Далі ці дані проходять попередню обробку – корекцію, фільтрацію, нормалізацію освітлення, виділення контурів та важливих ознак. Наступним етапом є аналіз зображення: система ідентифікує об'єкти, вимірює їх параметри, визначає просторові співвідношення та динаміку руху. На фінальному етапі отримана інформація використовується для ухвалення рішень: наприклад, робот змінює траєкторію руху, виробнича лінія зупиняється у разі виявлення дефекту, або безпілотний літальний апарат коригує курс.

Особливу роль у розвитку машинного зору відіграє використання алгоритмів штучного інтелекту та глибинного навчання. Завдяки нейронним мережам системи здатні розпізнавати об'єкти з високою точністю, навіть у складних умовах: при поганій видимості, сильному шумі, високих швидкостях руху або значних варіаціях форми й освітлення. Сучасні моделі, такі як YOLO, RetinaNet чи EfficientDet, працюють у реальному часі та дозволяють системам машинного зору виконувати задачі, що раніше були доступні лише людині. Інтеграція edge-computing дає змогу виконувати аналіз безпосередньо на пристрої, забезпечуючи автономність і зменшуючи залежність від зовнішніх серверів.

Машинний зір має широке застосування у промисловості, логістиці, медицині, сільському господарстві, у сферах транспорту та безпеки. Окремого особливого на сьогоднішній день значення технологія набуває у сфері робототехніки та безпілотних літальних апаратів. Дрони з машинним зором здатні автономно орієнтуватися в просторі, будувати карти місцевості, виявляти об'єкти, виконувати трекінг та ухвалювати рішення в режимі реального часу. Такі системи стають основою для моніторингу територій, пошуково-рятувальних операцій, інспекції інфраструктури та виконання складних автономних місій.

Таким чином, машинний зір є фундаментальною технологією, яка формує новий рівень автоматизації й інтелектуалізації технічних систем. Він дозволяє створювати пристрої, здатні розуміти навколишній світ, ухвалювати рішення на основі візуальних даних та виконувати задачі, які ще кілька десятиліть тому вважалися виключно людськими.

УДК 681.5
М. Конотопський; Ю. Лещишин, к. т. н.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО КОМПЛЕКСУ КОНТРОЛЮ ЗА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯМ З УРАХУВАННЯМ ПОГОДНИХ УМОВ

UDC 681.5 UDC
M. Konotopskyi; Y. Leshchyshyn, PhD.

ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF THE SOFTWARE AND HARDWARE COMPLEX FOR HEAT SUPPLY CONTROL CONSIDERING WEATHER CONDITIONS

В умовах зростання вартості енергоносіїв та необхідності підвищення енергоефективності будівель, критичним завданням стає модернізація систем керування індивідуальними тепловими пунктами. Традиційні двопозиційні регулятори не здатні забезпечити високу точність підтримки температури через значну інерційність опалювальних систем. Метою роботи є оцінка ефективності розробленої дворівневої системи керування, що поєднує супервізорний контур на основі погодних даних та виконавчий контур на базі ПІ-регулятора, реалізованого на мікроконтролері ESP32 [1].

Для верифікації розроблених алгоритмів було проведено серію імітаційних експериментів у середовищі MATLAB. Дослідження включало перевірку коректності розрахунку робочої точки за опалювальною кривою та аналіз перехідних процесів при стрибкоподібній зміні завдання.

На першому етапі було проаналізовано адекватність роботи супервізорного контуру. Результати моделювання підтвердили лінійну залежність розрахованої температури подачі теплоносія *Tset* від температури зовнішнього повітря *Tout* для різних коефіцієнтів нахилу кривої.

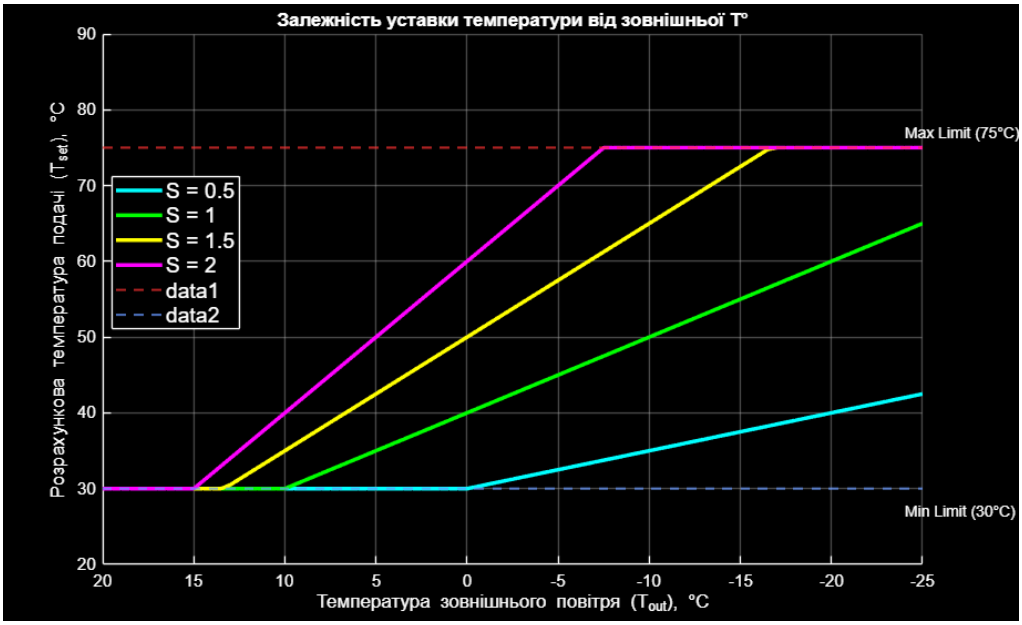


Рисунок 1. Залежність уставки температури теплоносія від зовнішньої температури

Графік демонструє, що система коректно адаптує температуру носія, забезпечуючи захисні обмеження для запобігання аварійним режимам роботи обладнання.

Другим етапом стала перевірка динамічних характеристик виконавчого контуру.

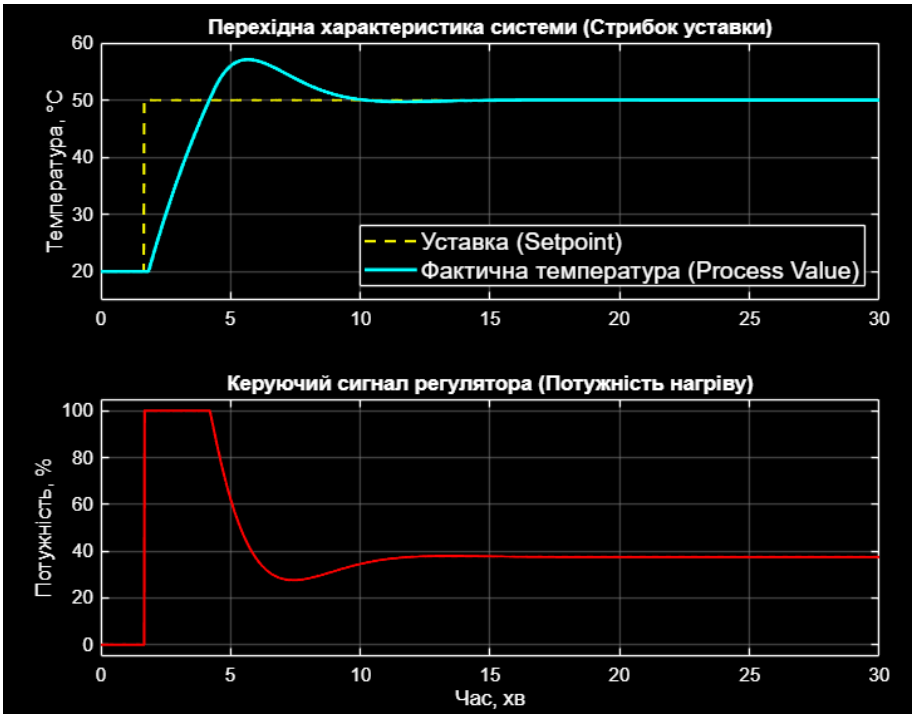


Рисунок 2. Перехідна характеристика системи

Як видно з графіка, система виходить на заданий режим без перерегулювання. Використання широтно-імпульсної модуляції дозволило плавно керувати потужністю дискретного нагрівача (червона лінія), знижуючи її по мірі наближення до цільової температури (синя лінія). Це усуває проблему автоколивань, характерну для простих термостатів [2].

Третім етапом став аналіз стійкості до зовнішніх збурень. Встановлено, що система оперативно компенсує втрати тепла, автоматично збільшуючи потужність нагріву.

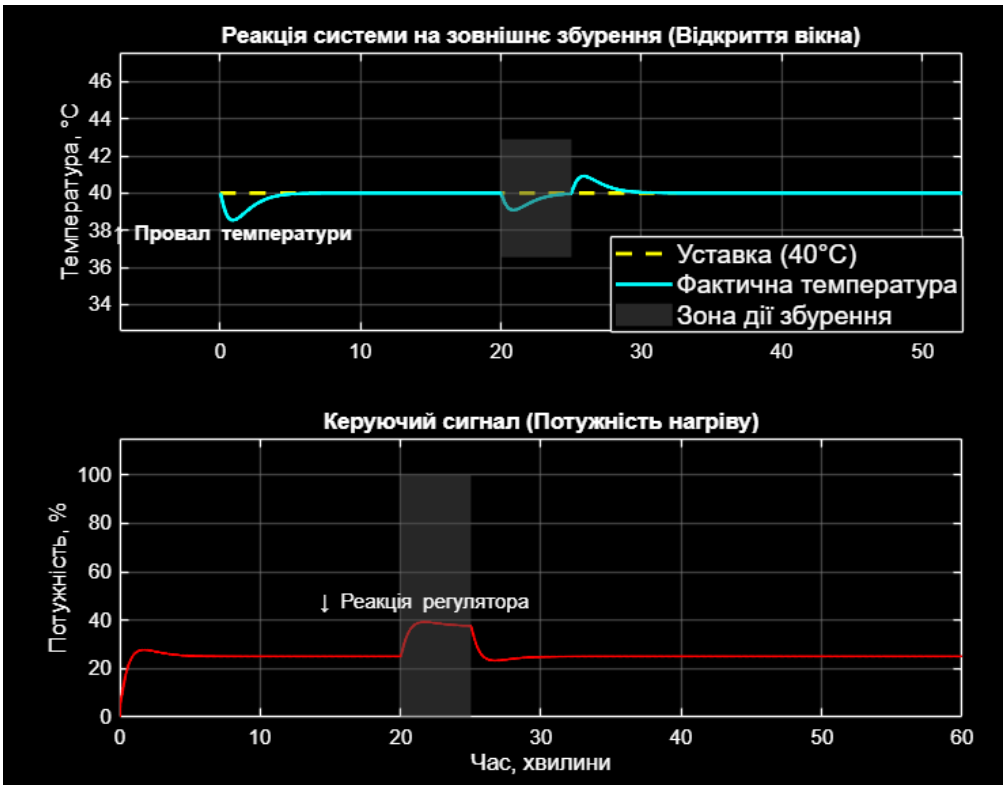


Рисунок 3. Реакція системи керування на зовнішнє збурення

Система повертає температуру до заданого рівня за прийнятний час, мінімізуючи дискомфорт для користувачів [3, 4].

Результати досліджень свідчать, що впровадження розробленого програмно-апаратного комплексу дозволяє повністю автоматизувати процес теплопостачання. Поєднання погодозалежного керування та ПІ-алгоритму забезпечує точність регулювання та економію енергоресурсів за рахунок усунення перегрівів приміщення.

Література

1. National Instruments. PID Theory Explained [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.ni.com/en-us/shop/labview/pid-theory-explained.html (дата звернення: 09.12.2025).
2. Espressif Systems. ESP32 Technical Reference Manual [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_technical_reference_manual_en.pdf (дата звернення: 09.12.2025).
3. Viessmann. Heating curve: How to adjust it properly [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.viessmann.co.uk/heating-advice/heating-curve (дата звернення: 09.12.2025).
4. OpenWeather. Weather API - OpenWeatherMap [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://openweathermap.org/api (дата звернення: 09.12.2025).

УДК 681.5
Б. Котельніков; І. Козбур; Г. Козбур, к. т. н., доц.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ВІДЕОКОНФЕРЕНЦІЙ

UDC 681.5
B. Kotelnikov; I. Kozbur; H. Kozbur, PhD., Assoc. Prof.

RESEARCH ON MODERN AUTOMATION TOOLS FOR VIDEO CONFERENCING

Сучасні засоби автоматизації, котрі використовуються для проведення відео конференцій, набули широкого застосування, особливо в корпоративному середовищі. Технології, що ще кілька років тому були новинкою, сьогодні є необхідністю для забезпечення якісного відеозв'язку. Окрім платформ для проведення відеоконференцій, існують також системи керування навчальними матеріалами (LCMS), які інтегруються з ними для покращення навчального процесу. Розвиток цих інструментів спрямований на спрощення комунікації та підвищення її ефективності.

Інструменти автоматизації для відеоконференцій зазнали активного розвитку завдяки використанню сучасної мікропроцесорної техніки. Технології котрі використовуються для автоматизації забезпечують високу якість проведення онлайн-зустрічей, підвищують їх продуктивність. Популярні платформи, такі як Zoom, Google Meet та MS Teams, інтегрують подібні функції автоматизації для покращення користувацького досвіду та доступності. Це відкриває нові можливості для ефективнішого їх використання.

У даній роботі об’єктом дослідження є процес апаратно-програмної взаємодії між спеціалізованим мікроконтролерним пристроєм для управління програмним забезпеченням відео конференцій та персональним комп’ютером. Відповідно дослідженню підлягали його характеристики та показники ефективності пристроїв, розроблених для проведення відео конференцій, такі як:

1) надійність передачі команд, обчислена як відсоток успішних спрацювань «гарячих клавіш» при натисканні кнопок на пристрої;

2) сумісність (крос-платформеність), тобто здатність пристрою коректно функціонувати з різними операційними системами (Windows, MacOS, Linux) та цільовими програмами (Zoom, Teams, Google Meet);

3) ефективність програмного усунення "брязкоту" контактів, яку знаходили як відсутність хибних або подвійних спрацювань при одноразовому натисканні кнопки;

4) час відгуку, тобто затримка між фізичним натисканням кнопки на пристрої та виконанням відповідної дії у програмі.

Дослідження проводились шляхом прямого експерименту. Прототип пристрою підключався до тестового стенду. Оператор активує відповідну програму відео конференції, починає «тестову» зустріч та виконує тестові сценарії.

У ході досліджень було експериментально доведено, що використання мікроконтролера з підтримкою USB HID (зокрема ATmega32U4) є оптимальним рішенням для створення універсальних крос-платформених пристроїв-маніпуляторів для проведення та обслуговування відеоконференцій. Дослідження підтвердили, що програмні методи фільтрації «брязкоту» контактів, котрі базуються на аналізі часу натискання, є надійною та ресурсоефективною альтернативою апаратним RC-ланкам у низькошвидкісних пристроях введення.

УДК 004.932.2
В. Кравчик
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

АВТОМАТИЧНЕ РОЗПІЗНАВАННЯ ДТП У СИСТЕМАХ ВІДЕОМОНІТОРИНГУ НА ОСНОВІ АЛГОРИТМІВ МАШИННОГО ЗОРУ

UDC 004.932.2
V. Kravchyk

AUTOMATED ROAD TRAFFIC ACCIDENT RECOGNITION IN VIDEO MONITORING SYSTEMS USING COMPUTER VISION ALGORITHMS

У сучасних умовах розвитку інтелектуальних транспортних систем особливу актуальність набуває задача автоматичного виявлення дорожньо-транспортних пригод на основі відеоданих. Традиційні системи відеоспостереження переважно виконують лише функцію фіксації подій, що не забезпечує оперативного реагування на аварійні ситуації. Це зумовлює необхідність впровадження інтелектуальних методів аналізу відеопотоків із використанням алгоритмів глибинного навчання.

Метою даного дослідження є розроблення системи автоматичного виявлення ДТП на основі методів комп'ютерного зору, здатної працювати у режимі реального часу. У роботі використано згорткові нейронні мережі сімейства YOLO для детекції об'єктів дорожньої сцени, а також алгоритми трекінгу для аналізу динаміки руху транспортних засобів.

Розроблена система реалізована мовою програмування Python із застосуванням бібліотек OpenCV, Ultralytics YOLO та засобів роботи з базами даних для збереження метаданих аварійних подій. Вхідними даними є відеопотоки з камер дорожнього спостереження або відеофайли. У процесі обробки виконується детекція транспортних засобів, відстеження їхніх траєкторій, аналіз аномальної поведінки та ідентифікація можливих зіткнень.

Експериментальну перевірку системи проведено з використанням тестового набору відеоданих, що містить як стандартні сценарії руху, так і аварійні ситуації. Система з високою точністю дозволить визначати більшість типових ДТП, зокрема зіткнення між транспортними засобами та аварії з участю велосипедистів. При цьому забезпечується прийнятна швидкодія для роботи в режимі реального часу.

Запропонований підхід пропонує ефективне застосування методів глибинного навчання для автоматизації процесів моніторингу дорожнього руху. Розроблена система може бути використана як складова сучасних інтелектуальних транспортних платформ для підвищення рівня безпеки дорожнього руху та оптимізації роботи служб оперативного реагування.

УДК 004.932.2
В. Кравчик; Г. Осухівська, к. т. н., доц.
(Тернопільський національний технічний університет імені І. Пулюя, Україна)

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ВИЯВЛЕННЯ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИМИ СИСТЕМАМИ ВІДЕОНАГЛЯДУ

UDC 004.932.2
V. Kravchyk; G. Osukhivska. PhD., Assoc. Prof.

METHODS AND MEANS OF DETECTING ROAD TRAFFIC ACCIDENTS USING COMPUTERISED VIDEO SURVEILLANCE SYSTEMS

У сучасних містах камери відеоспостереження є важливою складовою систем контролю дорожнього руху, проте здебільшого вони лише фіксують відео без можливості автоматичного аналізу подій. За таких умов оперативне виявлення дорожньо-транспортних пригод покладається на людський фактор, що може призводити до затримок реагування та зменшення ефективності роботи відповідних служб. Тому виникає потреба у створенні інтелектуальних підходів, здатних автоматично розпізнавати ознаки ДТП за допомогою технологій комп'ютерного зору.

Основною метою роботи є дослідження сучасних методів машинного зору та розроблення алгоритмічного рішення, яке дозволяє визначати факт дорожньо-транспортної пригоди у відеопотоці, що надходить від комп'ютеризованих систем відеонагляду.

У межах дослідження проаналізовано актуальні підходи до обробки відеоданих, зокрема моделі глибинного навчання, такі як YOLO та інші представники сімейства згорткових нейронних мереж. Розглянуто ключові характеристики, за якими можна виявити потенційну аварію: нестандартні зміни траєкторій руху транспортних засобів, раптове гальмування, зіткнення об'єктів або поява фрагментів ушкоджень на дорозі.

На основі аналізу сформовано архітектуру системи, що включає модуль виявлення транспортних засобів, блок аналізу поведінкових аномалій та механізм сповіщення про підозрілу подію. Для забезпечення роботи в режимі реального часу застосовано оптимізовані моделі нейронних мереж та методи попередньої обробки кадрів, що підвищують продуктивність системи.

Перевірку працездатності розробленого підходу здійснено на реальних відеофрагментах дорожніх камер, де присутні як звичайні ситуації, так і сцени з аваріями. Під час експериментів встановлено, що комбінація згорткових нейронних мереж з аналізом траєкторій руху забезпечує високу точність автоматичного визначення більшості типів ДТП.

Отримані результати підтверджують доцільність інтеграції методів комп'ютерного зору в системи відеоспостереження, а запропонований підхід може слугувати основою для вдосконалення інфраструктури моніторингу дорожнього руху та підвищення рівня безпеки на транспортних магістралях.

УДК: 004.272:004.738.5
І. Лемега, Р. Королюк
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ОГЛЯД МІКРОКОНТРОЛЕРІВ, ПРИЗНАЧЕНИХ ДЛЯ СИСТЕМ РОЗУМНОГО ДОМУ

UDC: 004.272:004.738.5
I. Lemega; R. Koroliuk

REVIEW OF MICROCONTROLLERS FOR SMART HOME SYSTEMS

Системи розумного дому стрімко стають важливою частиною сучасного побуту. Основою таких систем є мікроконтролери – компактні обчислювальні пристрої, здатні керувати сенсорами та виконавчими механізмами [1].

При виборі мікроконтролера враховуються частота процесора, обсяг пам’яті, кількість входів/виходів та підтримка бездротових протоколів (Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, LoRa). ESP8266/ESP32 добре підходять для складних IoT-проєктів із хмарною інтеграцією, тоді як Arduino - для локальних автономних систем [2].

Для масштабованих рішень використовуються протоколи MQTT, Zigbee/Z-Wave або HTTP/REST API, що забезпечують ефективний обмін даними з низьким енергоспоживанням [3]. Мікроконтролери дозволяють реалізовувати адаптивні системи керування освітленням, опаленням, вентиляцією та безпекою, аналізуючи дані від сенсорів у реальному часі та автоматично регулюючи роботу пристроїв.

Smart Garden - приклад розширення концепції розумного дому для зимових садів. Система керує поливом, освітленням та вентиляцією, використовуючи дані сенсорів ґрунту та клімату, забезпечуючи дистанційний або локальний контроль [4].

Інтеграція мікроконтролерів із хмарними сервісами та протоколами IoT дозволяє збирати та зберігати історичні дані. Завдяки цьому створюються системи, які не лише автоматизують управління побутовими пристроями, а й забезпечують адаптивність та гнучкість у використанні, підвищуючи комфорт і безпеку мешканців [1–4].

Сучасні розумні будинки також передбачають інтеграцію систем енергоменеджменту, що дозволяють відслідковувати споживання електроенергії, автоматично регулювати роботу побутових приладів і оптимізувати витрати. Використання мікроконтролерів у поєднанні з алгоритмами штучного інтелекту та машинного навчання відкриває можливості прогнозування поведінки мешканців та адаптації систем під їхні потреби [2, 4].

Отже, мікроконтролери відіграють ключову роль у побудові систем розумного дому, забезпечуючи автоматизацію, адаптивність, енергоефективність та підвищення рівня безпеки [1–4].

Література

1. Awan K., Khan M., Rehman S. IoT-Based Intelligent Home Automation Using ESP32 and Cloud Platforms. IEEE Access. 2022. T. 10. C. 101425.
2. Cerqutte J., Lee S. Lightweight Protocols for IoT: A Comparative Analysis of MQTT, CoAP, Zigbee, and Z-Wave. ACM Computing Surveys. 2023. T. 55, вип. 11. C. 116.
3. Nguyen M.-T., Nguyen H.-T., Huynh T.-T. Smart Home Environmental Monitoring System Based on IoT Microcontrollers. Sensors. 2023. T. 23, вип. 4. C. 1810.
4. Roy S., Das P. IoT-Based Smart Garden Monitoring System Using ESP32. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. 2023. T. 13, вип. 4. C. 230.

УДК 004.4
Р. Лесик
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ДОСЛІДЖЕННЯ АДАПТИВНИХ АЛГОРИТМІВ РЕГУЛЮВАННЯ КОГНІТИВНОГО НАВАНТАЖЕННЯ У ВЕБТРЕНАЖЕРІ ПАМ'ЯТІ

UDC 004.4
R. Lesyk

RESEARCH ON ADAPTIVE ALGORITHMS FOR COGNITIVE LOAD REGULATION IN A WEB MEMORY TRAINER

Розробка вебтренажерів пам'яті з адаптивним регулюванням складності завдань передбачає динамічне підлаштування рівня завдань відповідно до продуктивності користувача. Алгоритми аналізують час реакції, точність відповідей та частоту помилок, що дозволяє коригувати тренувальний процес у реальному часі та прогнозувати продуктивність користувача [1].

Математичні моделі оцінюють ймовірність правильної відповіді та динаміку результатів. На їх основі формується адаптивний алгоритм, який регулює складність завдань та оптимізує когнітивне навантаження. Використання принципів алгоритму Хаффмана дозволяє впорядкувати завдання за частотою та складністю, забезпечуючи швидкий доступ до необхідної інформації [2].

Вебтренажер з адаптивним алгоритмом включає модулі обробки даних користувача, генерації та відбору завдань, аналізу результатів та корекції рівня складності. Дані про виконання завдань структуровано зберігаються, що дозволяє алгоритму швидко визначати наступне завдання та коригувати тренувальний процес у реальному часі. Подібна архітектура забезпечує масштабованість системи та відкриває можливості для інтеграції додаткових методів штучного інтелекту та машинного навчання для прогнозування продуктивності [3].

Експериментальна оцінка алгоритму передбачає аналіз точності відповідей та швидкості реакції користувачів. Порівняння з традиційним статичним підходом показує переваги адаптивного регулювання складності та рівномірного розподілу когнітивного навантаження, підвищуючи ефективність тренувань.

Перевагами підходу є персоналізація тренувальних сесій, оптимізація ресурсів та інтеграція додаткових алгоритмів аналізу продуктивності. Водночас виклики залишаються: складність побудови адаптивних моделей, обробка великого обсягу даних та забезпечення безпеки інформації. Подальші дослідження можуть зосередитися на вдосконаленні кодування завдань та інтеграції нових методів адаптації [4].

Література

1. Алгоритми та структура даних [Електронний ресурс] : https://dou.ua/lenta/articles/what-you-should-know-about-algorithms/. Доступ до ресурсу: 09.12.2025.
2. Дослідження оптимального коду Хоффмана [Електронний ресурс] : https://naurok.com.ua/metodichni-vkazivki-schodo-vikonannya-praktichno-roboti-doslidzhennya-optimalnogo-kodu-haffmana-359165.html / Доступ до ресурсу: 09.12.2025.
3. Ден Гасфілд. Integer Linear Programming in Computational and Systems Biology: An Entry-Level Text and Course / Ден Гасфілд, 2019 – с. 428 (Лінійне програмування).
4. Структури даних та алгоритми [Електронний ресурс] : https://studfile.net/preview/10025806/page:21/. Доступ до ресурсу: 09.12.2025.

УДК 004.93
А. Луцків к. т. н., доц.; Д. Гаврада
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

АНАЛІЗ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ БІОМЕТРИЧНИХ СИСТЕМ ЗА ТИПАМИ ОЗНАК

UDC 004.93
A. Lutskiv PhD., Assoc. Prof.; D. Havrada

ANALYSIS AND CLASSIFICATION OF BIOMETRIC SYSTEMS BY FEATURE TYPES

Розвиток мікропроцесорних систем, сенсорних технологій і методів штучного інтелекту зробив можливим використання біометрії не лише у великих корпоративних структурах, а й у побутових пристроях, зокрема, смартфонах, банкоматах, системах «розумний дім» тощо.

Методи біометричної ідентифікації поділяють за двома основними критеріями:

– за природою ознак – фізіологічні та поведінкові;

– за способом аналізу – одноканальні (монобіометричні) та багатоканальні (мультимодальні).

До фізіологічних характеристик при біометричній ідентифікації людини належать характеристики, які пов’язані з її анатомічними властивостями. До них входять: геометрія обличчя, відбитки пальців, сітківка, райдужна оболонка ока, форма вуха, структура вен.

Поведінкові характеристики відображають динаміку дій, які можуть включати почерк, ходу, голос, ритм натискання клавіш тощо.

На рис. 1 показано деталізовану класифікацію біометричних методів ідентифікації та відповідних систем за типами ознаками людини.

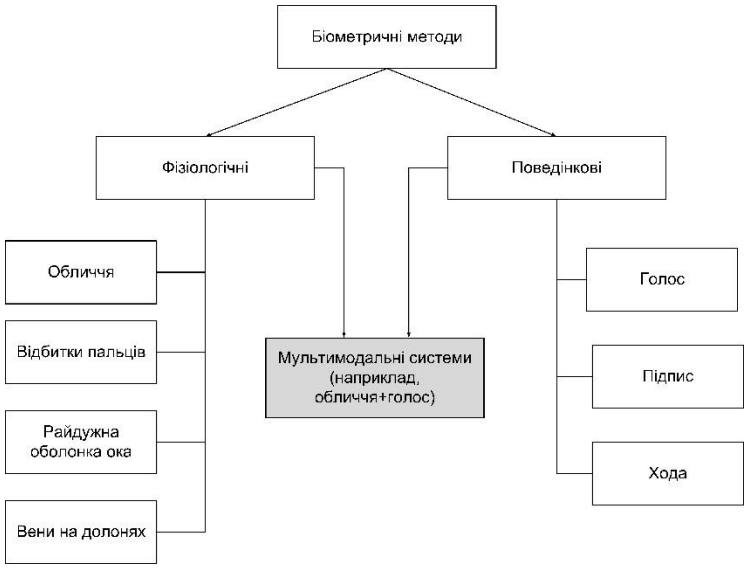


Рисунок 1. Класифікація біометричних систем за типами ознак

На сьогодні розроблено досить багато різних методів, які дозволяють проводити біометричну ідентифікацію особи на основі її фізіологічних властивостей. Однак найбільш перспективним з них є мультимодальний підхід, що поєднує як фізіологічні, так і поведінкові особливості людини.

УДК 004.75
А. Луцків к. т. н, доц.; В. Комарницький
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТА ВІДДАЛЕНОГО ОНОВЛЕННЯ ІОТ-ПРИСТРОЇВ

A. Lutskiv PhD., Assoc. Prof.; V. Komarnytskyi

DESIGN OF A MONITORING AND REMOTE UPDATE SYSTEM FOR IOT DEVICES

Проєктування системи моніторингу, прогнозування та віддаленого оновлення стану IoT-пристроїв потребує формування цілісної архітектури, що поєднує апаратну, програмну та мережеву складові. Вона повинна забезпечувати безперервний збір телеметрії, обробку даних у режимі реального часу, можливість виконання OTA-оновлень та зручне масштабування. Окрім цього, система моніторингу повинна забезпечувати такі критерії якості як висока надійність і відмовостійкість, а також безпека комунікацій.

Будь-яка система моніторингу стану IoT-пристроїв у DevOps-парадигмі складається щонайменше з трьох функціональних рівнів. Перший рівень – це рівень пристроїв (Device Layer), який включає сенсори, мікроконтролери, мікрокомп'ютери та виконавчі механізми. На цьому рівні формуються пакети телеметричних даних та виконується початкова обробка.

Наступний рівень – периферійний рівень. Він реалізує агрегацію даних, буферизацію, попередню аналітику, розподілення навантаження та обробку подій, що важливо для зниження трафіку та затримок.

Третій рівень пов'язаний з хмарними сервісами. Він забезпечує зберігання великих обсягів даних, містить набори інструментів для проведення глибокої аналітики, підтримує побудову моделей прогнозування, DevOps-процеси, керування оновленнями та візуалізацію. У роботі пропонується архітектура платформи моніторингу та прогнозування стану IoT пристроїв з використанням DevOps практик та інструментів, яка представлена на рис. 1.

Рисунок 1. Узагальнена багаторівнева архітектура DevOps-орієнтованої IoT-платформи

Пристроями, які безпосередньо виконують вимірювання показників певних об'єктів чи параметрів стану середовища є IoT-пристрої.

УДК 004.9
І. Мудрий
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

СПОСОБИ ЗАПОБІГАННЯ ВТРАТІ ДАНИХ В КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ

UDC 004.9
I. Mudryi

METHODS OF PREVENTING DATA LOSS IN COMPUTER SYSTEMS

Збереження інформації є одним із ключових завдань сучасних комп'ютерних систем, адже втрата даних може призвести до серйозних фінансових, репутаційних і персональних збитків. Тому питання запобігання втраті даних охоплює комплекс методів і засобів, спрямованих на забезпечення їхньої цілісності, доступності та захищеності.

Одним із основних методів запобігання втраті даних є резервне копіювання. Воно передбачає створення копій важливої інформації на окремих носіях або в хмарних сервісах. Сучасні інструменти, такі як Google Drive, Dropbox або Office365 та інші спеціалізовані програми дозволяють автоматизувати процес копіювання та зберігати дані на віддалених серверах, що значно знижує ризики їхньої втрати [1].

Важливим методом також є використання надійних файлових систем (наприклад ZFS, BTRFS) мають вбудовані механізми перевірки цілісності, журналювання змін і відновлення після збоїв. Це допомагає уникнути пошкодження файлів через помилки обладнання чи раптове вимкнення живлення [2].

Суттєву роль відіграє захист обладнання. Використання джерел безперебійного живлення запобігає втраті даних через стрибки напруги. Також важливі достатнє охолодження та фізична безпека комп'ютерів.

Ще один важливий напрямок це захист від шкідливого програмного забезпечення. Антивіруси, міжмережеві екрани та регулярні оновлення системи допомагають уникнути зараження вірусами, які можуть пошкодити або видалити інформацію. Крім того, важливе значення мають політики доступу й автентифікації, що запобігають несанкціонованим змінам або видаленню інформації.

Не можна недооцінювати і людський фактор. Навчання користувачів правильній роботі з файлами, обережному поводженню з підозрілими листами й посиланнями зменшує ризик випадкової втрати даних [3].

Таким чином, запобігання втраті даних є комплексним процесом, що включає технічні, організаційні та програмні заходи. Поєднання резервного копіювання, використання захищених файлових систем, надійного обладнання, антивірусів та навчання користувачів забезпечує високий рівень надійності комп'ютерних систем та мінімізує ризики втрати важливої інформації.

Література

1. Noman A. Advancements and best practices in data loss prevention: a comprehensive review. Global journal of universal studies. 2024. Vol. 1, no. 1. P. 190–225. URL: https://doi.org/10.70445/gjus.1.1. 2024.190-225.
2. Dakic V., Kovac M., Videc I. High-Performance computing storage performance and design patterns–btrfs and ZFS performance for different use cases. Computers. 2024. Vol. 13, no. 6. P. 139. URL: https://doi.org/10.3390/computers13060139.
3. Brown L., Stallings W. Computer security: principles and practice. Pearson Education, Limited, 2012. 816 p.

УДК 621.31
В. Наконечний
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ АКУМУЛЯТОРІВ

UDC 621.31
V. Nakonechnyi

METHODS OF CONTROLLING THE MAIN PARAMETERS OF BATTERIES

Опишемо основні методи контролю параметрів акумуляторів, які використовуються на сьогоднішній день, і регламентуються ДСТУ. Розглянемо, в першу чергу [1], який насамперед «встановлює основні технічні вимоги, вимоги до позначення, маркування, розміри, а також методи випробувань для визначення основних характеристик та інші вимоги до літієвих акумуляторів і батарей, що застосовуються в устаткуванні, призначеному для портативного застосування».

Для визначення номінальної ємності акумуляторної батареї визначають розрядну характеристику та проводять наступні дії: акумулятори мають бути заряджені до номінального струму; акумулятори витримують при температурі навколишнього повітря щонайменше 1 год; випробуваний акумулятор розряджають струмом 0,2It,A, відстежуючи необхідну величину кінцевої напруги; підраховують ємність акумулятора, в ідеалі вона повинна збігатися зі значенням, що вказується виробником як номінальна для акумулятора.

Характеристика короткого режиму розрядження знімається за таким алгоритмом:

– акумулятор повністю заряджений;

– акумулятор або батареї витримуються при кімнатній ≥1 год;

– акумулятор або батарея розряджаються постійним струмом 1.0*It, до встановленого значення кінцевої напруги;

– значення ємності в ампер-годинах, отримане для попереднього пункту, має бути не менше номінального для випробуваного акумулятора.

Збереження та віддачу заряду вимірюють наступним чином:

– акумулятор або батарея повністю заряджається при кімнатній температурі, попередньо перебуваючи при цій температурі не менше години;

– акумулятор або батарея розряджаються постійним струмом 0,2It при температурі навколишнього середовища до встановленої кінцевої напруги;

– акумулятор зберігається протягом 28 діб, а потім у нього вимірюється ємність, яка повинна бути не менше ніж 70% для акумулятора і 60% для батареї.

Стійкість при циклічності (напрацювання у циклах):

– акумулятор або батарея повністю заряджається при кімнатній температурі, попередньо перебуваючи при цій температурі не менше години;

– акумулятор або батарея розряджаються постійним струмом 0,2It при температурі навколишнього середовища до встановленої кінцевої напруги;

– акумулятор або батарея повністю заряджається при кімнатній температурі методом, який вказує виробник;

– акумулятор або батарею піддають циклам розряджання-заряджання до тих пір, поки отримана ємність не стане менше 60% номінальної ємності.

Література

1. ДСТУ EN 60622:2016 Акумулятори та акумуляторні батареї, які містять лужні чи інші некислотні електроліти. Київ. 2016

УДК 621.35
В. Наконечний
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

АЛГОРИТМ ВИМІРЮВАННЯ ЄМНОСТІ АКУМУЛЯТОРА ЗА КОРОТКОГО РЕЖИМУ РОЗРЯДЖЕННЯ

UDC 621.35
V. Nakonechnyi

ALGORITHM FOR MEASURING BATTERY CAPACITY IN SHORT DISCHARGE MODE

Так званий короткий режим розрядження має на увазі розряджання попередньо зарядженого акумулятора струмом з величиною 1.0*It до величини встановленого значення кінцевої напруги [1]. Тому мікроконтролер виконуватиме такі операції:

– після вибору відповідної дії користувачем мікроконтролер замикає контакт, що підключає електронне навантаження до акумулятора;

Рисунок 1. – Блок-схема роботи алгоритму

– мікроконтролер відправляє в модуль електронного навантаження dставку розрядного струму It відповідно до обраного користувача номінального значення ємності акумулятора або батареї;

– модуль електронного навантаження розряджає акумулятор до тих пір, поки напруга на клемах акумулятора не досягне величини встановленого значення кінцевої напруги або значення за замовчуванням в 2.6В;

– як тільки значення кінцевої напруги буде досягнуто, мікроконтролер відключає модуль електронного навантаження від акумулятора;

– мікроконтролер підраховує імпульси вбудованого генератора упродовж усього часу розрядки для підрахунку його сумарної тривалості, помноживши отримане значення годинника на величину розрядного струму;

– обчислене значення ємності акумулятора при короткому режимі розряду висвітлюється на екрані;

– мікроконтролер очікує на наступні дії користувача.

Блок-схема алгоритму вимірювання ємності акумулятора при короткому режимі розряду відображена на рис. 1.

Література

1. ДСТ У EN 60622:2016 Акумулятори та акумуляторні батареї, які містять лужні чи інші некислотні електроліти. Київ. 2016.

УДК 681.5:004.
В. Невмержицький; Н. Стадник, к. т. н.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ТЕМПЕРАТУРИ ВОДИ В БАСЕЙНІ

UDC 681.5:004.
V. Nevmerzhytskyi; N. Stadnyk, PhD.

POOL WATER TEMPERATURE MONITORING SYSTEM

Система контролю, розроблена для роботи із сонячним колектором, базується на інтеграції двох мікроконтролерів STM32F411CEU6 та STM32F103C8T6, що формують розподілену архітектуру вимірювання та керування. Така побудова забезпечує підвищену надійність, автономність та гнучкість у реалізації алгоритмів теплового регулювання. Температурні параметри знімаються цифровими датчиками DS18B20, розміщеними в ключових точках теплотехнічної системи: на вході та виході сонячного колектора, у баку-накопичувачі та безпосередньо в басейні, що забезпечує повну інформативність про динаміку процесів нагріву [1].

Зібрані дані передаються на основний контролер за допомогою бездротового модуля NRF24L01, що дозволяє мінімізувати кількість дротових з'єднань і підвищити електробезпеку системи. Центральний модуль виконує аналіз температурних градієнтів, розрахунок ефективності нагріву та визначення оптимального режиму циркуляції теплоносія. Контролер реалізує алгоритм диференційного керування ΔT із підтримкою гістерезису, що дозволяє зменшити кількість непотрібних запусків насосів, запобігти охолодженню бака та забезпечити стабільний температурний режим води басейну.

Для підвищення надійності в систему інтегровані алгоритми валідації даних, автоматичне виявлення відмов датчиків, а також захисний контур, який активується при перегріві теплоносія. Візуалізація показників здійснюється на TFT-дисплеї ILI9341 у вигляді багатосторінкового інтерфейсу, що надає користувачу повну інформацію про стан системи в реальному часі [2].

Експериментальні дослідження підтвердили, що використання автоматизованої мікроконтролерної системи дозволяє підвищити енергоефективність роботи сонячного колектора та зменшити кількість циклів увімкнення насосів на 25–30%. Розроблене рішення характеризується масштабованістю, що дає можливість його модернізації шляхом додавання нових сенсорів, модулів зв'язку або інтеграції в системи «розумного дому».

Література

1. Duffie J. A., Beckman W. A. Solar Engineering of Thermal Processes. Wiley, 2013. URL: https: //www.wiley.com/en-us/Solar+Engineering+of+Thermal+Processes (дата звернення: 08.12.2025).
2. ILI9341. Технічний опис драйвера TFT-дисплея. Ilitek Corporation, 2011. URL: https://www. displayfuture.com/Display/datasheet/controller/ILI9341.pdf (дата звернення: 08.12.2025).

УДК 681.518.3
Г. Осухівська, к. т. н. доц.; А. Коритко; А. Паламар, к. т. н., доц.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

АПАРАТНО-ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ М'ЯЗОВОЇ АКТИВНОСТІ З ВИКОРИСТАННЯМ MQTT-ТЕХНОЛОГІЙ

UDC 681.518.3
H. Osukhivska, PhD. Assoc. Prof.; A. Korytko; A. Palamar, PhD., Assoc. Prof.

HARDWARE AND SOFTWARE SYSTEM FOR REMOTE MONITORING OF MUSCLE ACTIVITY USING MQTT TECHNOLOGIES

Сучасний розвиток медичної техніки та інтелектуальних засобів вимірювання сприяє появі нових підходів до контролю фізіологічних параметрів людини у режимі реального часу. Одним із важливих напрямів є моніторинг м'язової активності, яка відображає стан опорно-рухового апарату та рівень функціональності м'язів під час реабілітації чи тренувального процесу. Завдяки поширенню технологій Інтернету речей (IoT) стало можливим створення мобільних, компактних та віддалено доступних систем, здатних виконувати збір, обробку та передавання біосигналів у хмарні сервіси.

Існує проблема, яка пов'язана з відсутністю доступних низьковартісних систем для тривалого дистанційного контролю електроміографічних (ЕМГ) сигналів, що при цьому забезпечують високу швидкодію та зручність для користувача. Існуючі медичні комплекси нерідко мають високу вартість, складні процедури калібрування та обмежені можливості інтеграції із зовнішніми цифровими сервісами. Актуальність роботи полягає у необхідності створення компактного апаратно-програмного комплексу, який забезпечує зчитування та передачу м'язової активності у реальному часі через MQTT – один із найбільш ефективних IoT-протоколів. Метою дослідження є розроблення IoT-системи для дистанційного моніторингу м'язової активності людини з використанням доступних сенсорів та сучасних засобів бездротового зв'язку.

Основою запропонованої системи є апаратний модуль AD8232, який виконує підсилення та фільтрацію електроміографічного сигналу, забезпечуючи його попередню апаратну обробку. Сигнал надходить до мікроконтролера ESP32 TTGO, що поєднує високопродуктивний процесор, вбудований АЦП та модулі Wi-Fi/Bluetooth. На локальному рівні мікроконтролер здійснює зчитування сигналу, цифрову фільтрацію, нормалізацію, обчислення характеристик, таких як RMS, та формування структурованого пакета даних. Передавання результатів відбувається через MQTT-протокол, який забезпечує низьку затримку та мінімальне споживання трафіку, що є критичним для мобільних IoT-пристроїв.

MQTT-брокером може виступати як локальний сервер, так і комерційна платформа, зокрема Ubidots, що надає можливість візуалізації даних, побудови графіків і створення користувацьких панелей. Використання IoT-архітектури забезпечує розділення системи на сенсорний рівень, рівень передачі та рівень аналізу (хмарна платформа), що робить систему масштабованою та адаптовною до різних сценаріїв використання – від медичної реабілітації до спортивної медицини чи дистанційного навчання руховим навичкам.

Основними перевагами розробленої системи є її мобільність, низька собівартість, можливість роботи у реальному часі та підтримка хмарного аналізу даних. Вона легко інтегрується у різні реабілітаційні програми, дозволяє спостерігати за прогресом пацієнта дистанційно та мінімізує потребу у стаціонарному обладнанні.

УДК 004.9:620.9
А. Павлик; А. Паламар, к. т. н., доц.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ІНФОРМАЦІЙНА МОДЕЛЬ ТА КІБЕРФІЗИЧНА СИСТЕМА ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ У РОЗУМНОМУ БУДИНКУ

UDC 004.9:620.9
A. Pavlyk; A. Palamar, PhD., Assoc. Prof.

INFORMATION MODEL AND CYBER-PHYSICAL ENERGY MANAGEMENT SYSTEM FOR A SMART-HOME SOLAR POWER PLANT

Стрімкий розвиток відновлюваної енергетики та інтернету речей актуалізує створення інформаційних моделей енергоменеджменту житлових будинків [1]. Перспективним рішенням є кіберфізична система розумного будинку з сонячною електростанцією (СЕС) та акумуляторною батареєю, у якій інформаційна модель енергетичного балансу використовується для керування потоками енергії між СЕС, будинком, накопичувачем та мережею [2].

Метою роботи є розроблення відкритої інформаційної системи енергоменеджменту, що підвищує самоспоживання генерації СЕС та зменшує споживання з електромережі шляхом оптимізації керованих навантажень. Архітектуру реалізовано на базі Raspberry Pi 4 з Home Assistant і MQTT-брокером Mosquitto, контролера ESP32 як шлюзу до гібридного інвертора, сервісу Batmon для доступу до BMS та ZeroTier One для віддаленого доступу.

Побудовано спрощену інформаційно-енергетичну модель системи з урахуванням потужності генерації, споживання, заряджання/розряджання акумулятора, обміну з мережею та рівня заряду SOC. Ці параметри представлені як часові ряди, що зберігаються в базі даних і використовуються для аналізу режимів роботи та оцінки ефективності керування. Споживання поділено на базове й кероване; як кероване навантаження розглянуто електричний бойлер, для якого в Home Assistant реалізовано rule-based сценарії вмикання за надлишкової генерації та достатнього SOC і вимикання при їх зниженні. Це дає змогу автоматично зміщувати роботу енергозатратних приладів на періоди максимальної генерації СЕС, тим самим збільшуючи частку власного використання енергії та зменшуючи імпорт з мережі.

Експериментальні результати показали зростання частки власного використання енергії СЕС і зменшення імпорту з мережі. Використання відкритих апаратно-програмних компонентів та стандартних протоколів IoT забезпечує гнучкість і можливість адаптації системи до різних типів інверторів і профілів споживання, а також створює основу для подальшої інтеграції методів прогнозного та інтелектуального керування. Отримані дані засвідчують підвищення енергоефективності системи та підтверджують практичну доцільність запропонованого підходу для впровадження в реальних умовах експлуатації.

Література

1. Bagdadee A. H., Rahman M. S., Al Mamoon I., Hossain M. R. Empowering smart homes by IoT-driven hybrid renewable energy integration for enhanced efficiency. Scientific Reports, 2025, Vol. 15, No. 1, Art. 41491.
2. Tradacete-Ágreda M., Sánchez-Pérez A., Santos-Pérez C., Velasco-Gómez J. Smart energy management for residential PV microgrids: ESP32-based indirect control of commercial inverters for enhanced flexibility. Sensors, 2025, Vol. 25, No. 21, Art. 6595.

УДК 681.518.3
А. Паламар, к. т. н., доц.; Я. Сиротинський; М. Франків
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ВІДДАЛЕНОГО ЗБОРУ ДАНИХ ПРО ШВИДКІСТЬ ВІТРУ

UDC 681.518.3
A. Palamar, PhD., Assoc. Prof.; Y. Syrotynskyi; M. Frankiv

APPLICATION OF MICROCONTROLLER TECHNOLOGIES FOR REMOTE COLLECTION OF WIND SPEED DATA

Сучасний розвиток цифрових технологій та глобальна тенденція до автоматизації екологічного моніторингу створюють потребу в ефективних інструментах для вимірювання параметрів навколишнього середовища в режимі реального часу [1]. Одним із ключових параметрів, що має важливе значення у вітроенергетиці, авіації, будівництві та системах безпеки, є швидкість вітру. Забезпечення безперервного, точного та доступного моніторингу цього показника потребує застосування сучасних мікроконтролерних технологій і засобів Інтернету речей (IoT).

Проблема полягає у відсутності недорогих, енергоефективних та простих у впровадженні систем дистанційного збору даних, які б забезпечували високу точність і надійність роботи в різних кліматичних умовах. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю створення універсальних IoT-рішень, які можуть інтегруватися у вітроенергетичні комплекси та автоматизовані системи моніторингу. Метою дослідження є розроблення та аналіз мікроконтролерної системи для дистанційного вимірювання швидкості вітру з використанням бездротових комунікацій та хмарних сервісів.

У запропонованій системі реалізовано використання мікроконтролера NodeMCU ESP8266 як центрального обчислювального вузла. Він виконує оцифрування сигналів від анемометра імпульсного типу, розрахунок значень швидкості вітру та передавання даних на сервер через Wi-Fi. Для віддаленої візуалізації та зберігання даних застосовано IoT-платформу, яка підтримує передачу телеметрії у режимі реального часу та архівацію історичних значень. Система демонструє стабільну роботу, можливість масштабування та гнучке налаштування інтерфейсів візуалізації.

Перевагами такої системи є низькі енергоспоживання та вартість, висока мобільність, простота інтеграції з іншими сенсорними вузлами, можливість автономної роботи та широкі можливості аналізу зібраних даних. Крім того, застосування IoT-технологій дозволяє отримувати інформацію з будь-якого місця світу, що значно підвищує зручність експлуатації.

Отже, розроблена мікроконтролерна система довела свою ефективність у задачах дистанційного збору даних про швидкість вітру. Вона поєднує високий рівень автоматизації, точності та доступності, що робить її перспективною для використання у вітроенергетичних комплексах та системах раннього попередження про небезпечні метеорологічні явища.

Література

1. Оконський М.В., Лупенко С.А., Паламар А.М. Комп’ютерна система для моніторингу метеорологічних параметрів на основі IoT. Актуальні задачі сучасних технологій : збірник тез доповідей X міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів (Тернопіль, 24–25 листопада 2021 року), Тернопіль: ТНТУ, 2021. С. 112.

УДК 004.7
Б. Переймибіда
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ДОВЖИНИ КАБЕЛЮ ТА МІСЦЯ ЙОГО ОБРИВУ

UDC 004.7
B. Pereimybida

METHODS FOR DETERMINING CABLE LENGTH AND LOCATION OF ITS BREAKAGE

Знаючи різні електричні параметри провідника, можна визначити його довжину та місце обриву. Для цього можуть бути застосовані наступні методи [1].

DC (Direct Current) -метод. Цей метод дозволяє виміряти опір струмопровідної жили на постійному струмі. В основу методу покладено закон Ома. Погонний опір жили залежить від перерізу жили, температури та питомого електричного опору матеріалу провідника. При точному встановленні величин становить трохи більше 0.1%. На практиці при діагностиці кабельних ліній локальних обчислювальних мереж погонний опір всіх жил точно визначити неможливо, тому вимір довжини цим методом відбувається з великою похибкою.

TDR (Time Domain Reflectometry) метод. Принцип роботи методу ґрунтується на аналізі відбитих електричних сигналів у часовій області. Рефлектометр генерує короткий імпульсний сигнал і запускає його в лінію, що досліджується. Сигнал поширюється по лінії і відбивається від неоднорідностей, таких як розриви, короткі замикання, муфти, вигини і т.д. Відбиті сигнали реєструються рефлектометром і аналізуються.

Довжина може бути розрахована за часом між моментом початку зондуючого імпульсу та моментом приходу відбитого, за відомої швидкості поширення. TDR використовується для визначення місця та ідентифікації дефекту у всіх типах кабелів, що складаються з металевих пар. Переваги методу: висока точність визначення місця до обриву; можливість визначення більш, ніж одного дефекту кабелю; пристрій під’єднується лише з одного боку кабелю. З недоліків можна відзначити, що необхідно знати точну довжину кабелю, що перевіряється, що навіть професійні тестери не можуть зробити автоматично.

При цьому пристрої, що використовують метод рефлектометрії не можуть показати, який саме характер несправності лінії. На екрані пристрою буде відображено графік, що відображатиме відбиті сигнали. За цим графіком спеціаліст визначає дефекти кабельної лінії.

Ємнісний метод. Цей метод визначення довжини та виявлення обриву кабельної лінії базується на визначенні ємності кабельної жили. Ємність жили повинна бути виміряна з обох кінців кабелю. При цьому кабель на іншому кінці повинен бути обов'язково від’єднаний від інших пристроїв, так як вони теж мають свою ємність і це позначається на точності вимірювань. Вимірявши ємність непошкодженої жили і знаючи довжину кабельної лінії, можна буде визначити відстань до місця обриву. Перевагою методу є його простота та дешевизна пристроїв, що дозволяють виконувати вимірювання ємнісним методом. Недоліками цього методу є більша похибка вимірювання порівняно з TDR-методом, а також неможливістю визначити на локалізацію короткого замикання на кабельній лінії.

Література

1. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д., Пасічник В. В. Комп’ютерні мережі. Книга 1 [навчальний посібник]. Львів : «Магнолія 2006», 2013. 256 с.

УДК 004.7
Б. Переймибіда
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ ДОВЖИНИ КАБЕЛЬНОЇ ЛІНІЇ ТА ПОШУКУ МІСЦЯ ОБРИВУ НА ОСНОВІ ЄМНІСНОГО МЕТОДУ

UDC 004.7
B. Pereimybida

ALGORITHM FOR DETERMINING THE LENGTH OF A CABLE LINE AND SEARCHING FOR THE BREAK POINT BASED ON THE CAPACITIVE METHOD

За формулою C=T/R (де C – ємність, T – постійна часу, R – опір в ланцюзі) провідник заряджається на 63.2% за T. Для його заряджання на цифровий вихід подається напруга +5В. Далі через резистор – на вхід провідника.

Рисунок 1 – Розроблений алгоритм

Провідник з'єднаний з аналоговим входом мікроконтролера. Виміряна напруга на вході провідника подається на аналоговий вхід мікроконтролера. Якщо провідник заряджений на 63.2% обчислюється ємність провідника, якщо він не заряджений, то на цифровий вихід знову подається напруга +5В. Після того як була виміряна ємність, провідник розряджається через резистор 220 Ом. Вимірювання одного провідника проводяться кілька разів, щоб зменшити похибку вимірювань.

Кабель «вита пара» може містити 2 або 4 скручені пари проводів. Платформа Arduino Uno має 6 аналогових входів, що не дозволяє виміряти ємності 8 провідників. Щоб виміряти ємність кожного провідника, використовується мультиплексор. На входи мультиплексора подається логічна послідовність імпульсів, що визначає з якого виходу мультиплексора зчитується сигнал. Мікроконтролер визначає ємність провідника і якщо провідник заряджений, то логічна послідовність, що подається на входи мультиплексора, змінюється та зчитується сигнал вже з наступного провідника. При зчитуванні ємності останнього провідника повторюється знову з першого провідника. Виміри ємності провідників відбуваються до того часу, поки пристрій активний. Отримані дані вимірювань відправляються на сервер через HTTP. Отримані дані зберігаються у базі даних. Якщо виміряні ємності провідників одного кабелю відрізняються значеннями, то стався обрив одного провідника.

Разом із виміряними даними також передається інформація про стан пристроїв. Якщо пристрій активний, то інформація про це потрапляє на веб-сервер. Через веб-браузер користувач звертається до адреси мережі сервера. У відповідь користувачу надається інтерактивна HTML-сторінка, що дозволяє переглядати виміряні дані у реальному часі.

УДК 612.741.1
М. Процишин; Є. Кириченко; В. Дозорський, к. т. н., доц.; Л. Дедів, к. т. н., доц.; О. Дозорська, к. т. н.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

СПОСІБ ОПРАЦЮВАННЯ СИГНАЛІВ П’ЄЗОЕЛЕКТРИЧНОГО СЕНСОРА ДЛЯ СИСТЕМИ ТАТКИЛЬНОГО ЗВОРОТНЬОГО ЗВ’ЯЗКУ ПРОТЕЗА РУКИ

UDC 612.741.1
M. Protsyshyn; Ye. Kyrychenko; V. Dozorskyi, PhD., Assoc. Prof.; L. Dediv, PhD., Assoc. Prof.; O. Dozorska, PhD.

THE METHOD OF PIEZOELECTRIC SENSOR SIGNALS PROCESSING FOR A TACTILE FEEDBACK SYSTEM OF A HAND PROSTHESIS

Важливим завданням у сфері розробки високофункціональних протезів є реалізація функції тактильних відчуттів, щоб користувач такого протеза міг відчувати предмети, які він захоплює або тримає за допомогою цього протеза. В іншому випадку користувач повинен постійно бачити протез і візуально контролювати кожен рух або захоплення, а також силу захоплення, швидкість тощо. Це значно обмежує функціональність протеза, і використання його за відсутності освітлення або, наприклад, у темній кімнаті (за відсутності або обмеження візуального контролю) стає практично неможливим.

Сучасні прототипи біонічних протезів вже можуть забезпечувати тактильні відчуття завдяки вбудованим датчикам, які зчитують інформацію про текстуру та форму предметів і перетворюють її в електричні сигнали, що передаються та сприймаються користувачем певним чином. Це дозволяє відчувати дотик, силу захоплення, а також підтримувати реалістичну взаємодію з навколишнім світом. Однак, такі протези практично відсутні на ринку медичного обладнання і дослідження в цьому напрямку все ще тривають.

Актуальною залишається задача розробки простої системи для забезпечення тактильних відчуттів, яка базується на неінвазивному методі сприйняття цих відчуттів користувачем протеза. Враховуючи значну поширеність різних конструкцій п'єзоелектричних перетворювачів як тактильних датчиків, вони були використані як тактильні датчики в цьому дослідженні. Для правильної та надійної роботи такої системи необхідно розробити метод обробки сигналів від кожного такого тактильного датчика та формування керуючих сигналів для відповідних актуаторів з мінімальними часовими затримками.

Висунуто припущення, що основна інформація про тип зовнішнього впливу на сенсор міститиметься в структурі обвідної складової його вихідного сигналу. Тому запропоновано проводити виділення огинаючої складової такого сигналу і власне її використати для формування сигналів керування актуаторами. Для опрацювання сигналу проводилось формування ковзного вікна, яке транслювалось в часі по реєстрограмі сигналу і в межах якого виконувався пошук максимального значення. Ці значення практично являють собою обвідні складові сигналу п’єзоелектричного сенсора.

Також розроблено метод формування сигналу керування актуатором для вібротактильної стимуляції. Для цього запропоновано сформувати амплітудно-модульований сигнал, несуча частота якого буде відповідати резонансній частоті перетворювача, а огинаюча складова буде містити інформацію про впливи на тактильні сенсори. Додатково, для зменшення рівня енергоспоживання пропонується із вихідного сигналу сенсора формувати пороговий сигнал, який буде запускати процес генерації несучої складової сигналу керування актуатором.

УДК 621.39
С. Рихлевич
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

РОЗРАХУНОК ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ КАНАЛУ ЗАПИСУ

UDC 621.39
S. Rykhlevych

CALCULATION OF RECORDING CHANNEL BANDWIDTH

Пропускна здатність каналу – це максимальна швидкість передачі інформації. Пропускна здатність каналу дорівнює кількості інформації, яка може передаватися за ним за одиницю часу. Обсяг переданої інформації V обчислюється за такою формулою:

$$V = qt, \quad (1)$$

де q – пропускна здатність каналу (у бітах в секунду або подібних одиницях);
t – час передачі. Зазвичай пропускна здатність вимірюється в бітах в секунду (біт/с) та кратних одиницях Кбіт/с та Мбіт/с.

Розрахунок виконаємо виходячи з наступних вихідних даних:

- необхідна (задана) частота опитування – 4000 Г ц;
- кількість аналогових вимірювальних каналів – 8;
- кількість дискретних вимірювальних каналів – 13;
- розрядність аналого-цифрового перетворювача (АЦП) – 12 біт.

Для зберігання результату АЦП по одному (довільному) аналоговому каналу потрібно 16 біт (2 байти) через байтову (кратну 8) організацію пам'яті. З кількості аналогових каналів за одне опитування АЦП потрібно записати 16 байт. Для зберігання стану одного дискретного каналу (має стан «так/ні», «замкнуто/розімкнуто») достатньо одного біта інформації. Тобто 13 дискретних каналів можна розмістити («упакувати») на 2 байти (16 біт). Таким чином, за один цикл опитування отримуємо 18 байт інформації.

За одну секунду загальний обсяг реєстрованої інформації становитиме $N_{BIN} = 4000 \cdot 18 = 72000$ байт.

Тобто пропускна здатність каналу запису інформації у вихідному (двійковому) поданні повинна бути не меншою за вищевказану цифру.

Для більш зручної обробки зареєстрованої інформації, бажано зберегти відліки даних у текстовому поданні (txt -файлі). Тоді пропускна здатністть/об'єму інформації за секунду збільшиться не більше ніж у 5 разів (з урахуванням 12-розрядного АЦП довжина текстового подання його результату становитиме максимум 4 байти (наприклад, двійковий код 4000 матиме текстове подання у вигляді 4-х символів «4», «0», «0», «0» + 1 байт на символ роздільник стовпців/рядків).

Таким чином, пропускна здатність каналу запису для текстового формату складе $N_{TXT} < 5 \cdot N_{BIN} = 360\,000$ байт/с.

Сумарний обсяг записаної (див. формулу 1) інформації $V = 360\,000 \cdot 30 = 10\,800\,000$ байт ≈ 10МБайт.

Базуючись на виконаних оцінках, для зберігання такого обсягу даних можна вибрати SD-карту класу « Speed Class 2» [1].

Література

1. Посібник із класів швидкості для SD та microSD карт пам’яті. URL: https://www.kingston.com/ua/blog/personal-storage/memory-card-speed-classes (дата звернення: 04.12.2025)

УДК 004.43
С. Рихлевич; І. Баран, к. т. н., доц.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ЗАВДАННЯ І ФУНКЦІЇ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРА БЛОКУ ЗБОРУ ТЕЛЕМЕТРИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

UDC 004.43
S. Rykhlevych; I. Baran, PhD., Assoc. Prof.

TASKS AND FUNCTIONS OF THE MICROCONTROLLER SOFTWARE OF THE TELEMETRIC INFORMATION COLLECTION UNIT

Завдання, що вирішуються програмним забезпеченням (ПЗ) мікроконтролера (МК) блоку збору телеметричної інформації та параметрів руху маневруючого виробу:

– отримання миттєвих значень від давачів інерційної інформації та додаткових давачів із пропорційними (аналоговими) та дискретними вихідними сигналами. Процес отримання даних може бути синхронним, тактуватися внутрішніми апаратними засобами МК. Вихідний двійковий код, пропорційний миттєвим значенням сигналів повинен вимірюватися аналого-цифровому перетворювачу (АЦП);

– реєстрація (збереження) на зовнішній енергонезалежний носій вимірюваних сигналів із необхідним темпом надходження даних сигналів. Кожен відлік даних має бути забезпечений номером відліку або тимчасовою міткою моменту отримання даних від давачів;

– забезпечення інформаційного обміну (у разі потреби) із системою вищого рівня. Цей опціональний інформаційний обмін повинен забезпечувати конфігурацію часової діаграми системи.

Бортове ПЗ блоку збору телеметричної інформації виконує такі функції:

– ініціалізацію МК, у тому числі його вбудованих периферійних модулів (модуля таймера, модуля АЦП, портів введення-виведення, модуля інтерфейсу SPI, модуля інтерфейсу USART) після ввімкнення живлення обчислювального блоку;

– перевірка функціонування внутрішніх периферійних модулів;

– ініціалізацію внутрішнього накопичувача інформації (SD-картки) та підготовку до початку запису інформації;

– збір та первинну обробку інформації;

– запис отриманої/обробленої інформації на накопичувач інформації

Діаграму роботи МК блоку збору телеметричної інформації можна подати у такому вигляді (рис. 1):

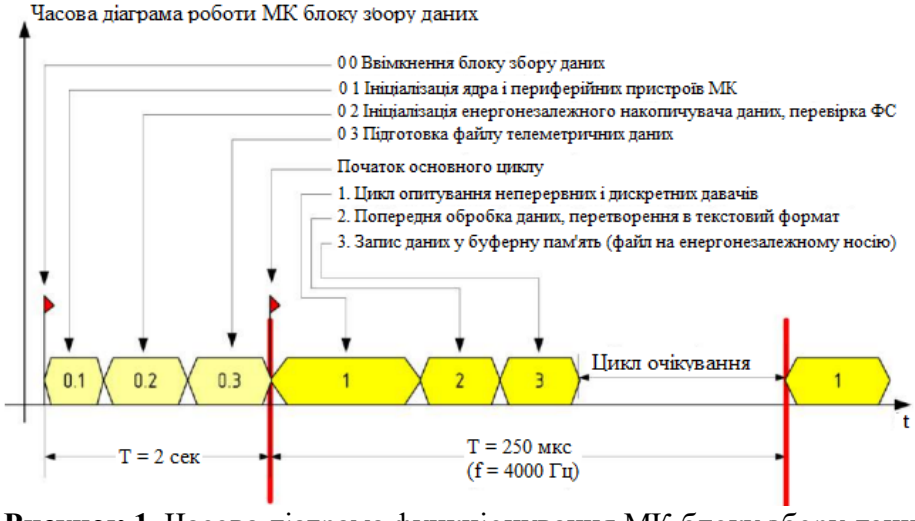


Рисунок 1. Часова діаграма функціонування МК блоку збору даних

УДК 004.056.55: 004.382
І. Рій; Є. Тиш, к. т. н.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

МЕТОДИ ПОБУДОВИ ТА ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ХАОТИЧНИХ АЛГОРИТМІВ ШИФРУВАННЯ ДЛЯ СУЧАСНИХ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМ

UDC 004.056.55: 004.382
I. Rii; Ie. Tysh, PhD.

METHODS FOR CONSTRUCTING AND COMPARATIVE ANALYSIS OF CHAOTIC ENCRYPTION ALGORITHMS FOR MODERN COMPUTERIZED SYSTEMS

Сучасні комп'ютеризовані системи працюють в умовах стрімкого зростання обсягів да них та ускладнення кіберзагроз, що потребує використання більш ефективних методів захисту інформації. Класичні криптографічні підходи не завжди забезпечують необхідну стійкість та продуктивність, особливо у високошвидкісних або розподілених середовищах. Тому все більшої актуальності набувають хаотичні динамічні системи, які завдяки непередбачуваності, ергодичності та чутливості до початкових параметрів здатні підвищувати рівень безпеки у цифрових платформах.

Хаотичні алгоритми шифрування застосовують різні математичні моделі хаосу, зокрема, логістичну мапу, відображення Генона, тентову та синусну мапи, а також багатовимірні атрактори Лоренца (див. табл. 1). Ці системи генерують послідовності, близькі до випадкового шуму, що дозволяє формувати ключі, підстановки та перестановки з високою ентропією. У комп'ютеризованих системах процес реалізації хаотичного шифрування зазвичай включає ініціалізацію хаотичної моделі, генерацію псевдовипадкових послідовностей та їх подальше використання в операціях захисту даних.

Таблиця 1. Порівняння ключових властивостей базових хаотичних карт

Хаотична мапа	Переваги	Недоліки
Логістична	Проста реалізація, висока ентропія	Може втрачати хаос при певних параметрах
Тентова	Лінійність, рівномірний розподіл	Чутлива до обчислювальних похибок
Генона	Створює складні траєкторії	Вища обчислювальна вартість
Лоренца	Сильна хаотичність, тривимірність	Потребує точних обчислень та апаратної оптимізації

В основі сучасних методів хаотичного шифрування лежить використання як поодиноких, так і комбінованих хаотичних відображень, часто з адаптивним керуванням параметрами в реальному часі. Найбільш перспективним підходом є побудова гібридних криптосистем, де хаос інтегрується з класичними алгоритмами (такими як AES, мережі Фейстеля, S/P-блоки). Така синергія дозволяє підвищити ентропію вихідного сигналу та мінімізувати кореляції, суттєво посилюючи криптостійкість без критичного збільшення обчислювальної складності.

Розвиток хаотичних криптосистем є стратегічно важливим для безпеки сучасних комп'ютеризованих інфраструктур. Завдяки високій непередбачуваності та стійкості до криптоаналізу, ці алгоритми мають потенціал стати стандартом захисту даних у майбутніх цифрових екосистемах від периферійних обчислень до хмарних платформ.

УДК 004.5:004.93
А. Рожик; Р. Жаровський, к. т. н.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ДОСТУПУ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

UDC 004.5:004.93
A. Rozhyk; R. Zharovskyi, PhD.

ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF THE ADAPTIVE ACCESS CONTROL SYSTEM BASED ON FUZZY LOGIC

В умовах зростання вимог до систем безпеки критично важливим завданням є забезпечення надійної ідентифікації особи незалежно від зовнішніх факторів. Традиційні системи контролю доступу, що базуються на статичних алгоритмах, демонструють зниження ефективності при зміні умов експлуатації: недостатньому освітленні, акустичному шумі або екстремальних температурах. Метою роботи є оцінка ефективності розробленого програмно-апаратного комплексу, що використовує апарат нечіткої логіки для динамічного вибору оптимального методу аутентифікації [1].

Для верифікації розроблених алгоритмів було проведено серію імітаційних експериментів у середовищі MATLAB та реалізовано прототип на базі Raspberry Pi 3 B+. Вхідними даними слугували показники сенсорів: рівень освітленості (Lux), акустичний шум (dB) та температура (°C). Ядром прийняття рішень виступає контролер нечіткої логіки типу Мамдані, який розраховує коефіцієнт придатності для методів розпізнавання обличчя, голосу та відбитків пальців.

На першому етапі було проаналізовано адекватність реакції системи на динамічну зміну освітленості. Результати моделювання (рис. 1), дозволили визначити оцінку придатності методу Face ID в залежності від рівня освітленості.

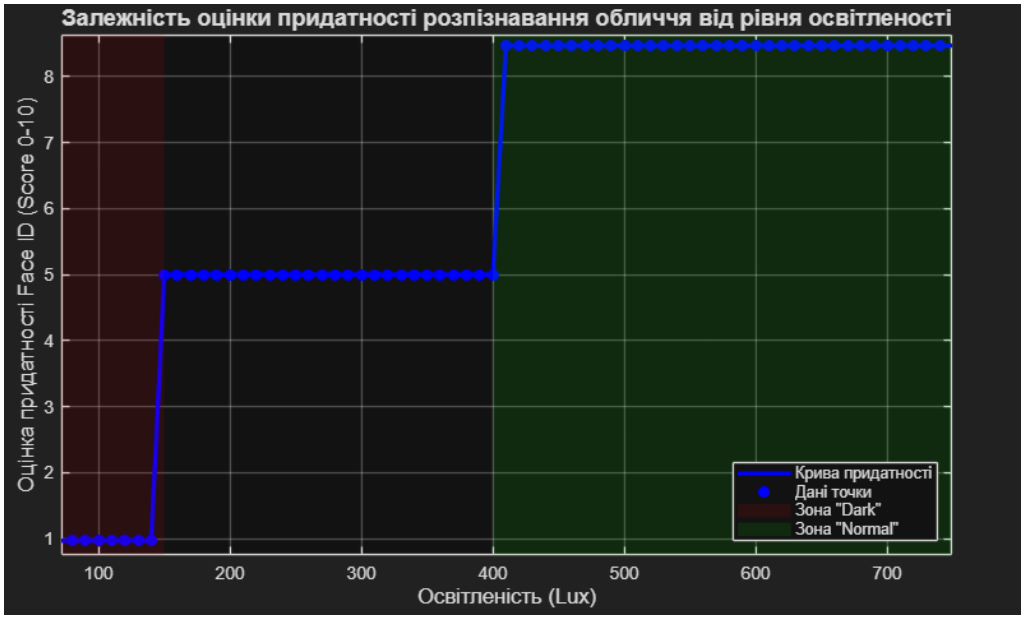


Рисунок 1. Залежність оцінки придатності розпізнавання обличчя від рівня освітленості

Графік показує, що у зоні «Dark» система присвоює методу мінімальний пріоритет, що блокує його використання. При зростанні освітленості понад 400 Люкс оцінка придатності різко зростає до максимуму, стабілізуючись у зоні нормального освітлення. Це підтверджує здатність системи адаптуватися до умов видимості з мінімальним рівнем помилкових спрацювань.

Другим етапом стала перевірка стабільності роботи дактилоскопічного сканера в залежності від температурних режимів. Моделювання динаміки, зображене на рисунку 2, підтверджує наявність чітко вираженої «зони комфорту».

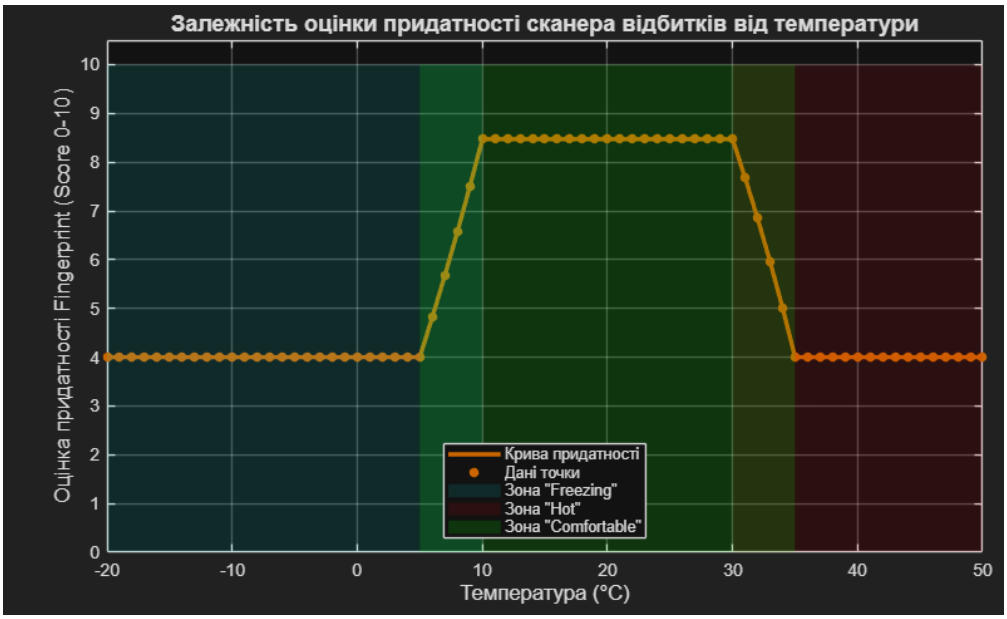


Рисунок 2. Залежність оцінки придатності сканера відбитків від температури

Як видно з графіка, система утримує високий пріоритет для сканера відбитків у діапазоні температур від +10°C до +30°C. При виході за ці межі оцінка лінійно знижується до 4 балів. Це дозволяє уникнути помилок зчитування, викликаних зміною фізіологічного стану шкіри [2].

Третім етапом став комплексний аналіз взаємного впливу факторів. Встановлено, що розроблена база правил коректно обробляє ситуації з декількома змінними. На рисунку 3 наведено поверхню нечіткого виводу для оцінки придатності відеоканалу.

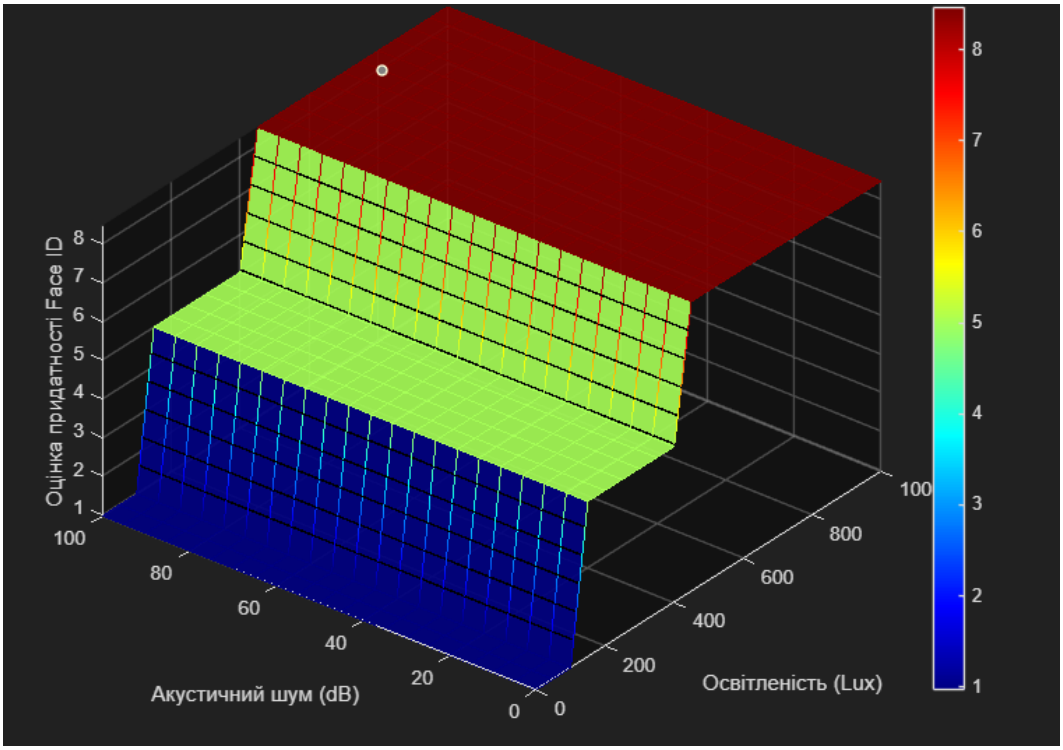


Рисунок 3. Поверхня нечіткого виводу для оцінки придатності розпізнавання обличчя

Наведений графік демонструє, що рівень акустичного шуму не впливає на пріоритет розпізнавання обличчя (профіль не змінюється вздовж осі шуму), тоді як освітленість є

визначальним фактором. Це свідчить про коректну ізоляцію каналів прийняття рішень та відсутність негативної інтерференції між правилами [3].

Результати досліджень свідчать, що впровадження розробленого адаптивного алгоритму дозволяє автоматизувати вибір надійного методу ідентифікації. Система забезпечує перемикання на альтернативні методи (голосовий або RFID) у критичних умовах, що підвищує загальну надійність комплексу та зменшує кількість помилок відмови у доступі.

Література

1. AI-Driven Adaptive Authentication for Multi-Modal Biometric Systems. *ResearchGate*. 2024. URL: https://www.researchgate.net/publication/385002869_AI-Driven_Adaptive_Authentication_for_Multi-Modal_Biometric_Systems (дата звернення: 09.12.2025).
2. Biometric Authentication System For Access Control. *CEUR Workshop Proceedings*. 2024. Vol. 3706. URL: https://ceur-ws.org/Vol-3706/Paper13.pdf (дата звернення: 09.12.2025).
3. Fuzzyfortify: a multi-attribute risk assessment for multi-factor authentication. *Frontiers in Computer Science*. 2025. URL: https://www.frontiersin.org/journals/computer-science/articles/10.3389/fcomp. 2025.1557918/full (дата звернення: 09.12.2025).

УДК 004.89:674
В. Руснак; Н. Стадник, к. т. н.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ АДАПТИВНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗКРОЮ ЛИСТОВИХ МАТЕРІАЛІВ У МЕБЛЕВОМУ ВИРОБНИЦТВІ

UDC 004.89:674
V. Rusnak; **N. Stadnyk, PhD.**

INFORMATION TECHNOLOGY OF ADAPTIVE OPTIMIZATION OF SHEET MATERIAL CUTTING IN FURNITURE PRODUCTION

Ефективність сучасного меблевого виробництва значною мірою залежить від коефіцієнта корисного використання матеріалів. Оскільки вартість плитних матеріалів (ДСП, МДФ) складає значну частку собівартості продукції, мінімізація відходів є пріоритетним завданням. Задача двовимірного розкрою (2D Cutting Stock Problem) належить до класу NP-складних задач, що унеможливлює знаходження абсолютного оптимуму за прийнятний час для великих партій деталей [1, с. 45]. Існуючі системи автоматизованого проєктування (САПР) часто використовують статичні жадібні алгоритми (First Fit, Best Fit), які не завжди враховують специфіку конкретного замовлення, особливо в умовах дрібносерійного виробництва.

Метою роботи є підвищення ефективності розкрою шляхом розробки комп'ютерної системи, що використовує адаптивні евристики для динамічного вибору стратегії розміщення. У ході дослідження було проаналізовано технологічні обмеження меблевого виробництва, ключовим з яких є необхідність гільйотинного розкрою (різи повинні проходити від краю до краю листа). На основі цього розроблено математичну модель та програмний модуль мовою Python.

Наукова новизна запропонованого підходу полягає у використанні методу гіпер-евристик (Hyper-heuristics). Замість використання одного фіксованого алгоритму, розроблена система виконує симуляцію розкрою, застосовуючи набір різних стратегій сортування черги деталей: за спаданням площі (Area Descending), за максимальною стороною (Longest Side), за периметром (Perimeter) та за кількістю у замовленні (Quantity Priority) [2, с. 89]. Для листа матеріалу система автоматично обирає ту стратегію, яка забезпечує максимальний коефіцієнт корисного використання площі (Yield).

Окрему увагу приділено розробці евристики «Quantity Priority». Цей підхід оптимізує виробничу логістику, надаючи пріоритет деталям, які зустрічаються в замовленні у великій кількості, що спрощує подальші операції сортування, кромкування та свердління, зменшуючи час на переналагодження обладнання [3]. Для інтеграції з виробничим обладнанням реалізовано модуль експорту карт розкрою у формат JSON, що дозволяє передавати дані безпосередньо на верстати з ЧПК.

Результати експериментальних досліджень на тестових наборах даних показали, що адаптивний підхід дозволяє підвищити коефіцієнт використання матеріалу на 5-12% порівняно з використанням статичного алгоритму.

Література

1. Ковальчук А.М., Мельник А.О. Метод гібридної евристики для розв'язання задачі двовимірного пакування. Комп'ютерні системи та мережі. 2021. Том 3, № 1. С. 45–52.
2. Романишин Ю.М., Скрупський С.Ю. Аналіз ефективності алгоритмів розкрою промислових матеріалів. Науковий вісник НЛТУ України. 2020. Т. 30, № 2. С. 88–94.
4. Тимощук О.Л. Методи оптимізації: навч. посіб. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2019. 260 с.

УДК 621.391
Р. Савченко; С. Шестопалов
(Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна)

ОГЛЯД СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ УПРАВЛІННЯ ЧЕРГАМИ НА МАРШРУТИЗАТОРАХ ІНФОКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ

UDC 621.391
R. Savchenko; S. Shestopalov

OVERVIEW OF MODERN APPROACHES TO QUEUE MANAGEMENT ON ROUTERS IN INFORMATION AND COMMUNICATION NETWORKS

Запит на сучасні механізми управління чергами (планування, запобігання перевантаженню, управління перевантаженням, розподіл ресурсів) є очевидним у різних типах мереж, як показано в дослідженнях [1–3]. Зокрема, проблеми, пов'язані з оптимальним розподілом ресурсів і гарантіями щодо рівня якості обслуговування, є критичними не тільки в телекомунікаційних мережах загального призначення, але й в промислових рішеннях Інтернету речей, мережах, що залежать від конкретного апаратного та програмного забезпечення, супутниковому зв'язку, мережах безпілотних літальних апаратів та інфраструктурах, що вимагають ієрархічної архітектури маршрутизаторів [1–3].

В сучасних підходах до управління чергами можна виділити кілька ключових тенденцій. Зокрема використання методів машинного навчання, як-от навчання з підкріпленням (RL, DRL), дозволяє адаптуватися до мінливих умов трафіку. Також програмовані рішення стають дедалі популярнішими. Водночас перспективним представляються рішення [3], зосереджені на багаторівневому управлінні чергами для забезпечення якості обслуговування (Quality of Service, QoS) з урахуванням класів. Такі підходи дозволяють забезпечити справедливий розподіл ресурсів між потоками. Крім того, деякі мережні середовища потребують спеціалізованих рішень. Це стосується, наприклад, супутникових мереж або промислового Інтернету речей, де алгоритми розроблені з урахуванням конкретних вимог середовища (низька затримка, енергоефективність, обмежені ресурси тощо). Особливої уваги заслуговує підхід до управління чергами, заснований на концепції Traffic Engineering Queues [2, 3], що застосовує принцип балансування навантаження для оптимізації використання пропускної здатності інтерфейсів маршрутизаторів.

Отже, розглянуті підходи мають на меті покращення використання обмежених мережних ресурсів, зменшення затримок і втрат пакетів, а також забезпечення якості обслуговування для різних класів трафіку. Як результат, розробка нових механізмів управління чергами все більше орієнтується на адаптивність, програмованість, ієрархічні структури та спеціалізацію для конкретних мережних середовищ.

Література

1. Chahed, H., Kassler, A. TSN Network Scheduling—Challenges and Approaches. Network 2023, Vol. 3, pp. 585–624. https://doi.org/10.3390/network3040026.
2. Titarenko, L., Lemeshko, O., Yeremenko, O., Savchenko, R., Barkalov, A. Traffic Engineering Queue Optimization Models with Guaranteed Quality of Service Support. Electronics 2025, 14, 4078. DOI: https://doi.org/10.3390/electronics14204078.
3. Lemeshko, O., Yeremenko, O., Titarenko, L., Barkalov, A. Hierarchical Queue Management Priority and Balancing Based Method under the Interaction Prediction Principle. Electronics 2023, 12, 675. DOI: https://doi.org/10.3390/electronics12030675.

УДК: 004.7:004.415.2
В. Семанюк; Є. Тиш, к. т. н.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ ДО МОНІТОРИНГУ ЛОКАЛЬНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ ТА ОЦІНЮВАННЯ ЇХ ЕФЕКТИВНОСТІ

UDC: 004.7:004.415.2
V. Semaniuk; Ie. Tysh, PhD.

ANALYSIS OF MODERN APPROACHES TO LOCAL COMPUTER NETWORK MONITORING AND EVALUATION OF THEIR EFFICIENCY

Стрімка цифровізація бізнес-процесів, розвиток хмарної інфраструктури та зростання обсягів мережевого трафіку спричиняють підвищені вимоги до контролю стану локальних комп'ютерних мереж. У цих умовах традиційні підходи до технічного нагляду вже не забезпечують необхідного рівня видимості мережевих процесів. Сучасні організації потребують не лише швидкого виявлення збоїв, а й глибокого інтелектуального аналізу подій для забезпечення безперервності сервісів. Моніторинг мереж перетворюється із базового технічного завдання на комплексний процес оцінювання ефективності роботи інфраструктури, що охоплює продуктивність, надійність, безпеку та прогнозування навантаження.

Традиційні інструменти спостереження – SNMP-моніторинг, RMON-аналізатори, лог-агрегація – залишаються основою контролю параметрів мережевих пристроїв. Вони забезпечують базову діагностику, яка лишається актуальною у невеликих та стабільних мережах. Проте їх можливості обмежені лише фіксацією станів та подій. На зміну їм приходять інтегровані платформи моніторингу нового покоління: Zabbix, PRTG, Nagios, SolarWinds, які підтримують автоматизоване виявлення вузлів, кореляцію інцидентів, аналітику SLA та адаптивні порогові значення. Завдяки модульній структурі ці системи легко масштабуються та доповнюються новими функціональними компонентами. Поєднання телеметрії з різнорівневих джерел формує єдиний інформаційний простір для прийняття управлінських рішень. Більш того, такі платформи дедалі частіше інтегруються з сервісами хмарних провайдерів, що спрощує управління гібридними інфраструктурами. Це дозволяє зменшити операційні витрати та підвищити узгодженість обробки даних.

Подальший розвиток забезпечують інтелектуальні технології – машинне навчання, системи виявлення аномалій та прогнозні моделі навантаження. Вони дозволяють не лише розпізнавати нетипові патерни трафіку, але й завчасно визначати критичні точки, моделювати поведінку мережі та оптимізувати розподіл ресурсів. Алгоритми глибинного навчання дедалі частіше застосовуються для аналізу потоків даних у реальному часі, що підвищує точність прогнозування інцидентів. Такий підхід підвищує рівень кіберстійкості, мінімізує ризики простоїв та сприяє ефективному масштабуванню інфраструктури.

Комплексний аналіз сучасних підходів свідчить про перехід від реактивного моніторингу до проактивного управління мережею. Оцінювання ефективності локальних мереж сьогодні базується не лише на класичних метриках (завантаження каналів, затримки, помилки), а й на інтелектуальних показниках: узгодженості трафіку, рівні аномальності, прогнозованому ризику збоїв. Такі метрики дозволяють точніше формувати профілі нормальної поведінки мережі та оперативно реагувати на відхилення. Таким чином, сучасні мережі потребують адаптивних систем контролю, здатних інтегрувати телеметрію, аналітику та автоматизацію для забезпечення максимальної продуктивності та стабільності роботи.

УДК: 004.7:004.421.2
В. Семанюк; Є. Тиш, к. т. н.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

СТРУКТУРНІ ОСОБЛИВОСТІ ЛОКАЛЬНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ ТА ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЇХНЮ ПРОДУКТИВНІСТЬ

UDC: 004.7:004.421.2
V. Semaniuk; Ie. Tysh, PhD.

STRUCTURAL FEATURES OF LOCAL COMPUTER NETWORKS AND FACTORS AFFECTING THEIR PERFORMANCE

Локальні комп'ютерні мережі (ЛКМ) посідають ключове місце в інфраструктурі сучасних організацій, забезпечуючи швидкий обмін даними, доступ до корпоративних ресурсів та підтримку критично важливих сервісів. Із зростанням обсягів трафіку, появою хмарних застосунків та високими вимогами до безпеки значно ускладнюється побудова оптимальної мережевої архітектури. Її якість визначається не лише фізичною структурою, але й комплексом технологічних та організаційних факторів, які безпосередньо впливають на продуктивність, масштабованість та надійність ЛКМ. Зростання популярності віртуалізації мережевих функцій (NFV) та програмно-конфігурованих мереж (SDN) також змінює традиційні підходи до проєктування таких систем. Це забезпечує більшу гнучкість та можливість централізованого керування мережевими політиками.

Структурні особливості локальної мережі формуються на основі вибору топології (зірка, дерево, шина тощо), принципів сегментації, типів кабельної системи, характеристик активного обладнання та особливостей внутрішньої комутаційної архітектури (комутаційної фабрики). Відповідність цих елементів реальним вимогам бізнес-процесів визначає здатність мережі ефективно обробляти трафік та мінімізувати затримки. Важливим чинником залишається якість комутаційної інфраструктури: пропускна здатність портів, підтримка апаратного QoS, наявність механізмів ізоляції трафіку (VLAN, VRF) та можливості апаратного прискорення маршрутизації. Не менш важливою є оптимальна адресація IPv4/IPv6, яка впливає на ефективність маршрутизації та стійкість мережі до розширення. Крім того, правильна сегментація дозволяє зменшити рівень широкомовного трафіку та підвищити загальну продуктивність мережі.

На продуктивність ЛКМ впливають також зовнішні фактори: рівень кіберзагроз, інтенсивність сервісного навантаження, коректність конфігурації маршрутизаторів і комутаторів, а також застосування систем моніторингу (SNMP, NetFlow, Zabbix, Prometheus), які дають змогу оперативно виявляти аномалії та запобігати деградації мережі. Ключовим аспектом є дотримання принципів високої доступності та відмовостійкості – резервування каналів, балансування навантаження, використання протоколів STP/RSTP/MSTP та механізмів швидкого переключення. Порушення цих принципів може призвести до значних простоїв та втрати критично важливих даних. Водночас правильна політика безпеки, включно із застосуванням міжмережевих екранів та систем IDS/IPS, суттєво знижує ризики несанкціонованого доступу та внутрішніх інцидентів.

З урахуванням розвитку інтелектуальних технологій зростає роль автоматизованого аналізу трафіку, прогнозування навантажень та застосування машинного навчання для оцінювання ефективності мережевої інфраструктури. Такий підхід забезпечує не лише стабільність роботи ЛКМ, а й можливість її проактивної оптимізації відповідно до змін у цифровому середовищі. У перспективі очікується інтеграція локальних мереж із системами автономного керування, що дозволить динамічно адаптувати параметри мережі до умов у реальному часі. Це відкриває шлях до побудови самокерованих мереж (Self-Driving Networks), які мінімізують втручання адміністратора та підвищують загальну ефективність інфраструктури.

УДК 004.738.5
Ю. Сеник; Я. Литвиненко, д. т. н., проф.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ОГЛЯД МІКРОКОНТРОЛЕРІВ ДЛЯ ЗАДАЧІ КОНТРОЛЮ КЛІМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ

UDC 004.738.5
Y. Senyk; I. Lytvynenko, Dr., Prof.

A REVIEW OF MICROCONTROLLERS FOR CLIMATE CONTROL

Стрімкий розвиток цифрових технологій та концепції Інтернету речей (Internet of Things, IoT) зумовив широке впровадження інтелектуальних систем моніторингу та керування параметрами навколишнього середовища. Одним із ключових елементів таких систем є мікроконтролер це компактний обчислювальний пристрій, який поєднує у собі функції процесора, пам'яті та периферійних модулів введення-виведення, що дозволяє ефективно збирати, обробляти та передавати інформацію з датчиків у режимі реального часу.

Дана теза стосується огляду мікроконтролерів для задачі задачі контролю кліматичних параметрів.

Сучасні IoT-системи контролю кліматичних параметрів широко застосовуються в «розумних» будівлях, теплицях, промислових приміщеннях та серверних центрах. Основними параметрами, що контролюються, є температура, вологість, атмосферний тиск, рівень CO_2 та якість повітря. Центральним елементом таких систем виступає мікроконтролер, від характеристик якого залежить точність, стабільність та енергоефективність всієї системи.

Для роботи в подібних системах мікроконтролер повинен відповідати низці вимог: мати низьке енергоспоживання, підтримувати сучасні протоколи зв'язку, володіти достатньою кількістю інтерфейсів для підключення датчиків, а також забезпечувати обробку даних у режимі реального часу. Не менш важливими є доступність програмних засобів розробки та наявність спільноти користувачів.

Одними з найбільш популярних рішень у сфері IoT є мікроконтролери серії ESP (ESP8266, ESP32), які поєднують у собі обчислювальне ядро та безпровідні модулі зв'язку. ESP8266 залишається актуальним для простих систем моніторингу завдяки низькій вартості та вбудованій підтримці Wi-Fi. Проте обмежена кількість входів/виходів і лише один аналоговий вхід зменшують можливості його застосування у багатофункціональних системах.

Більш потужним і універсальним варіантом є ESP32, який оснащений двоядерним процесором, модулями Wi-Fi і Bluetooth, розширеним набором периферійних інтерфейсів та підтримкою технології енергозбереження. Завдяки цьому ESP32 здатний обробляти значні обсяги даних, одночасно керуючи кількома сенсорами й виконавчими пристроями. Це робить його доцільним вибором для складних кліматичних IoT-систем.

У промислових рішеннях широко застосовуються мікроконтролери серії STM32, які характеризуються високою точністю вбудованих аналого-цифрових перетворювачів, стабільністю роботи та низьким енергоспоживанням. Вони придатні до використання в умовах підвищених вимог до надійності. Однак процес розробки під такі мікроконтролери є складнішим і вимагає глибших інженерних знань.

Для навчальних та експериментальних цілей використовуються плати сімейства Arduino, які відзначаються простотою програмування та широким вибором бібліотек. Їхня продуктивність значно поступається сучасним 32-бітним мікроконтролерам, тому в IoT-проєктах Arduino доцільно застосовувати переважно як допоміжний або навчальний інструмент.

Окрему нішу займає мікроконтролер RP2040 (Raspberry Pi Pico / Pico W), який демонструє хороше співвідношення ціни та продуктивності. Версія Pico W з вбудованим Wi-Fi

може бути використана у бюджетних IoT-системах моніторингу клімату, проте вона поступається ESP32 за функціональністю бездротових можливостей.

Перспективним рішенням також вважається Raspberry Pi Pico W, який поєднує низьку вартість, достатню обчислювальну потужність та наявність бездротового зв'язку. Це робить його конкурентоспроможним варіантом для компактних кліматичних датчиків і систем дистанційного моніторингу.

Таким чином, аналіз показує, що вибір конкретного мікроконтролера для задач контролю кліматичних параметрів залежить від вимог до енергоспоживання, кількості датчиків, способу передачі даних та складності алгоритмів обробки. Найбільш універсальним рішенням на на шу думку є ESP32, тоді як STM32 доцільний для промислового застосування, а Arduino й Raspberry Pi Pico W – для навчальних та експериментальних IoT-проєктів.

Література

1. Давачі які застосовують в розумному будинку. К.К. Зеленський, Я.В. Литвиненко. Тези доповідей XI науково-технічної конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» // Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя,13-14 грудня, 2023. – С. 48.
2. Огляд мікроконтролерів для побудови розумного будинку. К.К. Зеленський, Я.В. Литвиненко. Тези доповідей XI науково-технічної конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» // Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, 13-14 грудня, 2023. – С. 49.

УДК 621.391
А. Спесівцев
(Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна)

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАСОБУ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ РЕЙТИНГУ МЕРЕЖНИХ ПРИСТРОЇВ З УРАХУВАННЯМ ПАРАМЕТРІВ БЕЗПЕКИ

UDC 621.391
A. Spesivtsev

DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR RATING NETWORK DEVICES TAKING INTO ACCOUNT SECURITY PARAMETERS

Розроблено програмний інструмент для аналізу характеристик безпеки мережного обладнання з метою підтримки прийняття рішень при проєктуванні захищеної мережної інфраструктури. Проаналізовано наявні підходи до оцінювання характеристик безпеки мережного обладнання, сучасні методи аналізу вразливостей, особливості представлення інформації в базах CVE, CVSS і NVD, а також інструменти, які можуть бути використані для побудови подібних систем [1]. Показано, що на теперішній час актуальною є потреба в автоматизованих засобах, які дозволяють швидко, достовірно та на основі відкритих даних оцінювати ризики, пов'язані з використанням мережного обладнання, та забезпечувати прийняття обґрунтованих рішень під час проєктування. З огляду на актуальність проблеми зростання кількості вразливостей та необхідність оперативного реагування на кіберзагрози, запропоновано підхід до ранжування мережних пристроїв за критеріями безпеки на основі даних з баз CVE, CVSS та NVD.

Запропоновано програмний засіб у вигляді вебзастосунку, який реалізує повний цикл роботи з інформацією про вразливості мережного обладнання – від збору даних і зберігання у базі PostgreSQL до обробки, аналітики та візуалізації результатів через зручний інтерфейс [2]. Система реалізована із застосуванням сучасного технологічного стеку, включно з Django, React, TypeScript і Tailwind CSS. Розроблено структуру бази даних, реалізовано API для взаємодії між клієнтською та серверною частинами, а також аналітичний модуль для формування рейтингів. Проведено тестування основних функціональних компонентів вебзастосунку, що підтвердило його працездатність, коректність обробки даних і придатність до використання в задачах проєктування захищеної інфокомунікаційної інфраструктури. Також вебзастосунок використано при дослідженні маршрутних рішень в інфокомунікаційній мережі [3].

Результати роботи доцільно використовувати для подальшого вдосконалення процесів оцінювання ризиків інформаційної безпеки, інтеграції з іншими системами кіберзахисту, а також у практиці прийняття технічних рішень щодо вибору обладнання в умовах підвищених вимог до захищеності мереж.

Література

1. CVE and CVSS: Vulnerability Assessment & Severity Ratings. URL: https://www.opus.security/blog/cve-cvss (дата звернення: 01.12.2025).
2. PostgreSQL: The World's Most Advanced Open Source Relational Database. URL: https://www.postgresql.org/ (дата звернення: 01.12.2025).
3. Лемешко, О. В., Єременко, О. С., Невзорова, О. С., 2020. Потокові моделі та методи маршрутизації в інфокомунікаційних мережах: відмовостійкість, безпека, масштабованість. Харків: ХНУРЕ. 308 с. DOI:https://doi.org/10.30837/978-966-659-282-1.

УДК 004.89
В. Стецько; М. Приймак, д. т. н., проф.; Р. Жаровський, к. т. н.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

МЕТОДИКА І АЛГОРИТМ РОЗРАХУНКУ ТРАЄКТОРІЇ РУХУ РОБОТИЗОВАНОЇ ГАЗОНОКОСАРКИ

UDC 004.89
V. Stetsko; M. Priymak, Dr., Prof.; R. Zharovskyi, PhD.

METHODOLOGY AND ALGORITHM FOR CALCULATING THE TRAJECTORY OF A ROBOTIC LAWN MOWER

Побудова оптимальної траєкторії автономної газонокосарки є ключовою проблемою робототехнічних систем обслуговування територій. Аналіз сучасних підходів показує, що для малогабаритних роботів найбільш практичними є методи, засновані на локальному позиціонуванні та геометричному описі робочої зони [1]. Для забезпечення рівномірного скошування необхідно точно визначати координати периметра, обчислювати кути повороту та формувати внутрішні лінії проходу.

Алгоритм роботи розробленої системи управління наступний [2]:

1. Визначається периметр ділянки, на якій планується скошування газонної трави;
2. Під час руху робота система позиціонування відстежує координати точок по периметру із необхідним кроком;
3. Система позиціонування фіксує координати в програмі у вигляді масиву даних.

Першим етапом визначається периметр ділянки у ручному режимі за допомогою телеметрії. Система позиціонування формує масив координат

$$P = \{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)\},$$

що описує замкнений контур ділянки (рис.1).

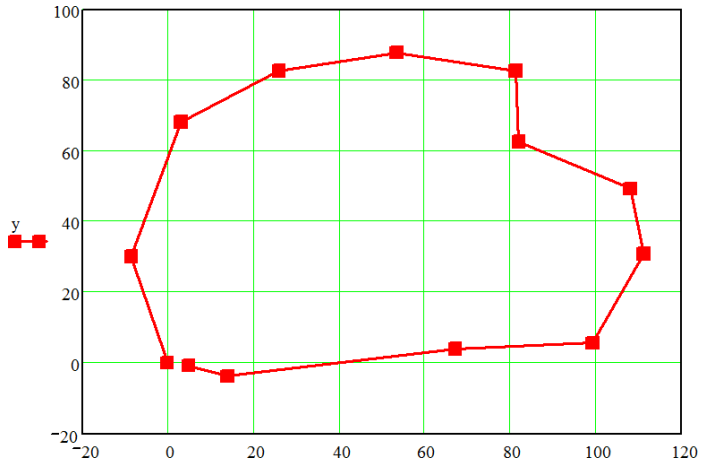


Рисунок 1. Графік координат периметра зовнішнього контуру ділянки

Для розрахунку кута повороту будемо використовувати формулу для обчислення косинуса кута між двома векторами на площині. Потім необхідно здійснити розрахунок напрямку повороту, для цього необхідно визначити визначник матриці різниць між координатами [3].

Наступним етапом є визначення центру фігури утвореної наведеної на рис. 1. Це необхідно зробити для подальшого рівномірного заповнення всієї площі поля для скошування з врахуванням ширини захоплення газонокосарки.

В результаті отримано значення координат точок траєкторії руху в вигляді матриці значень (рис. 2).

Xtrack =

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0	-8.4	3.1	25.9	53.4	81.2	82	108.2	111.4	99.3	67.3	14	5
1	13.4	7.1	15.7	32.8	53.4	74.3	74.9	94.5	96.9	87.9	63.9	23.9	17.1
2	26.8	22.6	28.3	39.7	53.4	67.4	67.8	80.9	82.5	76.4	60.4	33.8	29.3
3	40.1	38	40.9	46.6	53.5	60.5	60.6	67.2	68	65	57	43.6	41.4

Ytrack =

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0	30	68.1	82.7	87.9	82.7	62.7	49.4	30.8	5.5	4	-4	-1
1	10.4	32.9	61.5	72.4	76.3	72.4	57.4	47.4	33.5	14.5	13.4	7.4	9.6
2	20.8	35.8	54.8	62.1	64.7	62.1	52.1	45.5	36.2	23.5	22.8	18.8	20.3
3	31.2	38.7	48.2	51.9	53.2	51.9	46.9	43.5	38.9	32.6	32.2	30.2	30.9

Рисунок 2. Матриці координат точок траєкторії руху

У результаті формується графік (рис. 3), на якому видно набір паралельних траєкторій різного радіуса. Частина траєкторій має нерівномірні відстані між лініями, що призводить до часткового повторного проходження.

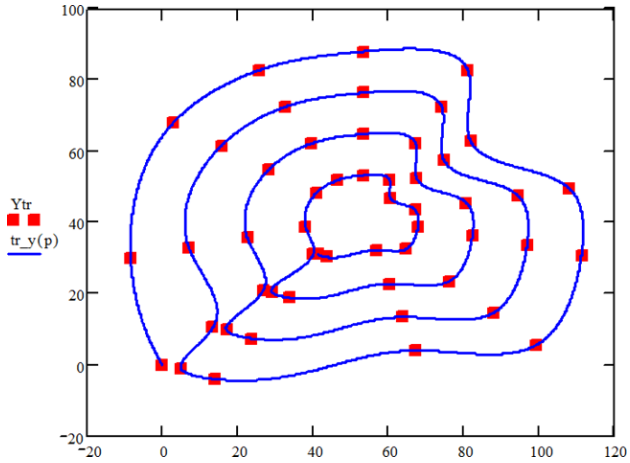


Рисунок 3. Графік з опорними точками траєкторії руху газонокосарки

Оцінку продуктивності можна зробити після порівняння загальної площі фігури поля та площі, яка обробилася б під час руху газонокосарки без перекриття, але з урахуванням довжини пройденого шляху. В нашому випадку значення коефіцієнту ефективності було 0.784. Такий показник був отриманий оскільки частково було подвійне проходження в верхній правій частині. Збільшити даний показник можна шляхом корекції центру ділянки або зміною траєкторії руху.

Література

1. Chandra R., Sawitri D. R. Control Design and Implementation of Autonomous Robotic Lawnmower Trajectory Tracking Using Feedback Linearization Methodologies. IJIGSP. 2024. Vol. 16, no. 1, p. 1–13.
2. Vieri M., Sarri D., Graziani M. Tracking Long-Distance Systematic Trajectories of Different Patterns to Improve the Quality of Autonomous Mowing. Agronomy. 2025. Vol. 15, no. 1, p. 2473. URL: www.mdpi.com (дата звернення: 10.12.2025).
3. Zhang X., Tian M., Jiang Z. Application of Path Planning and Tracking Control Technology in Mowing Robots. Agriculture. 2024. Vol. 14, no. 1, p. 129.

УДК 004.056.5:004.8
О. Цвірла; І. Мудрий; Н. Луцик, доктор філософії, доц.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ КРИПТОГРАФІЧНОЇ ЯКОСТІ ХЕШ-СТРІЧОК У ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

UDC 004.056.5:004.8
O. Tsvirla; I. Mudryi; N. Lutsyk, PhD., Assoc. Prof.

INTELLIGENT METHODS FOR ASSESSING THE CRYPTOGRAPHIC QUALITY OF HASH STRINGS IN INFORMATION SYSTEMS

Сучасні інформаційні системи широко використовують хеш-функції для забезпечення автентифікації, контролю цілісності та захисту проміжних даних у комунікаційних та обчислювальних процесах. Поширення застарілих або криптографічно слабких алгоритмів створює значні ризики для стабільності комп'ютерно-інформаційних технологій і систем зв'язку, особливо в умовах стрімкого розвитку апаратного прискорення та зростання обчислювальних потужностей [1–2].

Проблемним аспектом є відсутність інструментів, здатних оцінювати якість хеш-функцій не за формальними ознаками алгоритму, а за реальними структурними характеристиками сформованих хеш-рядків. Для підвищення рівня криптографічної стійкості інформаційних інфраструктур актуальним стає застосування методів інтелектуального аналізу, що дозволяють визначати потенційний рівень небезпеки хеш-значень на основі їх внутрішніх властивостей.

Перспективним напрямом є використання математичних моделей, зорієнтованих на аналіз ентропійних характеристик, алфавітних розподілів, довжини, структурної варіативності та поведінкових патернів хеш-стрічок. Таке багатовимірне представлення ознак дає змогу розмежовувати стійкі та вразливі хеш-функції без застосування криптоаналітичних атак або перебору.

Використання інтелектуальних алгоритмів машинного навчання забезпечує автоматизоване оцінювання криптографічного ризику у великих масивах даних у режимі реального часу. Інтеграція багатопотокових механізмів обробки дозволяє впроваджувати такі підходи в масштабовані інформаційні системи, телекомунікаційні мережі та інші високонавантажені технологічні середовища, де критичною є безперервність і надійність інформаційних потоків.

Важливою складовою інтелектуального аналізу є здатність моделі адаптуватися до нових алгоритмів хешування та змінених параметрів існуючих криптографічних стандартів. Використання адаптивних підходів дозволяє підтримувати актуальність оцінювання навіть у разі появи модифікованих схем хешування або нових форматів даних, типових для корпоративних екосистем та хмарних інфраструктур.

Крім того, застосування інтелектуальних механізмів пріоритизації ризиків забезпечує можливість автоматичного виділення критично небезпечних хеш-значень, що потребують негайної уваги адміністратора. Формування рейтингу криптографічної небезпеки підвищує ефективність прийняття рішень та сприяє оптимізації політик безпеки. Це створює передумови для побудови проактивних систем захисту, здатних адаптуватися до нових векторів атак і забезпечувати стабільність інформаційних сервісів.

Застосування інтелектуальних криптоаналітичних методів сприяє зміцненню стійкості каналів зв'язку, зменшенню ризику несанкціонованого доступу та підвищенню загального рівня безпеки сучасних комп'ютерно-інформаційних технологій. Це формує основу для створення адаптивних систем захисту, здатних реагувати на нові типи загроз та забезпечувати належний рівень криптографічної надійності у динамічних інфраструктурах.

Література

1. Stallings W. *Cryptography and Network Security.* Pearson, 2023. С. 145–210.
2. Aghaei A., Homayoun H., Sasan A. 2020. *Hash Function Security Evaluation via Machine Learning-Based Structural Analysis.* ACM, С. 1–10.

УДК 004.85
В. Шипка
(Тернопільський національний університет імені Івана Пулюя, Україна)

АПАРАТНО-АДАПТИВНИЙ ПІДХІД ДО ОПТИМІЗАЦІЇ ОНЛАЙН-НАВЧАННЯ НА ПРИСТРОЯХ TINYML

UDC 004.85
V. Shypka

HARDWARE-ADAPTIVE APPROACH TO OPTIMIZATION OF ONLINE LEARNING ON TINYML DEVICES

Інструмент TinyML (Tiny Machine Learning) дозволяє виконувати моделі штучного інтелекту на мікроконтролерах з низьким споживанням потужності. Це відкриває можливості для створення нового покоління «розумних» автономних пристроїв. Проте, більшість сучасних рішень зосереджені на статичному виконанні попередньо навчених моделей. Можливість онлайн-навчання моделей штучного інтелекту, тобто адаптації моделі до нових даних безпосередньо на пристрої, залишається актуальним через жорсткі обмеження пам'яті та обчислювальної потужності.

Стандартні методи оптимізації, такі як прунінг та квантизація, ефективно зменшують розмір моделей для виконання. Однак вони не призначені для процесу навчання, який вимагає обчислення градієнтів та збереження проміжних активацій, що є нетривіальною задачею для мікроконтролерів. Існуючі «апаратно-незалежні» (hardware-agnostic) підходи до онлайн-навчання [1] часто призводять до неефективного використання ресурсів, оскільки ігнорують специфіку архітектури конкретного мікроконтролера.

Процес оптимізації відбувається не в загальному, а з урахуванням унікальних характеристик цільової платформи.

Метод базується на моделі, яка враховує: час, пам'ять, обчислень для конкретної архітектури. Перед початком донавчання алгоритм аналізує апаратні обмеження та динамічно визначає оптимальну комбінацію стиснення, яка максимізує точність при мінімальних витратах ресурсів.

Проведення обчислювального експерименту необхідно здійснити на реальних мікроконтролерних платах, провести порівняльний аналіз запропонованого методу з базовими підходами за такими критеріями:

- Використання пікової SRAM-пам'яті під час циклу донавчання (КБ).
- Час, необхідний для одного циклу донавчання (мс).
- Кінцева точність моделі після N циклів адаптації (%).

В результаті отримані дані дозволять створити автономні та адаптивні апаратні пристрої. Такий підхід дозволить скоротити вимоги до оперативної пам'яті та прискорити процес донавчання, при збереженні високої точності моделі. Розробка такого підходу є актуальною задачею, що дозволить створювати по-справжньому автономні та адаптивні інтелектуальні пристрої.

Література

1. Cai H., Gan C., Han S. TinyOL: TinyML with Online-Learning on Microcontrollers. arXiv preprint arXiv:2104.10260. 2021. URL: https://arxiv.org/abs/2104.10260 (дата звернення: 06.11.2025).
2. David R., Duke J., Jain A. et al. TensorFlow Lite Micro: Embedded machine learning on tiny-RAM-T-devices. Proceedings of Machine Learning and Systems. 2021. Vol. 3. P. 800–811.

УДК 004.77:004.8
Г. Липак, к. соц. ком., доц.; О. Ющенко
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ІНТЕГРАЦІЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ РІШЕНЬ В ЕКОСИСТЕМУ WORDPRESS ДЛЯ E-COMMERCE ПЛАТФОРМ

UDC 004.77:004.8
H. Lypak, PhD., Assoc. Prof; O. Yushchenko

INTEGRATION OF INTELLIGENT SOLUTIONS INTO THE WORDPRESS ECOSYSTEM FOR E-COMMERCE PLATFORMS

Ринок електронної комерції вимагає від сучасних веб-ресурсів гнучкості, швидкодії та персоналізації користувацького досвіду [1]. Веб-магазин, розроблений на базі CMS WordPress та плагіна WooCommerce, потребує модернізації для підвищення конкурентоспроможності. Метою роботи є впровадження інтелектуальних сервісів виключно засобами екосистеми WordPress, без залучення ресурсомістких зовнішніх архітектур.

Більшість класичних рішень з впровадження штучного інтелекту вимагають розгортання окремих серверів, що ускладнює підтримку та масштабування проекту малим бізнесом. Запропоновано підхід, що базується на використанні модульної архітектури та нативної інтеграції спеціалізованих плагінів безпосередньо в середовищі CMS [2].

Для модернізації магазину обрано такий стек рішень:

1. Інтеграція інструментів на базі AI Engine дозволяє автоматизувати створення унікальних, SEO-оптимізованих описів для карток товарів та генерувати мета-теги безпосередньо в адміністративній панелі [3]. Це значно пришвидшує наповнення магазину новим асортиментом та вирішує проблему дублювання текстів, що відповідає вимогам пошукових систем [4].

2. Замість статичних блоків «Схожі товари», які налаштовуються вручну, пропонується використання алгоритмічних модулів WooCommerce. Вони аналізують зв’язки між категоріями та історію переглядів, формуючи динамічні пропозиції для користувача, що сприяє збільшенню середнього чека [5].

3. Використання внутрішніх аналітичних інструментів CMS для моніторингу попиту на сезонні групи товарів, що дозволяє адміністратору оптимізувати складські запаси.

Отже, використання нативних засобів та архітектури плагінів WordPress для інтелектуалізації веб-магазину дозволяє значно знизити вартість розробки та спростити адміністрування. Такий підхід трансформує стандартний інтернет-магазин у сучасну платформу з елементами автоматизації, зберігаючи при цьому зручність керування контентом.

Література

1. Chaffey D. Digital Business and E-commerce Management. Pearson, 2019. 680 p.
2. Williams B., Damstra D., Stern H. Professional WordPress: Design and Development. Wrox, 2020. 456 p.
3. Meow Apps. AI Engine: ChatGPT & Content Generator. URL: https://meowapps.com/ai-engine/.
4. Google Search Essentials. URL: https://developers.google.com/search/docs/essentials.
5. WooCommerce Documentation. Managing Products & SEO. URL: https://woocommerce.com/document/.

УДК 004.89:658.8
Г. Липак, к. соц. ком., доц.; О. Ющенко
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ПІДВИЩЕННЯ КОНВЕРСІЇ ІНТЕРНЕТ-МАГАЗИНУ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ ІНТЕРАКТИВНИХ СЕРВІСІВ ТА AI-АСИСТЕНТІВ

UDC 004.89:658.8
H. Lypak, PhD., Assoc. Prof; O. Yushchenko

INCREASING ONLINE STORE CONVERSION THROUGH THE IMPLEMENTATION OF INTERACTIVE SERVICE AND AI ASSISTANS

У висококонкурентній ніші стандартного каталогу товарів недостатньо для утримання уваги користувача та формування лояльності [1]. Веб-магазин спортивного харчування потребує інструментів, що збільшують час перебування клієнта на сайті (поведінкові фактори) та формують експертний імідж бренду. Метою роботи є створення екосистеми корисних сервісів засобами WordPress.

Замість пасивної вітрини товарів, пропонується реалізація концепції «навчання та підбір» через впровадження наступних функціональних модулів:

1. Інтерактивні обчислювальні модулі**.** Розробка та інтеграція калькуляторів для спортсменів (розрахунок одноповторного максимуму 1RM [2], індексу маси тіла, потреби в калоріях). Реалізація виконується за допомогою плагінів динамічних форм або шляхом вбудовування JS-скриптів, згенерованих штучним інтелектом. Це дозволяє користувачеві отримати корисні дані безпосередньо на сторінці товару, стимулюючи імпульсні покупки [3].

2. База знань («Тренування»). Створення розділу з технікою виконання вправ, де текстовий контент автоматично структурується плагінами на базі AI (для швидкого створення інструкцій), а візуалізація забезпечується інтеграцією відеоконтенту. Це перетворює магазин на інформаційний портал, покращуючи SEO-ранжування за інформаційними запитами [4].

3. Автоматизований консультант. Впровадження віджету чат-бота з підключенням до API великих мовних моделей[5]. Бот забезпечує первинну консультацію клієнтів 24/7, допомагаючи з навігацією по сайту та відповідями на типові запитання.

Отже, комплексне впровадження калькуляторів, навчального контенту та AI-асистента значно покращує взаємодію користувача з сайтом «StrongMan». Запропоновані рішення реалізуються стандартними засобами CMS WordPress, не вимагають значних фінансових вкладень та формують додаткову цінність для клієнта.

Література

1. Nielsen J., Budiu R. Mobile Usability. Nielsen Norman Group, 2012. 162 p.
2. Brzycki M. Strength Testing—Predicting a One-Rep Max from Reps-to-Fatigue. Journal of Physical Education, Recreation & Dance. 1993. Vol. 64, no. 1. P. 88–90.
3. Ash T., Ginty M., Page R. Landing Page Optimization: The Definitive Guide to Testing and Tuning for Conversions. Sybex, 2012. 408 p.
4. Shneiderman B., Plaisant C. Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction. Pearson, 2016. 672 p.
5. OpenAI API Documentation. Chat Completions API. URL: https://platform.openai.com/docs/guides/chat.

УДК 681.5
Р. Якобчук; Ю. Лещишин, к. т. н.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

МЕТОД ВІДНОСНОЇ ЛОКАЛІЗАЦІЇ БЕЗПІЛОТНИХ АПАРАТІВ У РОЯХ З ВИКОРИСТАННЯМ UWB ТЕХНОЛОГІЇ

UDC 681.5
R. Yakobchuk; Y. Leshchyshyn, PhD.

METHOD OF RELATIVE LOCALIZATION OF UNMANNED AERIAL VEHICLES IN SWARMS USING UWB TECHNOLOGY

Забезпечення стійкої навігації мультиагентних робототехнічних систем в умовах відсутності супутникового сигналу GNSS є критичним завданням для виконання автономних місій у приміщеннях та зонах щільної забудови [1]. Традиційні методи, що базуються на комп'ютерному зорі або вимірюванні рівня сигналу, часто не забезпечують необхідної точності та швидкодії [2]. У роботі розроблено метод відносної локалізації агентів рою з використанням технології надширокосмугового зв'язку UWB, яка дозволяє вимірювати дистанцію з сантиметровою точністю та високою стійкістю до багатопроменевого поширення радіохвиль [3].

Основу методу складає алгоритм ітераційної лінеаризації Ньютона-Гауса, який розв'язує задачу мультилатерації шляхом мінімізації сумарної квадратичної похибки нев'язок між виміряними та розрахунковими відстанями. Математична модель враховує стохастичну природу вимірювань UWB, моделюючи їх як суму істинної відстані та адитивного білого шуму. Для підвищення точності в динаміці застосовано комплексування даних далекоміра з показаннями інерціальних датчиків через фільтр Калмана, що дозволяє згладити траєкторію та отримати оцінку швидкості.

Ефективність запропонованого методу перевірено шляхом імітаційного моделювання руху безпілотного апарата по коловій траєкторії з параметрами шумів, наближеними до реальних сенсорів. Результати моделювання наведено на рисунку 1.

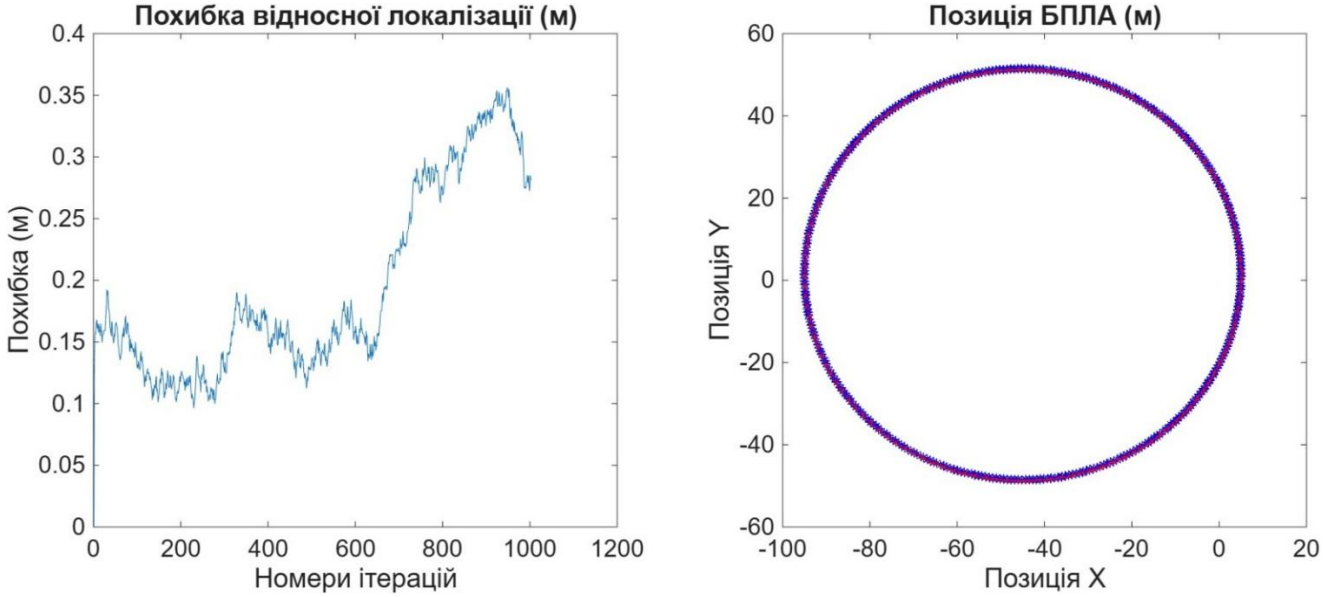


Рисунок 1. Результати моделювання роботи алгоритму оцінки позиції

Графік ліворуч ілюструє динаміку абсолютної похибки оцінювання координат. Помилка має стохастичний характер і змінюється в межах 0,10–0,35 м, що є допустимим для задач групового керування та утримання безпечної дистанції в строю. Графік праворуч відображає роботу алгоритму у просторі, де синя лінія оціненої траєкторії з високою точністю відтворює еталонну колову траєкторію, позначену червоним пунктиром.

Результати підтверджують, що розроблений метод забезпечує стабільну локалізацію з похибкою, яка не перевищує геометричних габаритів типового дрона, що дозволяє використовувати його для реалізації алгоритмів автономного польоту рою.

Література

1. Zhang S., Wang E., Wang Y., et al. A Low-Cost UAV Swarm Relative Positioning Architecture Based on BDS/Barometer/UWB. IEEE Sensors Journal. 2024. Vol. 24, no. 23. P. 39659–39668. URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/10716450.
2. Czaja B., Maślanka K., Skokowski P., Kelner J. Overview of Mutual Localization Techniques Between Unmanned Aerial Vehicles in Swarm. TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. 2025. Vol. 19, no. 1. P. 317–324. URL: https://www.transnav.eu/Article_Overview_of_Mutual_Localization_Czaja,73,1507.html.
3. Zhao P., Zhang H., Liu G., et al. A UWB-AOA/IMU Integrated Navigation System for 6-DoF Indoor UAV Localization. Drones. 2025. Vol. 9, iss. 8. 546. URL: https://www.mdpi.com/2504-446X/9/ 8/546.

СЕКЦІЯ 4. ПРОГРАМНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМ

УДК 004.41
В. Барабаш; М. Петрик, д. ф.-м. н., проф.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ПРОЄКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ВЕБЗАСТОСУНКУ ДЛЯ ОРЕНДИ ВЕЛОСИПЕДІВ З ВИКОРИСТАННЯМ .NET ТА ANGULAR

UDC 004.41
V. Barabash; M. Petryk, Dr., Prof.

DESIGN AND DEVELOPMENT OF A WEB APPLICATION FOR BICYCLE RENTAL USING .NET AND ANGULAR

Ключові слова: веб-застосунок, оренда велосипедів, .NET, Angular, REST API, front-end, back-end, база даних, тестування.

Key words: web application, bicycle rental, .NET, Angular, REST API, front-end, back-end, database, testing

У цій роботі досліджується проектування та впровадження повнофункціональної веб-системи для управління операціями з прокату велосипедів, з акцентом на інтеграцію високопродуктивного серверного рівня .NET з клієнтським інтерфейсом на базі Angular.

Робота спрямована на розробку архітектури, яка забезпечує надійні робочі процеси бронювання, послідовну обробку даних та інтерактивну візуалізацію активів, що здаються в прокат. У дослідженні оцінюються сучасні підходи до програмного забезпечення для спільного використання транспортних засобів, визначаються архітектурні шаблони, які найкраще підтримують масштабованість та зручність користування, і застосовуються до розробки прототипу системи.

Завдяки ітеративному проектуванню, впровадженню та тестуванню, дисертація демонструє, як сучасні веб-технології та комунікація на основі REST можуть бути поєднані для створення стабільної та орієнтованої на користувача платформи управління прокатом.

Література

1. Bike/Car Rental App Development – “Bike Rental App Development : Cost and Process” [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://www.aalpha.net/blog/bike-rental-app-development/]

УДК 004.41
М. Бесащук; В. Бревус, к. т. н.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

АРХІТЕКТУРНЕ ПРОЄКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ВЕБ-ПЛАТФОРМИ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ БІБЛІОТЕЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ НА ОСНОВІ ВІДКРИТИХ ПРОГРАМНИХ РІШЕНЬ

UDC 004.41
M. Besashchuk; V. Brevus, PhD.

ARCHITECTURAL DESIGN AND DEVELOPMENT OF A WEB PLATFORM FOR LIBRARY PROCESSES MANAGEMENT BASED ON OPEN SOFTWARE SOLUTIONS

У сучасних умовах цифровізації освіти та науки бібліотеки відіграють важливу роль як інформаційні центри доступу до знань. Ефективне управління бібліотечними процесами потребує використання сучасних веб-технологій та інтеграції з міжнародними інформаційними ресурсами. Саме тому актуальним є завдання створення веб-платформ на основі відкритих програмних рішень.

Проблема автоматизації бібліотечних процесів полягає у необхідності обробки великих обсягів бібліографічних даних, забезпеченні швидкого доступу до електронних каталогів, підтримці стандартів опису документів і взаємодії з зовнішніми сервісами. Існуючі комерційні системи часто є дорогими та закритими для модифікації, що обумовлює доцільність використання open-source рішень.

У роботі проведено аналіз та адаптацію відкритих архітектур бібліотечних систем, зокрема Koha, Evergreen та VuFind. Визначено їх основні переваги, серед яких модульність, масштабованість, підтримка стандартів MARC та можливість інтеграції через API. На основі цього запропоновано власну модульну архітектуру веб-платформи, що забезпечує гнучке розширення функціональності та незалежність окремих компонентів.

Головні особливості запропонованої платформи:

- Модульність – розподіл системи на незалежні функціональні компоненти.
- Інтеграція – підтримка MARC-каталогів, DOI та API Google Books.
- Масштабованість – можливість розширення системи без зміни її ядра.
- Доступність – використання через веб-браузер з будь-якого пристрою.
- Для розробки та проєктування використано такі технології:
- Open-source фреймворки для серверної та клієнтської частини.
- REST API для обміну даними між модулями.
- Формати MARC21 для обміну бібліографічними записами.
- API Google Books для отримання анотацій, зображень та метаданих книг.
- DOI-сервіси для автоматизованого наповнення наукових публікацій.

У результаті розроблено архітектурну модель веб-платформи для управління бібліотечними процесами, що забезпечує автоматизацію каталогізації, пошуку, обліку та інтеграції з міжнародними бібліографічними джерелами. Система дозволяє значно підвищити ефективність роботи бібліотеки та якість обслуговування користувачів.

Практична значущість роботи полягає у можливості використання розробленої платформи в навчальних, наукових та публічних бібліотеках для створення сучасного електронного інформаційного середовища.

Таким чином, запропоноване архітектурне рішення відповідає сучасним вимогам до інформаційних систем, базується на відкритих технологіях та має високий потенціал для подальшого розвитку.

Література

1. Петрик М.Р., Михалик Д.М., Петрик О.Ю., Цуприк Г.Б. Методичні вказівки до виконання атестаційної роботи магістра за спеціальністю 121 – «Інженерія програмного забезпечення»

для усіх форм навчання – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя – 2020 – 27 с.
2. Koha Open Source Integrated Library System. Official Documentation. – URL: https://koha-community.org.
3. MARC 21 Format for Bibliographic Data. Library of Congress. – URL: https://www.loc.gov/marc/
4. Бойко І.В., Петрик М.Р., Цуприк Г.Б. Моделювання та видобуток даних (високопродуктивні обчислення у великих та числових системах, комбінаторному аналізі): навчальний посібник. Тернопіль: : ТНТУ 2019 – 62 с.
5. Бойко І.В., Петрик М.Р., Цуприк Г.Б. Інформаційні технології видобутку даних (Data mining, високопродуктивні обчислення у складних системах): навчальний посібник. Тернопіль: : ТНТУ 2020 – 62 с.

УДК 004.4
Р. Гануля; Н. Кресінський; І. Козбур; Ю. Тимошенко
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ ДІЙ КОРИСТУВАЧА ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМП'ЮТЕРА

UDC 004.4
R. Hanulia; N. Kresinskyi; I. Kozbur; Y. Tymoshenko

ANALYSIS OF MODERN TOOLS FOR AUTOMATION OF PC USER ACTIONS

Автоматизація дій користувача персонального комп'ютера є ключовим напрямом підвищення продуктивності сучасних інформаційних систем та оптимізації взаємодії людини з комп'ютером. Зростання обсягів рутинних операцій, необхідність багаторазового повторення однакових дій та підвищені вимог до точності спричиняють активний розвиток програмних засобів автоматизації. Дослідження у сфері HCI (human–computer interaction) спрямовані на створення інтерфейсів і систем, що мінімізують навантаження на користувача шляхом автоматизації повсякденних операцій [1].

Сучасні інструменти автоматизації включають макросистеми, скриптові середовища, графічні засоби автоматизації, RPA (Robotic Process Automation), а також інтелектуальні рішення на основі штучного інтелекту. AutoIt – мова сценаріїв для автоматизації GUI та системних процесів, Microsoft Power Automate Desktop – інструмент для побудови складних автоматизованих сценаріїв у ОС Windows, SikuliX – система автоматизації на основі візуального розпізнавання, Robot Framework – платформа для автоматизації та тестування, TinyTask – утиліта для запису та відтворення макросів**,** AutoHotkey – скриптова мова автоматизації GUI-рівня, сценаріїв та створення гарячих клавіш**.** Ці інструменти дозволяють виконувати як прості повторювані дії, так і складні операції взаємодії з операційною системою.

Сучасними інструментами автоматизації є LLM, – GPT, Claude, які виконують рутинні завдання, що потребують ручної роботи або складного програмування. LLM здатні генерувати макроси, сценарії за текстовим описом, інтерпретувати логи, керувати файлами, аналізувати зображення інтерфейсу та виконувати роль «GUI-агента [2]. Розвиток LLM–агентів створює можливості адаптивної та контекстної автоматизації, які не потребують спеціальних технічних навичок від користувача [3]. Порівняльний аналіз інструментів показує, що від простих макросів до інтелектуальних систем на основі ШІ засоби автоматизації спрямовані на зменшення часу виконання задач, усунення людських помилок, покращення взаємодії з інформаційними системами. Розширення можливостей LLM підтверджує перспективність переходу до «розумної автоматизації», яка поєднує традиційні макросистеми з адаптивними, когнітивними моделями взаємодії.

Сучасні засоби автоматизації забезпечують оптимізацію роботи користувача ПК, а інтеграція LLM формує нове покоління інтелектуальних систем, здатних автоматизувати не лише рутинні, але й складні аналітичні або творчі завдання [4].

Література

1. Hornbæk K., Kristensson P. O., Oulasvirta A. Introduction to Human–Computer Interaction. Oxford Academic, 2025.
2. Zhang C., et al. Large Language Model-Brained GUI Agents: A Survey. arXiv, 2024.
3. Huang F., et al. Automatic Macro Mining from Interaction Traces at Scale. arXiv, 2023.
4. El-Gharib N. M., Amyot D. Robotic Process Automation Using Process Mining. arXiv, 2022.

УДК 004.934
І. Гарбар, студент 2-го курсу магістратури кафедри програмних систем і технологій;
К. Духновська, к. т. н., доцент кафедри програмних систем і технологій
(Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Україна)

АДАПТИВНА СИСТЕМА РОЗПІЗНАВАННЯ МОВЛЕННЯ ТА ПЕРЕКЛАДУ

UDC 004.934
I. Harbar, 2nd year Master's student, Department of Software Systems and Technologies;
K. Dukhnovska, PhD., Associate Professor, Department of Software Systems and Technologies

ADAPTIVE SPEECH RECOGNITION AND TRANSLATION SYSTEM

Об’єктом дослідження обрано корейську мову, автоматична обробка якої ускладнена контекстуальною фонетикою та розгалуженою ієрархією ввічливості. На сучасному етапі користувачі змушені шукати компроміс між високоточними хмарними сервісами, використання яких пов'язане з ризиками для приватності, та захищеними, проте менш функціональними автономними інструментами [1].

У роботі обґрунтовано програмна архітектура, спрямована на вирішення оптимізаційної задачі співвідношення точності обробки мовлення та конфіденційності даних. Наукова новизна дослідження полягає у комплексній інтеграції офлайн-моделей та хмарних сервісів у межах єдиної системи автоматичного розпізнавання мовлення (ASR) [2] та машинного перекладу. Реалізовано модульний підхід із використанням стандартизованого конвеєра попередньої обробки аудіосигналів. З метою нівелювання впливу акустичних завад застосовано методи спектрального віднімання, нормалізації амплітуди та сегментації сигналу, що гарантує адаптивність системи до гетерогенних умов експлуатації. Для забезпечення гнучкості підсистеми ASR розроблено гібридну архітектуру, яка поєднує дві моделі з комплементарними характеристиками. Зокрема, модель Vosk забезпечує ефективну конфіденційну обробку на пристроях з обмеженими обчислювальними ресурсами, тоді як модель Whisper гарантує максимальну точність транскрипції навіть за наявності шумів та діалектних варіацій. Такий підхід уможливлює контекстно-залежний вибір між оперативністю автономного режиму та прецизійністю ресурсоємних обчислень. Для підвищення лінгвістичної точності підсистеми машинного перекладу, застосовано метод зваженого ансамблю. Базуючись на синергії «універсальної» моделі та «спеціалізованої» моделі, даний метод демонструє значну перевагу над мономодельними рішеннями.

Результати експериментальних досліджень підтверджують ефективність запропонованої гібридної системи: досягнуто показників WER на рівні 5% та BLEU – 0.85. Модульна архітектура успішно забезпечує баланс між точністю та приватністю, що дозволяє рекомендувати розробку для впровадження у прикладні задачі різного профілю.

Література

1. Radford, A., Kim, J. W., Xu, T., et al. (2023). Robust Speech Recognition via Large-Scale Weak Supervision. In *Proceedings of the 40th International Conference on Machine Learning (ICML)*.
2. Povey, D., Ghoshal, A., Boulianne, G., et al. (2011). The Kaldi speech recognition toolkit. In *IEEE 2011 Workshop on Automatic Speech Recognition and Understanding*.

УДК 004.41
О. Глух; І. Мудрик, доктор філософії
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

МЕТОДИ ТА ПІДХОДИ ДО АВТОМАТИЧНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ ІНТЕРФЕЙСНИХ ЕЛЕМЕНТІВ У ВЕБ-РОЗРОБЦІ НА ОСНОВІ ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ

UDC 004.41
O. Hlukh; I. Mudryk, PhD.

METHODS AND APPROACHES FOR AUTOMATED GENERATION OF INTERFACE ELEMENTS IN WEB DEVELOPMENT USING LARGE LANGUAGE MODELS

Швидкий розвиток великих мовних моделей (LLM) зумовив появу нових підходів до автоматизації процесів створення інтерфейсів у веброзробці. Зокрема, моделі здатні інтерпретувати текстові описи вимог і генерувати варіанти інтерфейсних рішень, що відкриває можливість часткового або повного усунення ручного написання коду UI-компонентів [1]. Такий підхід дозволяє зменшити трудомісткість початкових етапів проєктування та підтримати розробників у формуванні структури та логіки інтерфейсів.

В основі застосування LLM для генерації елементів інтерфейсу лежать принципи контекстного аналізу та синтезу структурованих відповідей, що є предметом все ширших досліджень у галузі інженерії програмного забезпечення [2]. Актуальними залишаються питання точності генерації, узгодженості створених елементів, можливостей моделі відтворювати стилістичні та функціональні вимоги, а також адаптації до різноманітних технологічних стеків. Додаткову увагу привертають підходи до оцінювання якості створеного коду і визначення умов, за яких моделі можуть ефективно підтримувати процеси побудови інтерфейсів [3].

Перспективи подальших досліджень включають уточнення методів взаємодії між розробниками та мовними моделями, удосконалення інтерпретації вимог, механізми самокорекції згенерованого коду та інтеграцію систем аналізу якості. Використання LLM у формуванні інтерфейсних рішень створює підґрунтя для появи нових інтелектуальних інструментів, здатних підвищити ефективність та доступність веброзробки.

Література

1. Interaction Design Foundation. Generative AI for User Interface Design: Current Capabilities and Emerging Trends, 2024. Електронний ресурс. Режим доступу: https://www.interaction-design.org/literature/topics/generative-ai (дата звернення: 09.12.2025).
2. Wang X., Guo Y., Li J. Large Language Models for Software Engineering: Progress and Open Challenges. IEEE Software, 2024. Електронний ресурс. Режим доступу: https://ieeexplore.ieee.org/document/10512345 (дата звернення: 09.12.2025).
3. Choudhury R., Ben Abacha A., Demner-Fushman D. Evaluating Structured Code and UI Generation with Modern LLMs. arXiv, 2025. Електронний ресурс. Режим доступу: https://arxiv.org/ abs/2503.00412 (дата звернення: 09.12.2025).

УДК 004.932
К. Голубко; Я. Литвиненко, д. т. н., проф.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

РОЗРОБКА ДЕСКТОПНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ДЕТЕКЦІЇ МІМІЧНИХ НАПРУЖЕНЬ НА ОСНОВІ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ

UDC 004.932
K. Holubko; Y. Lytvynenko, Dr., Prof.

DEVELOPMENT OF A DESKTOP SYSTEM FOR DETECTING FACIAL MUSCLE TENSION BASED ON COMPUTER VISION

Персональні цифрові помічники дедалі частіше інтегрують технології комп'ютерного зору для моніторингу станів користувача, включно з мікро виразами обличчя, які можуть впливати на фізичне та емоційне самопочуття. Мимовільне нахмурення є одним із таких проявів, що пов'язаний із підвищеним м'язовим напруженням, головним болем та формуванням глибоких мімічних зморшок. Це створює потребу у розробці локальних інтелектуальних систем, здатних у реальному часі детектувати мімічні патерни та формувати корисний зворотний зв'язок для користувача.

Метою роботи є створення настільної системи, що використовує методи комп'ютерного зору та «легкі» моделі об'єктної детекції для автоматичного виявлення нахмурення на основі відеопотоку вебкамери, формування миттєвих сповіщень та накопичення статистики мімічної активності.

Архітектура системи включає:

1. модуль захоплення зображення з веб камери з періодом 2 секунди а також обробки результатів роботи модуля комп'ютерного зору і прийняття рішення про сповіщення на основі впевненості моделі і визначених користувачем порогам чутливості;
2. модуль комп'ютерного зору, побудований на моделі об'єктної детекції;
3. підсистему зберігання даних (SQLite) для побудови щоденної та тижневої статистики;
4. десктопний UI (FastAPI + PyWebView), що забезпечує керування детекцією та перегляд статистики.

Подія «нахмурення» фіксується за таких умов:

- модель визначає класи *frown, forehead line* із певною впевненістю p,
- користувач у графічному інтерфейсі задає поріг чутливості T,
- система порівнює значення впевненості по кожному з класів з відповідними порогами і якщо хоч один клас досягає або перевищує поріг то надсилається сповіщення:

$$p \geq T$$

Таким чином, система не лише реагує на значення, видані моделлю, а й адаптується до індивідуальних потреб користувача, дозволяючи зробити детекцію більш суворою або м'якою.

Проведене тестування продемонструвало стабільність інференсу та коректність роботи моделі в умовах неоднорідного освітлення, різних ракурсів та природних мімічних варіацій. Система формує достовірні статистичні показники частоти нахмурення, а повністю локальна обробка зображень забезпечує конфіденційність даних користувача без передачі їх у хмарні сервіси.

Висновок. Розроблено та досліджено настільну систему, що застосовує методи комп'ютерного зору для детекції мімічних напружень у реальному часі. Отримані результати підтверджують ефективність моделей комп'ютерного зору, а зокрема об'єктної детекції на основі зображень для персональних систем моніторингу та їхню перспективність у формуванні здорових поведінкових звичок. Подальший розвиток системи може включати

розширення набору детектованих мімічних патернів та рухів тіла як наприклад підняття плечей.

Література

1. Zhou L., Shao X., Mao Q. A survey of micro-expression recognition / L. Zhou, X. Shao, Q. Mao // *Image and Vision Computing*. – 2021. Режим доступу: https://tinyurl.com/46tm7muv.
2. Nath S., Gowrishankar, Veena A., Deepa H. A Deep Learning Based Detection of Wrinkles on Skin / S. Nath, Gowrishankar, A. Veena, H. Deepa Режим доступу: https://tinyurl.com/dkk62tbk.
3. Su Z. Comparative Analysis of CNN-Based Object Detection Models: Faster R-CNN, SSD, and Режим доступу: https://tinyurl.com/28svks64.

УДК 004.93
О. Городиловський; Г. Цуприк, к. т. н., доц.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ЕМОЦІЙНО-ОРІЄНТОВАНА МОДЕЛЬ АДАПТИВНОГО ВІДТВОРЕННЯ МУЛЬТИМЕДІЙНОГО КОНТЕНТУ В МОБІЛЬНОМУ ЗАСТОСУНКУ FLUTTER

UDC 004.93
O. Horodylovskyi; H. Tsupryk, PhD., Assoc.Prof.

EMOTION-ORIENTED MODEL OF ADAPTIVE MULTIMEDIA CONTENT PLAYBACK IN A FLUTTER MOBILE APPLICATION

Персоналізація мобільних мультимедійних систем залишається актуальним напрямом досліджень у галузі інтелектуальних технологій. Останні роботи з афективних обчислень демонструють ефективність використання нейронних мереж для аналізу емоційного стану користувача [1–3]. Водночас у рамках сучасних трендів Industry 4.0 значну увагу приділено використанню трансформерних та легковагових нейронних моделей у задачах класифікації та обробки неструктурованих даних [4–7], що підтверджує актуальність інтеграції інтелектуальних методів в мобільні програмні системи.

У цьому дослідженні об’єктом є процес відтворення відеоконтенту в мобільному застосунку. Розпізнавання емоцій реалізовано за допомогою компактної згорткової нейронної мережі, оптимізованої для TensorFlow Lite, а виділення обличчя здійснювалося з використанням каскадів Хаара. Адаптивна логіка поєднує часову фільтрацію емоційних класів, статистичну обробку на основі ковзного середнього та набір правил зміни параметрів відтворення.

Розроблена модель аналізує емоційний стан користувача в ключових подіях взаємодії: під час запуску застосунку, початку перегляду, паузи та завершення відео. Система класифікує емоції за категоріями та реалізує адаптацію у трьох напрямах:

– контекстуальна адаптація – формування рекомендацій при вході та навігації між розділами;

– сценарна адаптація – зміна режимів перегляду залежно від емоційного стану;

– постпереглядова адаптація – коригування рекомендацій та формування довгострокового емоційного профілю.

Експериментальні результати показали, що подієвий (event-driven) підхід до розпізнавання емоцій суттєво знижує навантаження на пристрій і зберігає точність адаптації. Це забезпечує більш природну персоналізацію мультимедійного контенту.

УДК 004.41
П. Грицишин; Ю. Стоянов, к. т. н.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

РОЗРОБКА СЕРВІСУ ДЛЯ ЧИТАННЯ ТА АВТОМАТИЧНОГО ПЕРЕКЛАДУ КНИГ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ NUXTJS ТА DJANGO

UDC 004.41
P. Hrytsyshyn; Yu. Stoianov, PhD.

DEVELOPMENT OF A SERVICE FOR READING AND AUTOMATICALLY TRANSLATING BOOKS USING NUXTJS AND DJANGO TECHNOLOGIES

Ключові слова: веб-розробка, LLM, реактивність, NuxtJS, література.
Key words: web development, LLM, reactivity, NuxtJS, literature.

В умовах глобалізації ефективна робота з іншомовними матеріалами стає визначальним фактором професійного зростання. Це актуалізує потребу у створенні програмних комплексів, що поєднують функціонал електронних рідерів та систем автоматизованого перекладу. Оптимальним технологічним рішенням для розробки клієнтської частини таких сервісів є використання NuxtJS. Цей інструмент базується на екосистемі Vue.js та дозволяє створювати універсальні веб-додатки з високими показниками продуктивності [1].

При інтеграції з великими мовними моделями через API ключового значення набуває реактивність інтерфейсу. Завдяки архітектурі NuxtJS система забезпечує миттєве оновлення контенту без необхідності повного перезавантаження сторінки. Використання даного фреймворку також дозволяє реалізувати серверний рендеринг, що є критично важливим для оптимізації швидкості завантаження текстових масивів книг.

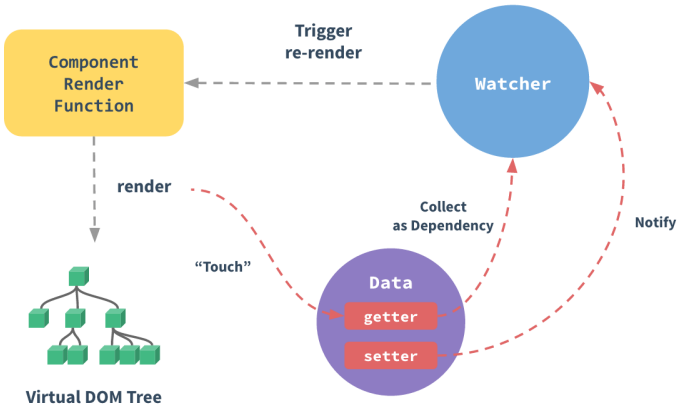


Рисунок 1. Схема роботи реактивності

Поєднання гнучкого фронтенду на Nuxt із потужним бекендом на Django формує стійку до навантажень архітектуру, яка гарантує стабільність та високу швидкодію програмного продукту.

Література

1. Introduction to Nuxt [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://nuxt.com/docs/getting-started /introduction.
2. The Best Explanation of JavaScript Reactivity [Електронний ресурс] – Режим допступу: https: //medium.com/vue-mastery/the-best-explanation-of-javascript-reactivity-fea6112dd80d.

УДК 004.415.53
А. Дацко
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ВИДИ ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

UDC 004.415.53
A. Datsko

TYPES OF SOFTWARE TESTING

У рамках тестування програмного забезпечення (ПЗ) виділяють множину видів та методів тестування. Кожен вид тестування спрямований на перевірку певного функціоналу. На рис. 1 наведено схему основних видів тестування [1].

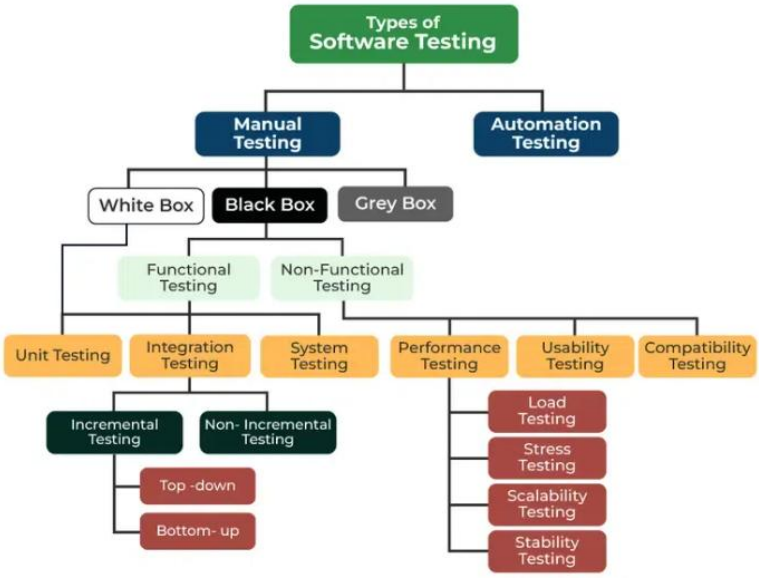


Рисунок 1. Види тестування ПЗ

Функціональне тестування – це метод, у якого тести створюються з урахуванням технічного завдання. Цей підхід до тестування ПЗ не включає докладне вивчення внутрішньої структури програми, характерне для методу «білої скриньки», а сконцентрований на перевірці вхідних даних та аналізі вихідних результатів [1]. Таке тестування описує очікувану поведінку системи, спираючись на аналіз специфікацій функціональності компонента чи всієї системи загалом. Воно не обмежується тестуванням окремих функцій чи методів, модуля чи класу, а скоріше оцінює попередньо певну поведінку програмного елемента або системи у загальному.

Функціональне тестування включає:працездатність програми як функції; коректність роботи програми; взаємодія програми з іншими системами чи компонентами; відповідність прийнятим специфікаціям та правилам; захищеність від загроз та уразливостей; тестування продуктивності.

У сфері розробки ПЗ, тестування продуктивності здійснюється з метою оцінки роботи системи, що тестується, з точки зору її оперативності та стабільності при певних навантаженнях. Цей вид тестування також дозволяє досліджувати, вимірювати та перевіряти інші якісні характеристики системи, такі як її масштабованість, надійність та ефективне використання ресурсів.

Існують два основні підходи до проведення тестування продуктивності ПЗ:

– ґрунтується на робочому навантаженні, при якому ПЗ піддається тестуванню в умовах, що відповідають різним сценаріям використання;

– базується на бета-тестуванні, при якому система тестується реальними кінцевими користувачами в реальних умовах експлуатації.

Розглянемо види тестування продуктивності:

Навантажувальне тестування. Спрямоване на аналіз поведінки компонентів або системи під навантаженням, що збільшується. Під навантаженням розуміється очікувана кількість одночасних користувачів, які звертаються до застосунку, і виконують певну кількість операцій у певний період. Таке тестування спрямовано визначення часу відгуку важливих операцій бізнес-процесів програми. У ході випробувань також контролюються бази даних, сервери застосунків та інше обладнання, які впливають на роботу ПЗ.

Стрес-тестування. Спрямоване на аналіз працездатності та стійкості системи в умовах екстремальних навантажень. Цей вид тестування розглядається як ефективний метод оцінки здатності системи впоратися зі збільшенням навантаження до критичних значень, забезпечуючи при цьому збереження доступності та коректну обробку поставлених завдань за умов, що перевищують типові експлуатаційні параметри. Завдяки стрес-тестуванню відбувається виявлення вразливостей, що забезпечують додатковий захист критично важливих компонентів ПЗ.

Тестування стабільності. Застосовується з метою оцінки стійкості ПЗ перебувати під передбачуваним навантаженням протягом тривалого інтервалу часу. Крім того, для даного виду тестування здійснюється моніторинг використання оперативної пам'яті з метою виявлення деградації продуктивності, що проявляється у зниженні швидкості обробки інформації, збільшенні часу реакції та відгук програми на дані, що вводяться.

Конфігураційне тестування. Постає як типовий спосіб оцінки продуктивності, проте у ньому є значна відмінність із іншими способами. Основна увага приділяється впливу різноманітних конфігурацій випробуваного ПЗ, різних пристроїв та ОС. У цьому контексті важливо не тільки визначити, як застосунок буде працювати в ідеальних умовах, але і як він поводитиметься при різних налаштуваннях його оточення.

Юзабіліті – тестування. Метод перевірки ПЗ, яке використовується для того, щоб зрозуміти чи ергономічно випробуване ПЗ чи ні. Тобто тестування дозволяє відповісти на запитання: чи "зручно" користуватися даним додатком кінцевому користувачеві?

Тестування безпеки. Спеціалізується на забезпеченні безпеки ПЗ. У контексті загальної загрози системам ПЗ від боку зловмисників, таких як хакери, конкуренти та інші, дане тестування покликане проводити перевірку стійкості ПЗ, що тестується, перед впливом шкідливих атак і програм. Цей вид тестування необхідний для детектування вразливостей і забезпечення захисту ПЗ від небажаних впливів.

Тестування локалізації. Випробування локалізації відображає процес тестування ПЗ на відповідність різним мовам, культурним особливостям, а також регіональним та місцевим контекстам. Таке тестування відіграє ключову роль у забезпеченні адаптації ПЗ до різних культурних та локальних контекстів, що зрештою сприяє підвищенню зручності використання та рівня задоволеності користувачів.

Тестування сумісності. Пов'язане з інтеграцією випробуваного ПЗ з іншими системами або окремими застосунками, є процесом перевірки спільної роботи цих систем. Воно спрямоване на виявлення потенційних конфліктів та збоїв, які можуть виникнути при взаємодії між компонентами ПЗ та зовнішніми системами. Цей вид тестування необхідний для забезпечення ефективної роботи всієї системи загалом і запобігання можливих негативних наслідків від неправильної інтеграції компонентів.

Література

1. Types of Software Testing. URL: .https://www.geeksforgeeks.org/software-testing/types-software-testing/ (дата звертання: 28.11.2025).

УДК 004.41
Л. Єсипов; І. Мудрик, доктор філософії
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ІНТЕГРАЦІЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СЕРВІСІВ КЛАСИФІКАЦІЇ, ПОШУКУ ТА ЗБЕРІГАННЯ В СИСТЕМУ КЕРУВАННЯ МЕДІАКОНТЕНТОМ ТНТУ

UDC 004.41
L. Yesypov; I. Mudryk, PhD.

INTEGRATION OF INTELLIGENT CLASSIFICATION, SEARCH AND STORAGE SERVICES INTO THE TNTU MEDIA CONTENT MANAGEMENT SYSTEM

Ключові слова: MinIO, об’єктне сховище, нейромережі, семантичний пошук.
Key words: MinIO, object storage, neural networks, semantic search.

Підвищення ефективності сучасних медіа-систем потребує відмови від застарілих методів зберігання даних та впровадження інтелектуального аналізу. У роботі реалізовано модернізацію системи шляхом переходу на S3-сумісне об’єктне сховище MinIO. Це забезпечує високу відмовостійкість завдяки розподіленому зберіганню фрагментів файлів на різних дисках та дозволяє безшовне масштабування. Така архітектура гарантує безпеку даних та можливість миттєвої міграції на хмарні платформи типу Amazon S3 без зміни програмного коду [1].

Для розв'язання проблеми пошуку неструктурованого контенту інтегровано мультимодальну нейромережу Gemini 2.5 Flash. Система автоматично аналізує завантажені фото та відео, генеруючи релевантні описи й теги. Це дозволило реалізувати семантичний пошук, де користувач знаходить файли за їх вмістом. Вибір Gemini 2.5 Flash обумовлений поєднанням високої швидкості обробки, низької вартості запитів та гнучкості моделі [2].

Впровадження запропонованих рішень дозволило створити уніфіковану платформу, яка не лише гарантує збереження інформації, а й суттєво скорочує час на її пошук та обробку.

Література

1. MinIO Documentation [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://github.com/minio/minio.
2. Gemini API Overview [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://ai.google.dev/gemini-api/docs.

УДК 004.41
О. Задворний; І. Бойко, д. ф.-м. н., доц.
(Тернопільський національни й технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДЕТЕКЦІЇ ЕПІЛЕПТИЧНИХ НАПАДІВ НА ОСНОВІ ГІБРИДНИХ ТОПОЛОГІЧНО-СПЕКТРАЛЬНИХ ОЗНАК

UDC 004.41
O. Zadvornyi; I. Boyko, Dr. Assoc. Prof.

INCREASING THE EFFICIENCY OF EPILEPTIC SEIZURE DETECTION BASED ON HYBRID TOPOLOGICAL-SPECTRAL FEATURES

Автоматизований аналіз ЕЕГ-сигналів є критично важливим для ефективної діагностики епілепсії. Хоча методи глибокого навчання демонструють високу результативність [1], класичні спектральні підходи часто втрачають інформацію про нелінійні структурні зміни мозкової активності [2]. Останні дослідження виділяють топологічний аналіз даних (TDA) як перспективний інструмент для ідентифікації стійких геометричних патернів у біомедичних сигналах, що залишаються недоступними для лінійних методів [3, 4].

У дослідженні використано базу даних CHB-MIT Scalp EEG [5]. Запропонований гібридний підхід поєднує оцінку спектральної густини потужності (метод Велча) з обчисленням персистентних гомологій. Багатоканальні епохи сигналу розглядаються як хмари точок у частотному просторі, для яких будуються комплекси Вієторіса-Ріпса. Екстракція топологічних ознак виконується шляхом трансформації діаграм стійкості у персистентні ландшафти [6]. Класифікація реалізована алгоритмом Random Forest із застосуванням стратегії балансування даних SMOTE та валідацією Leave-One-Group-Out для забезпечення узагальнення на нових пацієнтах.

Інтеграція топологічних інваріантів дозволила моделі фіксувати специфічні патерни синхронізації між каналами, характерні для судомної активності. Порівняльний аналіз із базовим спектральним методом демонструє приріст точності (Precision) на 8,5% (до 0,85) та повноти (Recall) на 6,6% (до 0,75), що забезпечило загальний F1-score на рівні 0,80. Застосування адаптивного порогу чутливості у поєднанні з медіанною фільтрацією дозволяє мінімізувати вплив короткочасних артефактів, знизивши кількість помилкових спрацювань при аналізі. Реалізований вебінтерфейс візуалізує часову динаміку ймовірностей нападів, надаючи інструмент для верифікації результатів.

Взаємодія спектрального аналізу та топологічних методів забезпечує вищу стійкість алгоритму до шумів та артефактів порівняно з традиційними підходами. Розроблена архітектура може слугувати основою для функціонування систем підтримки прийняття рішень у клінічній нейрофізіології.

Література

1. A. Shoeibi et al., "Epileptic seizures detection using deep learning techniques: A review," Int. J. Environ. Res. Public Health, vol. 18, no. 11, p. 5780, 2021. doi: 10.3390/ijerph18115780.
2. X. Jiang, G.-B. Bian, and Z. Tian, "Removal of artifacts from EEG signals: A review," Sensors, vol. 19, no. 5, p. 987, 2019. doi: 10.3390/s19050987.
3. Y. Wang et al., "Topological data analysis of Single-Trial Electroencephalographic Signals," The Annals of Applied Statistics, vol. 12, no. 3, pp. 1506–1534, Sep. 2018. doi: 10.1214/17-AOAS1119.
4. F. Chazal and B. Michel, "An Introduction to Topological Data Analysis: Fundamental and Practical Aspects for Data Scientists," Frontiers in Artificial Intelligence, vol. 4, 2021. doi: 10.3389/frai.2021.667963.
5. J. Guttag, "CHB-MIT Scalp EEG Database (version 1.0.0)," PhysioNet, 2010. doi: 10.13026/C2K01R.
6. P. Bubenik, "Statistical topological data analysis using persistence landscapes," J. Mach. Learn. Res., vol. 16, pp. 77–102, 2015. https://www.jmlr.org/papers/volume16/bubenik15a/bubenik15a.pdf

УДК 004.9
К. Кокурін
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

РОЗРОБКА СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ З ВИКОРИСТАННЯМ СЕНСОРА SDS011 ТА TELEGRAM-БОТА ДЛЯ СПОВІЩЕНЬ

UDC 004.9
K. Kokurin

DEVELOPMENT OF AN AIR QUALITY MONITORING SYSTEM USING THE SDS011 SENSOR AND A TELEGRAM BOT FOR NOTIFICATIONS

Стрімке зростання рівня забруднення атмосферного повітря створює суспільний запит на системи моніторингу, здатні забезпечити оперативний доступ до даних про стан довкілля. Сучасні підходи дедалі частіше базуються на використанні недорогих сенсорів та технологій Інтернету речей (IoT), що робить можливим створення розподілених та масштабованих рішень. У межах дослідження запропоновано інформаційну систему інтелектуального моніторингу якості повітря, що поєднує сенсор SDS011, мікросервісну серверну інфраструктуру та Telegram-бот для взаємодії з користувачами.

Розроблена система побудована за мікросервісною архітектурою, що забезпечує гнучкість масштабування, стійкість до відмов та можливість незалежного оновлення окремих компонентів. До її складу входять:

1. IoT-вузол збору даних на основі сенсора SDS011 та мікрокомп'ютера Raspberry Pi, який виконує вимірювання концентрацій PM2.5 та PM10 та забезпечує первинну фільтрацію «шумних» вимірів.
2. Сервіс транспортного рівня, що організовує передачу телеметрії в режимі реального часу за допомогою легкого протоколу обміну повідомленнями та механізмів буферизації даних.
3. Аналітичний мікросервіс, призначений для агрегації показників, адаптивного визначення пікових перевищень та формування короткострокових прогнозів якості повітря.
4. Сервіс нотифікації, який інтегрується з Telegram-ботом і надсилає користувачам попередже-

ння про критичні значення концентрацій твердих частинок, а також надає історію вимірювань.

На відміну від традиційних систем, запропонована модель дозволяє швидко масштабувати мережу сенсорів, працювати з великою кількістю потоків даних, а також підключати нові модулі – від API для зовнішніх клієнтів до алгоритмів машинного навчання.

Наукова новизна полягає у побудові інтегрованої мікросервісної IoT-платформи, що поєднує низьковартісні сенсори з адаптивною обробкою телеметрії та інтелектуальними механізмами сповіщення. Запропонований підхід забезпечує:

- підвищення точності вимірювань за рахунок багаторівневої фільтрації та агрегації;
- можливість розширення системи без модифікації базової інфраструктури;
- інтеграцію з мобільними інструментами інформування населення у реальному часі.

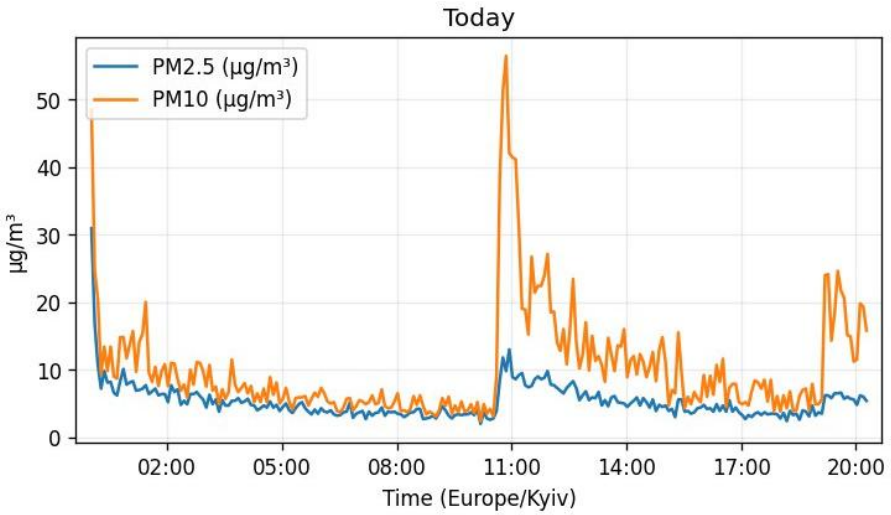


Рисунок 1. Графік змінення показників PM2.5 та PM10

Ключові слова: IoT, SDS011, моніторинг якості повітря, мікросервісна архітектура, Telegram-бот, екологічні системи, аналітична обробка даних.

Література

5. World Health Organization, 2021. WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva: World Health Organization.
6. Lu F., Xu D., Cheng Y., Dong S., Guo C., Jiang X., Zheng X., 2015. Systematic review and meta-analysis of the adverse health effects of ambient PM2.5 and PM10 pollution in the Chinese population. Environmental Research. Vol. 136. P. 196–204. https://doi.org/10.1016/j.envres. 2014.06.029.
7. Oh J., et al., 2025. A systematic review and meta-analysis on long-term exposure to PM2.5 and PM10 and mortality. Journal of Korean Medical Science. Vol. 40, e156. https://doi.org/10.3346/jkms. 2025.40.e156.
8. Jayaratne R., Liu X., Ahn K.-H., Asumadu-Sakyi A., Fisher G., Gao J., Mabon A., Mazaheri M., Mullins B., Nyaku M., Ristovski Z., Scorgie Y., Thai P., Dunbabin M., Morawska L., 2020. Low-cost PM2.5 sensors: an assessment of their suitability for various applications. Aerosol and Air Quality Research. Vol. 20. P. 520–532. https://doi.org/10.4209/aaqr.2018.10.0390.
4. Nothhelfer M., Todea A. M., et al., 2025. Performance evaluation of five different low-cost particulate matter sensors for monodisperse test aerosols. Aerosol and Air Quality Research. Vol. 25(5). Article ID 17. https://doi.org/10.1007/s44408-025-00019-9.
5. Velasco R. P., et al., 2022. Update of the WHO global air quality guidelines: a review of evidence and global policy implications. Environment International. Vol. 158. Article 106905. https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106905.
6. Kang Y., et al., 2022. Performance evaluation of low-cost air quality sensors: a review. Science of the Total Environment. Vol. 806. Article 150872. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150872
7. Atfeh B., et al., 2025. Performance assessment of low- and medium-cost PM2.5 air quality instruments in real-world conditions. Atmosphere. Vol. 16(7). Article 796. https://doi.org/10.3390/ atmos16070796.

УДК 000.42
В. Кохан
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ОГЛЯД НАУКОВИХ ПІДХОДІВ ДО ГЕНЕРАЦІЇ ПРОГРАМНОГО КОДУ

UDC 000.42
V. Kokhan

OVERVIEW OF SCIENTIFIC APPROACHES TO PROGRAM CODE GENERATION

У сучасному світі складно уявити своє життя без комп'ютера чи мобільного телефону, на які ми покладаємось для вирішення безлічі буденних проблем. Важливим аспектом такої взаємодії виступають додатки, програми та вебсайти, зазвичай створені однойменними компаніями та бізнесами для зручнішого надання послуг своїм клієнтам. До іншої категорії можна віднести програми загального вжитку, як калькулятори та календарі, а також програми написані ентузіастами для вирішення конкретної, менш поширеної проблеми. З появою великих мовних моделей та нового терміну, що описує їх використання для написання програмного коду - вайб-кодингу (vibecoding)[1], поріг входу для написання таких програм сильно знизився. Проте існує більше ніж один підхід до автоматизованого створення програмних продуктів.

Одним із таких підходів є генерація коду на базі шаблонів, TBCG (Template Based Code Generation). Основна ідея цього підходу, що зародився у середині 1990 років [2], полягає в одноразовому написанні шаблонів, які потім можуть генерувати багато програмних продуктів на виході, залежно від вхідних даних. Найширшого застосування такий підхід знайшов у середовищах розробки вебсайтів для генерування різних вебсторінок по одному шаблону та інструментах автоматизованої розробки програмного забезпечення, CASE (Computer-Aided Software Engineering) для генерації коду по наданих UML діаграмах [2].

Іншим підходом, що з'явився у 1964 році та був обґрунтований у 1985 роках [3, 4], є підхід на основі еволюційних алгоритмів - генетичне програмування. У такому підході основним є процес пошуку оптимальних рішень, код еволюціонує через мутації. Існує 3 способи написання програмного коду за підходом генетичного програмування. Це спосіб заснований на стеках (stack-based GP) [4], у якому використовуються окремі стеки для програмних інструкцій та даних. При виконанні інструкції, згідно з її опису, зі стека даних отримуються дані, якщо вони є, а потім відбувається перехід до наступної інструкції. Ідея способу що керується граматикою (grammar-guided GP)[4] полягає в застосуванні формальних граматик для обмеження допустимих конструкцій мови та встановлення правил формування інструкцій [5]. Третій спосіб застосування підходу генетичного програмування це лінійний спосіб. Такий спосіб подібний до написання програм мовою асемблера, де дані знаходяться у регістрах, а їх опрацюванням займаються прості функції [4].

Підхід архітектури керованої моделлю, MDA (Model Driven Architecture), запропонований у 2001 році організацією Object Management Group [6] дозволяє описати весь життєвий цикл розробки програмного продукту. Модель у даному контексті це формальна специфікація функцій, структури та поведінки системи в заданому контексті [7]. Така модель може бути представлена у вигляді зображень та текстів, написаних за стандартами до списку яких входять такі як: UML (Unified Modeling Language), MOF (Meta-Object Facility), CWM (Common Warehouse Metamodel) та інші [7, 8]. Опис починається з моделі незалежної від обчислень, CIM (Computation Independent Model) [7]. Ця модель описує логіку функціонування програми згідно з поставленим завданням приховуючи будь-які технічні реалізації. Ця модель використовується для подолання розриву між замовниками та виконавцями замовлення [7]. Наступною моделлю є платформонезалежна модель, PIM (Platform Independent Model) [7], у якій зібрані ключові моменти програми. Тут вже є певні технічні нюанси впровадження програми, але вони знаходяться на рівні абстракцій. Останньою формується платформозалежна модель, PSM (Platform Specific Model) [7]. У ній враховуються та описуються усі деталі необхідні для створення системи на обраній платформі, та генерується програмний код.

У 2017 році з'явився новий підхід, підхід глибокого навчання (Deep Learning) із застосуванням архітектури трансформерів (Transformers)[9]. Цей підхід було запропоновано у роботі під назвою «Увага - це все що вам треба» (Attention Is All You Need), написаній командою Google [9]. У запропонованій архітектурі вирішили замінити рекурентні нейронні мережі, RNN (Recurrent Neural Network) на механізм уваги (attention). Така зміна дозволила точніше обчислювати ваги для кожного слова так робити ці обчислення паралельно, надаючи однаковий доступ до будь-якої частини речення, на противагу RRN, які віддають перевагу новішим даним[9]. Основна ідея полягає в моделюванні через енкодер і декодер, де увага обчислює ваги взаємодій між елементами. Енкодер обробляє вхідні дані, як опис завдання, чи вже згенерована частина коду, а декодер поступово генерує вихідний код [10].

Незадовго після появи підходу з використанням трансформерів, з'явився підхід із використанням великих мовних моделей, LLM (Large Language Models) [11]. Такі моделі побудовані на основі моделей глибокого навчання з багатьма вхідними параметрами (мільйонами чи навіть мільярдами), натренованими на великій кількості даних. Також у контексті LLM можна почути абревіатуру GPT – generative pre-trained transformers (генеративний попередньо тренований трансформер) [12], що пояснює зв'язок цього підходу та підходу заснованого на трансформерах, а також дозволяє зрозуміти виникнення назви відомого чатбота ChatGPT від компанії OpenAI.

Останнім на сьогодні підходом до генерації програмних продуктів є підхід на базі агентних систем з LLM. Цей підхід поєднує LLM та так званих агентів, що можуть імітувати дії людини у контексті розробки програм. Цей підхід є відносно новим та стрімко розвивається, тому залежно від конкретної обраної реалізації агентивної системи - вона може самостійно, ітеративно аналізувати вимоги, писати код, проводити його тестування, та виправлення помилок [13]. Такі системи також можуть виконувати додаткові дії з інструментами у локальному середовищі розробки, де вони запущені, що значно збільшує їхню потенційну користь та зручність для кінцевого користувача.

Згідно із заявою гендиректора компанії Google у 3-му кварталі 2024 року, більше ніж 25% нового коду в компанії генерується за допомогою штучного інтелекту [14] (підхід із використанням великих мовних моделей та підхід на базі агентних систем), що допомагає прискорити та спростити цей процес. Оглянувши 6 підходів до генерації програмних продуктів стає очевидним що цей напрямок стрімко розвивається та за останні менш ніж 100 років еволюціонував від традиційних шаблонних та модельно орієнтованих підходів, що забезпечують контроль та структуру, до еволюційних алгоритмів оптимізації, і нарешті до сучасних технологій на базі глибокого навчання, великих мовних моделей та агентних систем. Ці підходи поступово знижують рівень входу, та роблять процес створення програмних продуктів доступнішим як для професійних розробників, так і для початківців у сфері.

Література

1. Вайб-кодинг – Вікіпедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B0%D0%B9%D0% B1-%D0%BA%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B3 (дата звернення: 01.12.2025).
2. Syriani E., Luhunu L., Sahraoui H. Systematic mapping study of template-based code generation. Computer Languages, Systems & Structures. 2018. Т. 52. С. 43–62. ISSN 1477-8424. URL: https://doi.org/10.1016/j.cl.2017.11.003.
3. Генетичне програмування – Вікіпедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B5_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F (дата звернення: 01.12.2025).
4. Sobania D., Schweim D., Rothlauf F. A Comprehensive Survey on Program Synthesis With Evolutionary Algorithms. IEEE Transactions on Evolutionary Computation. 2023. Т. 27. С. 82–97. URL: https://doi.org/10.1109/TEVC.2022.3162324.
5. Ratle A., Sebag M. Genetic Programming and Domain Knowledge: Beyond the Limitations of Grammar-Guided Machine Discovery. Parallel Problem Solving from Nature PPSN VI. 2000. Т. 1917 : Lecture Notes in Computer Science. URL: https://doi.org/10.1007/3-540-45356-3_21.

6. Sebastián G., Gallud J. A., Tesoriero R. Code generation using model driven architecture: A systematic mapping study. Journal of Computer Languages. 2020. T. 56. ISSN 2590-1184. URL: https://doi.org/10.1016/j.cola.2019.100935.
7. Truyen F. The Basics of Model Driven Architecture (MDA). Cephas Consulting Corp. 2006. The Fast Guide to Model Driven Architecture. URL: https://www.omg.org/mda/mda_files/Cephas_MDA_Fast_Guide.pdf.
8. Model-driven architecture – Wikipedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Model-driven_architecture (дата звернення: 01.12.2025).
9. Трансформер (архітектура глибокого навчання) – Вікіпедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B5%D1%80_(%D0%B0%D1%80%D1%85%D1%96%D1%82%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0_%D0%B3%D0%BB%D0%B8%D0%B1%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%BD%D0%B0%D0%B2%D1%87%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F) (дата звернення: 01.12.2025).
10. Attention is All you Need / A. Vaswani та ін. Advances in Neural Information Processing Systems. 2017. T. 30. URL: https://proceedings.neurips.cc/paper_files/paper/2017/file/3f5ee243547dee91fbd__053c1c4a845aa-Paper.pdf.
11. Велика мовна модель – Вікіпедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B0_%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D0%B0_%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8C (дата звернення: 01.12.2025).
12. Generative pre-trained transformer – Вікіпедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Generative_pre-trained_transformer (дата звернення: 01.12.2025).
13. A Survey on Code Generation with LLM-based Agents / Y. Dong та ін. ArXiv. 2025. URL: https://doi.org/10.48550/arXiv.2508.00083.
14. Peters J. Oct 29, 2024. More than a quarter of new code at Google is generated by AI | The Verge. 29.10.2024. URL: https://www.theverge.com/2024/10/29/24282757/google-new-code-generated-ai-q3-2024 (дата звернення: 01.12.2025).

УДК 004.41
Р. Лагола; П. Тимків, к. т. н.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ РОЗРОБКИ ПРАКТИКОРІЄНТОВАНОЇ WEB-ПЛАТФОРМИ «VOLUNTEER»

UDC 004.41
R. Lahola; P. Tymkiv, PhD.

OF A PRACTICALLY ORIENTED WEB PLATFORM «VOLUNTEER»

Волонтерська діяльність – це той вид, де передбачити щось вкрай важко, а отже розширення функціоналу, зміна вимог – це те, що дозволить врахувати реалії військового стану та допомогти врятувати не одне життя і наближатиме Перемогу. І сьогодні – це точно один із найбільш актуальних та пріоритетних напрямків.

Отже, метою роботи є створення web-платформи для волонтерської діяльності з врахуванням її особливостей ведення та специфіки.

Об’єктом дослідження є процес створення web-платформи орієнтованої на волонтерську діяльність з використанням оптимальних обґрунтованих засобів та ресурсів розробки при забезпечення якості.

Предметом дослідження є методи, моделі та технології проєктування та розробки web-платформи із застосуванням сучасних Frontend і Backend технологій, баз даних та хмарних сервісів. Методи дослідження включають: аналіз конкурентних платформ та існуючих рішень, моделювання архітектури системи, проєктування, розробку та тестування функціональних компонент.

В роботі я продемонстрував основні етапи життєвого циклу розробки програмного забезпечення, зокрема: процес проєктування, розробки, та тестування веб-платформи, яке реалізована як кластер із двох основних компонентів: web-сервісу для взаємодії користувачів та API для керування подіями та заявками з врахуванням особливостей роботи, переваг та недоліків існуючих сервісів типу VolunteerMatch, Добро.ua, LetsDoItUkraine.

Стосовно застосованих технологій, було обрано: ітеративно-інкрементальний процесу розробки (Agile/Scrum -підхід) для врахування частої зміни вимог, можливості аналізу та корегування проміжних етапів; базу даних реляційного типу MySQL; для клієнтської та серверної частин платформи мову програмування JavaScript. Для ефективності здійснення розробки я зупинив свій вибір на наступних інструментах: VS Code, Postman, dbdiagram.io, PlantUML / PlantText, Git / GitHub.

Таким чином, поєднання JavaScript, React, Node.js, а також реляційної бази даних та Agile-підходу для моєї розробки є оптимальним та дасть змогу забезпечити: швидку та ефективну розробку, можливість масштабування та підтримку системи в цілому, гнучкість при внесенні змін, прозорість і зручність при необхідності залучення до роботи додатково членів команди.

Література

1. Руденко В. С. Волонтерство, як провідне явище в процесі забезпечення соціальної безпеки України: еволюція, значення, сучасний стан та проблематика / В. С. Руденко. — Київ : Крінов, 2023. — 56 с.
2. Micheal Full (2020). How the Internet Works & the Web Development Process. p. 30. ISBN 979-8641657073.

УДК 004.41
О. Лань; І. Мудрик, доктор філософії
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ МЕНЕДЖМЕНТУ ТА МОНІТОРИНГУ ПРОЄКТІВ НА СЕРВЕРАХ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ PYTHON, DJANGO, KUBERNETES ТА LLM

UDC 004.41
O. Lan; I. Mudryk, PhD.

MODERNIZATION OF PROJECT MANAGEMENT AND SERVER MONITORING SYSTEM USING PYTHON, DJANGO, KUBERNETES AND LLM TECHNOLOGIES

Ключові слова: моніторинг серверів, оркестрація, штучний інтелект.
Key words: server monitoring, orchestration, artificial intelligence.

Сучасні підходи до інженерії програмного забезпечення вимагають інтеграції процесів управління проєктами з інструментами безперервного моніторингу серверної інфраструктури. Модернізація таких систем передбачає створення адаптивних платформ, здатних не лише фіксувати стан виконання завдань, а й автоматизувати управління обчислювальними ресурсами. Технічну основу запропонованого рішення складає поєднання гнучкості Python і Django, потужності оркестратора Kubernetes[1] та аналітичних можливостей великих мовних моделей (LLM).

У розробленій архітектурі Django виступає центральним вузлом для агрегації даних та реалізації API, тоді як Kubernetes забезпечує автоматизоване масштабування контейнеризованих додатків та контроль метрик у реальному часі. Впровадження LLM трансформує систему в засіб інтелектуальної підтримки, дозволяючи виявляти аномалії в логах, генерувати конфігураційні файли для налаштування середовища та надавати зведені звіти природною мовою. Комплексне застосування зазначених технологій знижує операційні ризики, підвищує прозорість процесів та оптимізує використання серверних потужностей.

Література

1. Сайт Kubernetes [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://kubernetes.io.
2. Komodor. K8sGPT: Improving K8s Cluster Management with LLMs [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://komodor.com/learn/k8sgpt-improving-k8s-cluster-management-with-llms/.

УДК 004.451
М. Лісовий
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

РЕАЛІЗАЦІЯ АСИНХРОННИХ ТА REAL-TIME МЕХАНІЗМІВ У СЕРВІСАХ ГРОМАДСЬКОЇ ВЗАЄМОДІЇ НА БАЗІ ФРЕЙМВОРКУ LARAVEL

UDC 004.451
M. Lisovyi

IMPLEMENTATION OF ASYNCHRONOUS AND REAL-TIME MECHANISMS IN PUBLIC INTERACTION SERVICES BASED ON THE LARAVEL FRAMEWORK

Сучасні користувачі цифрових сервісів очікують миттєвого зворотного зв'язку, де будь-яка затримка відповіді інтерфейсу понад одну секунду помітно погіршує досвід користувача (UX) [1]. Для сервісів громадської взаємодії це є критичним. Неприпустимим є блокування інтерфейсу під час виконання довготривалих операцій або необхідність оновлювати сторінку, щоб побачити нові коментарі чи результати голосування. Синхронна обробка запитів у високонавантажених системах створює негативний UX та неефективно використовує обчислювальні ресурси.

Для вирішення цієї задачі пропонується підхід, що комбінує асинхронну обробку та оновлення у реальному часі на базі екосистеми фреймворку Laravel. Для усунення блокувань інтерфейсу, операції, що не потребують миттєвого завершення, делегуються у фоновий режим за допомогою системи черг Laravel Queues на базі брокера повідомлень, такого як Redis [2]. Наприклад, при додаванні коментаря, головний сервіс миттєво повертає користувачу відповідь «201 Created», а завдання на сповіщення відправляє у чергу. Окремий сервіс-воркер асинхронно виконує це завдання, забезпечуючи повне декаплінгування (decoupling) компонентів.

Для миттєвої доставки оновлень клієнтам використано технологію WebSocket, реалізовану через сервер Laravel Reverb [3]. Цей сервер дозволяє воркеру після обробки завдання з черги транслювати (broadcasts) подію у приватний канал. Клієнтські додатки, підписані на цей канал за допомогою Laravel Echo, отримують дані та миттєво оновлюють DOM-структуру сторінки без її перезавантаження. На відміну від традиційного запит-орієнтованого HTTP, WebSocket встановлює постійний двонаправлений канал зв'язку, що є критичним для додатків реального часу, оскільки мінімізує затримку при передачі даних [4]. Тестування прототипу довело, що дана технологічна зв'язка є потужним та готовим до хмарного розгортання рішенням для побудови сучасних інтерактивних сервісів громадської взаємодії.

Література

1. J. Nielsen. (2012). Response times: The 3 important limits. Nielsen Norman Group. https://www.nngroup.com/articles/response-times-3-important-limits/
2. Laravel. (2025). Laravel 12 documentation: Queues. https://laravel.com/docs/12.x/queues
3. Laravel. (2025). Laravel 12 documentation: Laravel Reverb. https://laravel.com/docs/12.x/reverb
4. Murley, P., Ma, Z., Mason, J., Bailey, M., & Kharraz, A. (2021). WebSocket adoption and the landscape of the real-time web. In Proceedings of the Web Conference 2021 (WWW '21) (12 pages). https://doi.org/10.1145/3442381.3450063

УДК 004.67
В. Масловський; Г. Цуприк, к. т. н., доц.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

РОЗРОБЛЕННЯ ВИСОКОРІВНЕВОЇ ПЛАТФОРМИ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ПОДІЯМИ ТА ТАЙМ-МЕНЕДЖМЕНТОМ НА БАЗІ WPF

UDC 004.67
V. Maslovskyy; H. Tsupryk, PhD., Assoc.Prof.

DEVELOPMENT OF A HIGH-LEVEL PLATFORM FOR EVENT MANAGEMENT AND TIME MANAGEMENT BASED ON WPF

Сучасні платформи управління подіями є важливим інструментом для організації діяльності користувачів, оскільки дозволяють структурувати інформацію та оптимізувати робочі процеси. Зростання обсягів цифрових завдань підсилює потребу у високорівневих системах планування, які поєднують зручність, інтерактивність і надійність. Використання WPF, C#, MySQL дає змогу створити гнучку платформу для роботи з подіями та нагадуваннями. Зростання інформаційних потоків створює потребу у швидкій обробці даних, тому важливо впроваджувати механізми оптимізації роботи із великими масивами інформації, що підвищує продуктивність системи [1–3].

Метою роботи є розробка програмної платформи для управління подіями та тайм-менеджментом з оптимізованим інтерфейсом і функціями планування. У дослідженні розглянуто принципи побудови WPF-інтерфейсів, організації подій, створено базу даних та реалізовано систему авторизації [4].

В умовах збільшення кількості даних ключовим аспектом стає ефективна їх обробка, що забезпечує стабільність і точність роботи функціональних модулів.

Для забезпечення стабільності застосовано валідацію даних, захист користувачів і розмежування доступу. Архітектура MVC підвищила масштабованість та гнучкість системи.

Тестування підтвердило ефективність роботи з подіями різних типів, підтримку нагадувань, фільтрації та групування. Реалізований функціонал покращує організацію часу і може застосовуватися в навчальних та корпоративних середовищах.

Платформа демонструє практичну цінність використання WPF, C#, MySQL та MVC для створення сучасних систем управління подіями, забезпечуючи баланс між зручністю, безпекою та функціональністю [1, 2].

Література

1. Олянін, Д., Цуприк, Г. (2025) Transformer Neural Networks in Industry 4.0 / Д. Олянін, Г. Цуприк, Т. Говорущенко, О. Багрій-Заяць, І. Андрущак // Computer Information Technologies in Industry 4.0: proceedings of the 3rd International Workshop (CITI-2025), Ternopil, Ukraine, 11–12 June 2025. – Ternopil : Ternopil Ivan Puluj National Technical University, 2025 (Scopus)
2. Tsupryk, H., Olianin, D. (2025). Vydobuvannia danyh z tekstu vykorystovuiuchy transformerni neironni merezhi [Data extraction from text using Transformer Neural Networks]. Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security, 125–130, DOI: https://doi.org/10.32782/IT/2025-2-13
3. Tsupryk, H., Olianin, D. (2025). Overview of transformers role indata mining from unstructured data. International Scientific-technical journal«Measuring and computing devices in technological processes»2025, Issue 2, 125–130, DOI: 10.31891/2219-9365-2025-82-52
4. Tsupryk H. LLM-based Extraction from Resumes / D. Olianin, H. Tsupryk // Advanced Technologies in Scientific Research: collection of scientific papers with proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference, Rotterdam, Netherlands, 20–22 August 2025. – International Scientific Unity, 2025. – 72–76

УДК 004.4
О. Пастух, д. т. н., проф.;Х. Новицька
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

АРХІТЕКТУРА ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ НА ОСНОВІ АДАПТОВАНОЇ МОДЕЛІ SEI

UDC 004.4
O. Pastukh, Dr., Prof.; K. Novytska

ARCHITECTURE OF A RISK MANAGEMENT SOFTWARE SYSTEM BASED ON AN ADAPTED SEI MODEL

Архітектуру системи управління ризиками ПЗ у гнучких методологіях на основі моделі SEI запропоновано представити на вигляді багатошарової структури (рис. 1).

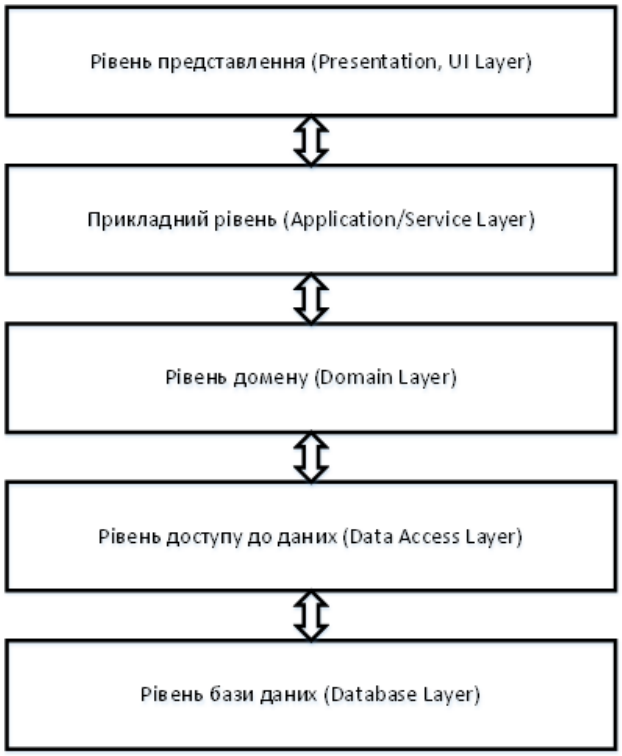


Рисунок 1. Багаторівнева архітектура програмної системи управління ризиками на основі адаптованої моделі SEI

Основними рівнями архітектури є:

1. Рівень представлення – містить форми користувацького інтерфейсу.
2. Прикладний рівень – реалізує фасади і сервіси, що реалізують сценарії використання.
3. Доменний рівень – модель предметної області: проєкти, спринти, задачі, функціональність, метрики, ризики SEI.
4. Рівень доступу до даних – репозиторії та засоби роботи з СКБД.
5. Рівень бази даних – реалізація у вигляді реляційної БД.

Комунікація між шарами виконується зверху вниз: UI викликає сервіси, сервіси працюють з доменними об’єктами через репозиторії, а репозиторії взаємодіють із БД. Зворотні залежності (знизу вгору) реалізуються тільки через передавання результатів викликів, що забезпечує слабке зв’язування.

УДК 004.896
В. Пісьціо; В. Медвідь, к. т. н., доц.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ВИКОРИСТАННЯ РОЗШИРЕНОГО ФІЛЬТРА КАЛМАНА В ЗАДАЧАХ ЛОКАЛІЗАЦІЇ ДЕЯКИХ МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ

UDC 004.896
V. Piscio; V. Medvid, PhD., Assoc. Prof.

USE OF THE EXTENDED KALMAN FILTER IN LOCALIZATION PROBLEMS OF SOME MOBILE ROBOTS

Фільтр Калмана [1]початково був розроблений для лінійних систем, однак він із успіхом може використовуватись для систем, що описуються нелінійними системами рівнянь. Для такого використання нелінійність апроксимується локальною лінійною моделлю у околі точки, що відповідає поточному стану (EKF [2]). Враховуючі локальну лінійну апроксимацію можна вважати, що розподіл похибок залишається нормальним.

Нехай є нелінійна система, що описується в загальному вигляді як:

$$\overline{\boldsymbol{X}}_k = f(\overline{\boldsymbol{X}}_{k-1}, \boldsymbol{U}_k, \boldsymbol{w}_k), \qquad \overline{\boldsymbol{Z}}_k = h(\overline{\boldsymbol{X}}_k) + \boldsymbol{v}_k,$$

де $\overline{\boldsymbol{X}}_k$ – дійсний вектор стану процесу, $\boldsymbol{U}_k$ – вектор вхідних величин, $\overline{\boldsymbol{Z}}_k$ – вектор вимірюваних величин, що характеризують процес, $\boldsymbol{w}_k$ - випадкова величина, що діє на стан (збурення), $\boldsymbol{v}_k$ – шум вимірювання. Як і у звичайному фільтрі Калмана наближення дійсного значення здійснюється у два кроки:

1) Кроку прогнозу, на котрому обчислюються прогнозовані значення вектора стану $\boldsymbol{X}_{P,k}$, їх коваріаційну матрицю $\boldsymbol{P}_{P,k}$, та вектор вимірювальних величин $\boldsymbol{Z}_{P,k}$:

$$\boldsymbol{X}_{P,k} = f(\boldsymbol{X}_{C,k-1}, \boldsymbol{U}_k), \qquad \boldsymbol{P}_{P,k} = \boldsymbol{A}\,\boldsymbol{P}_{C,k-1}\boldsymbol{A}^T + \boldsymbol{F}\,\boldsymbol{Q}_k\boldsymbol{F}^T, \qquad \boldsymbol{Z}_{P,k} = h(\boldsymbol{X}_{C.k}).$$

2) Кроку корекції, на якому обчислюється коефіцієнт підсилення Калмана $\boldsymbol{K}_k$ та визначаються скоректований вектор змінних стану $\boldsymbol{X}_{C,k}$ та його коваріаційна матриця $\boldsymbol{P}_{C,k}$ спираючись на результат вимірювань $\overline{\boldsymbol{Z}}_k$:

$$\boldsymbol{K}_k = \boldsymbol{P}_{P,k}\boldsymbol{C}^T(\boldsymbol{C}\,\boldsymbol{P}_{P,k}\boldsymbol{C}^T + \boldsymbol{R}_k)^{-1} \qquad \boldsymbol{X}_{C,k} = \boldsymbol{X}_{P,k} + \boldsymbol{K}_k(\overline{\boldsymbol{Z}}_k - \boldsymbol{C}\boldsymbol{Z}_{P,k}), \qquad \boldsymbol{P}_{C,k} = \boldsymbol{P}_{P,k} - \boldsymbol{K}_k\boldsymbol{C}\,\boldsymbol{P}_{P,k}.$$

,

Матриці ***A, C*** та ***F*** обчислюються для кожного кроку як матриці Якобі обчислені у точці, котра відповідає попередньому кроку корекції за формулами:

$$\boldsymbol{A} = \frac{\partial f}{\partial \boldsymbol{X}_{C,k-1}^{\ T}}, \qquad \boldsymbol{F} = \frac{\partial f}{\partial \boldsymbol{w}_{k-1}^{\ T}}, \qquad C = \frac{\partial h}{\partial \boldsymbol{X}_{P,k-1}^{\ T}},$$

$\boldsymbol{Q}_k = E(w_k w_k^{\ T})$, $\boldsymbol{R}_k = E(v_k v_k^{\ T})$ – коваріаційні матриці збурення та вимірювання.

Розглянемо модель робота з автомобільним керуванням та заднім приводом. Вхідними впливами є поступальна швидкість v_k та кут повороту рульових коліс ϕ_k що незалежно спотворюються нормально розподіленим шумом з нульовим середнім значенням і дисперсіями, $\sigma^2(v_k)$ та $\sigma^2(\phi_k)$.Кінематична модель руху робота є нелінійною і після дискретизації визначається матричним рівнянням:

$$\boldsymbol{X}_{P,k} = \begin{bmatrix} x_{P,c} \\ y_{P,c} \\ \alpha_{P,c} \end{bmatrix} = f\left(\begin{bmatrix} x_{C,c} \\ y_{C,c} \\ \alpha_{C,c} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} v_k \\ \phi_k \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} w_{1,k} \\ w_{2,k} \\ w_{3,k} \end{bmatrix} \right) = \begin{bmatrix} x_{C,k-1} + v_k \, \Delta T \cos\left(\alpha_{C,k-1} + \dfrac{tg(\bar{\phi}_k)\, v_k \, \Delta T}{2L} \right) \\ y_{C,k-1} + v_k \, \Delta T \sin\left(\alpha_{C,k-1} + \dfrac{tg(\bar{\phi}_k)\, v_k \Delta T}{2L} \right) \\ \alpha_{C,k-1} + \dfrac{tg(\bar{\phi}_k)\, v_k \, \Delta T}{L} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} w_{k,1} \\ w_{k,2} \\ w_{k,3} \end{bmatrix}$$

де ΔT – крок за часом, v_k – швидкість у відповідному кроці, $\bar{\phi}_k = (\phi_k + \phi_{k-1})/2$ – середній кут повороту керма приведений до керованих коліс, L – база робота (відстань між керованими і ведучими колесами), α_k – кут повороту робота відносно напрямку на північ, $w_{,k}$ – збурюючий вплив, на стан робота (координати).

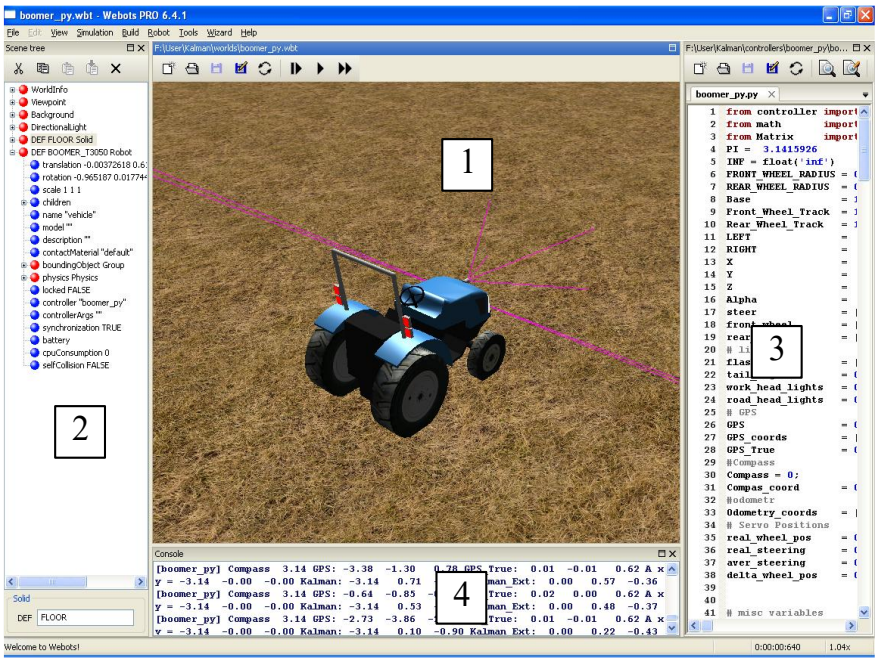


Рисунок 1. Головне вікно програми Webots із запущеною симуляцією робота з автомобільним керуванням

Нехай робот також оснащений GPS давачем, що дозволяє отримувати координати із деяким шумом з нульовим середнім значенням і середнім квадратичним відхиленням $\sigma^2(v_k)$.

Модель вимірювання у даному випадку є лінійною:

$$z_k = \begin{bmatrix} x_{C,k} \\ y_{C,k} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} v_{1,k} \\ v_{2,k} \end{bmatrix}.$$

Відповідні якобіани:

$$\boldsymbol{C} = \frac{\partial h}{\partial x_{P,k-1}}^T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix},$$

$$\boldsymbol{F} = \frac{\partial f}{\partial w_{k-1}}^T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad \boldsymbol{A} = \frac{\partial f}{\partial X_{C,k-1}}^T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -v_k \, \Delta T \sin\left(\alpha_{C,k-1} + \dfrac{tg(\bar{\phi}_k)\, v_k \, \Delta T}{2L} \right) \\ 0 & 1 & v_k \, \Delta T \cos\left(\alpha_{C,k-1} + \dfrac{r \, tg(\bar{\phi}_k)\, \Delta S_k}{2L} \right) \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

На основі отриманих залежностей розроблений фільтр Калмана, що досліджувався у програмі Webots (ver. 6.4.1) – системі візуального 3D моделювання віртуальної робототехніки з відкритим вихідним кодом, яка може імітувати безліч типів роботів. Програма Webots дозволяє створювати як власні середовища (світи) де працюють ті чи інші роботи із різноманітним оточенням, так і власних віртуальних роботів, а також писати для роботів керуючі програми (контролери) на мовах C, C++, Python, Java, мові Mathlab а також підключати довільні Windows програми, що «знають» про API програми Webots

Вікно програми Webots із кодом контролера робота, що використовує фільтр Калана для локалізації показано на рис. 1. На рисунку позначені головні вікна програми: 1 – вікно симуляції, 2 – дерево побудови сцени, 3 – програма контролер робота, 4 – вивід програми контролера. Код програми та відповідне модельне середовище доступні за посиланням [3]. Як випливає з моделі хоча давач GPS не дає напрямку на північ, на основі поєднання інформації про модель руху і інформації з давача такий напрямок легко визначається.

Література

1. Kalman R.E., A new approach to linear filtering and prediction problems, Trans. ASME J. Basic Eng. 82 (Series D) (1960) 35-45.
2. Klancar G., Teslic L., Skrjanc I., Mobile-robot pose estimation and environment mapping using an extended Kalman filter, Int. J. Syst. Sci. (2013) 1–16.
3. https://drive.google.com/file/d/1nmGL5VeCyEe_zbjES0Kt0gW-sgdEcI0q

УДК 004.8:005.8
С. Дячук, к. т. н., доц.; Р. Сава
(Тернопільський національний технічний університет імені І. Пулюя, Україна)

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ОПИСУ ЗАВДАНЬ ПРОЕКТНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ

UDC 004.8:005.8
S. Dyachuk, PhD., Assoc. Prof.; R. Sava

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES FOR OPTIMIZING PROJECT MANAGEMENT TASK DESCRIPTIONS

Проблема якості опису завдань у проектному менеджменті (ПМ) є критичною, призводить до значних витрат на переробку та неефективної комунікації [1]. Існуючі системи ПМ (Jira, Asana) зосереджені на адмініструванні завдань, а не на якості їхнього вмісту. Стрімкий розвиток великих мовних моделей (LLM) створює можливості для автоматизації та стандартизації цього процесу [2, 3]. Метою дослідження є підвищення ефективності планування проектів шляхом розробки та тестування методології інтелектуальної оптимізації описів завдань.

Об’єктом дослідження є процес опису та формалізації завдань (User Story, Task, Bug) у системах проектного менеджменту. Для порівняльного аналізу існуючих рішень та виявлення функціональних «прогалин» застосовано метод системного аналізу. Ключовим методом дослідження є розроблена методологія «багаторівневого контекстуального промптингу». На відміну від стандартних підходів, ця методологія формує запит до LLM шляхом комбінації трьох джерел: 1) статичний загальний контекст проекту, 2) персоналізовані налаштування користувача (стиль, модель, BYOK) та 3) динамічний короткий опис завдання. Для валідації гіпотези та оцінки ефективності методології застосовано метод експертного дослідження з двома групами користувачів (контрольна та експериментальна) та набором кількісних (TTC, Rework Rate) і якісних (Quality Score) метрик.

На основі аналізу існуючих ПМ-систем виявлено ключове обмеження: відсутність інструментів для генерації контенту, що враховують контекст конкретного проекту та стиль опису.

Розроблено архітектуру та реалізовано програмний прототип модулю (стек: Next.js, PostgreSQL, Drizzle) з інтегрованим AI-модулем. Веб-застосунок реалізує запропоновану методологію «багаторівневого контекстуального промптингу», дозволяючи користувачам генерувати структуровані описи завдань (включно з Acceptance Criteria) на основі короткого вводу.

Оцінювання здійснювалося за технічними критеріями: стабільність генерації, коректність структури вихідного тексту та відповідність контексту проєкту.

Отримані результати підтверджують, що навіть за мінімального обсягу початкових даних система формує узгоджені, стилістично коректні та повні описи завдань. Це демонструє ефективність архітектурного підходу й можливість масштабування рішення.

Інтеграція LLM у процес створення завдань за запропонованою методологією «багаторівневого контекстуального промптингу» значно підвищує якість описів та скорочує час їх підготовки. Розроблений підхід зменшує когнітивне навантаження на менеджерів проектів та покращує чіткість вимог для команд розробки, що підтверджує гіпотезу дослідження.

Література

1. «The cost and impact of requirement defects in agile software development: A systematic literature review». Journal of Systems and Software, 178, 110977.
2. «Leveraging Large Language Models for Software Requirements Engineering: An Empirical Study and Future Directions». IEEE Transactions on Software Engineering.
3. «Context-Aware Prompt Engineering for Natural Language Processing». Monograph on AI Integration Strategies.

УДК 004.42
Т. Соловій; Г. Цуприк, к. т. н., доц.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ОПРАЦЮВАННЯ ДАНИХ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ REACT ТА УДОСКОНАЛЕННЯМ РБД ТЕХНОЛОГІЄЮ FIREBASE

UDC 004.42
T. Soloviy; H. Tsupryk, PhD., Assoc.Prof.

DEVELOPMENT OF A DATA PROCESSING SYSTEM USING REACT TECHNOLOGIES AND IMPROVEMENT OF RDB WITH FIREBASE

Галузь газопостачання є одним із ключових сегментів енергетичної інфраструктури, де ефективне управління інформаційними системами безпосередньо впливає на стабільність і безпеку енергопостачання. Сучасні цифрові трансформації сприяють переходу від традиційних систем баз даних до інтелектуальних платформ, що інтегрують технології штучного інтелекту для аналізу, прогнозування та підтримки прийняття рішень .

Метою роботи є узагальнення можливостей використання технологій штучного інтелекту для підвищення ефективності управління даними в системах газопостачання.

Проведений аналіз показав, що впровадження технологій штучного інтелекту та робота з великими даними у сферу газопостачання сприяє комплексній оптимізації управління даними [1–4]. Зокрема, алгоритми машинного навчання забезпечують автоматичне виявлення аномалій у показниках споживання, прогнозування витрат і попиту, а також формування рекомендацій для операторів систем. Це мінімізує людський фактор, підвищує точність рішень і скорочує час реакції на відхилення у споживанні. Інтеграція аналітичних модулів штучного інтелекту у внутрішні бази даних дає змогу здійснювати статистичний аналіз у режимі, наближеному до реального часу. Такі системи можуть автоматично створювати звіти для різних рівнів управління, формувати попередження про критичні стани обладнання та прогнозувати ризики аварій чи порушень постачання.

Використання технологій Big Data у поєднанні з хмарними платформами дозволяє масштабувати обробку великих потоків даних, що надходять із IoT-сенсорів, встановлених у мережах постачання. Це створює єдине інформаційне середовище, де дані з різних джерел (лічильники, SCADA-системи, клієнтські інтерфейси) об’єднуються для побудови інтегрованих моделей прогнозування [1–2]. Згідно з дослідженнями Abdelkader Baaziz і Luc Quoniam, ефективність управління зростає завдяки використанню алгоритмів прогнозної аналітики, що дозволяють не лише аналізувати історичні показники, а й виявляти закономірності, які дають змогу попереджати перевитрати та аварійні ситуації [3–4]. Таким чином, аналітичні системи на основі ШІ формують базу для прийняття стратегічних рішень щодо модернізації інфраструктури, енергоефективності та автоматизації контролю.

Інтелектуалізація управління даними в галузі газопостачання визначається як стратегічний напрям цифрової трансформації, що забезпечує ефективність, прозорість і безпеку функціонування галузі. Поєднання оптимізованих баз даних, технологій Big Data і штучного інтелекту створює основу для формування гнучких інформаційних систем, які здатні до самоаналізу, адаптації та прогнозування.

Такі системи відкривають можливості для створення інтелектуальних консультаційних сервісів, підвищення енергоефективності та зниження операційних ризиків у газовій інфраструктурі.

Література

1. Олянін, Д., Цуприк, Г. (2025) Transformer Neural Networks in Industry 4.0 / Д. Олянін, Г. Цуприк, Т. Говорущенко, О. Багрій-Заяць, І. Андрущак // Computer Information Technologies in Industry 4.0: proceedings of the 3rd International Workshop (CITI-2025), Ternopil, Ukraine, 11–12 June 2025. – Ternopil : Ternopil Ivan Puluj National Technical University, 2025 (Scopus)

2. Tsupryk, H., Olianin, D. (2025). Vydobuvannia danyh z tekstu vykorystovuiuchy transformerni neironni merezhi [Data extraction from text using Transformer Neural Networks]. Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security, 125–130, DOI: https://doi.org/10.32782/IT/2025-2-13
3. Tsupryk, H., Olianin, D. (2025). Overview of transformers role indata mining from unstructured data. International Scientific-technical journal«Measuring and computing devices in technological processes»2025, Issue 2, 125–130, DOI: 10.31891/2219-9365-2025-82-52
4. Tsupryk H. LLM-based Extraction from Resumes / D. Olianin, H. Tsupryk // Advanced Technologies in Scientific Research: collection of scientific papers with proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference, Rotterdam, Netherlands, 20–22 August 2025. – International Scientific Unity, 2025. – 72-76
5. Hussain, M. (2023). Adoption of big data analytics for energy pipeline condition monitoring: Oil and gas sector. Energy Policy, (XX). DOI: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308016123001783
6. Abdelkader Baaziz, Luc Quoniam: "How to use Big Data technologies to optimize operations in Upstream Petroleum Industry".

УДК 004.41
М. Солтис; Д. Михалик, к. т. н., доц.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ВЕБСИСТЕМА ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ЗБЕРІГАННЯ ФАЙЛІВ ІЗ ПІДТРИМКОЮ СЕМАНТИЧНОГО ПОШУКУ

UDC 004.41
M. Soltys; D. Mykhalyk, PhD., Assoc. Prof.

WEB SYSTEM FOR CENTRALIZED FILE STORAGE WITH SEMANTIC SEARCH SUPPORT

Ключові слова: семантичний пошук, централізоване зберігання даних, вебсистема, індексація файлів, векторні ембедінги, ElasticSearch.

Key words: semantic search, centralized data storage, web system, file indexing, vector embeddings, ElasticSearch.

Моя науково-дослідна робота присвячена розробці вебсистеми для централізованого зберігання файлів із підтримкою семантичного пошуку. Основною метою є створення інтелектуальної платформи, яка не лише зберігає дані, а й забезпечує їх змістовне пошукове опрацювання за допомогою сучасних алгоритмів векторного представлення тексту. Така система значно підвищує ефективність взаємодії користувачів із великими обсягами інформації, дозволяючи шукати файли не лише за назвою, а й за змістом.

На початковому етапі проводиться аналіз потреб користувачів та вимог до структури даних, визначаються ключові сценарії взаємодії із системою. На основі цього формується архітектура, яка включає сервіс обробки файлів, модуль індексації контенту та клієнтську частину з інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом. Для клієнтської частини використовується фреймворк **Next.js**, тоді як серверна логіка реалізована на **NestJS** з використанням **TypeScript** та **PostgreSQL**.

Особлива увага приділяється реалізації семантичного пошуку. Для цього застосовується **ElasticSearch**, який зберігає індекси файлів і підтримує як повнотекстовий, так і векторний пошук. Векторизація вмісту виконується за допомогою **OpenAI Embeddings**, що забезпечує розуміння змістового контексту документів. Такий підхід дає можливість знаходити релевантні файли навіть тоді, коли користувач не знає точну назву документа або вводить запит у довільній формі.

Під час розробки системи значна увага приділяється безпеці даних, включаючи авторизацію на основі JWT-токенів, контроль доступу до файлів та обмеження прав для зовнішніх посилань на завантаження. Також реалізуються інструменти обробки файлів різних форматів (PDF, DOCX, зображення), що дозволяє індексувати текст із більшості поширених типів даних.

Завершальним етапом є тестування сервісу, яке включає перевірку коректності індексації, точності семантичного пошуку, швидкодії, масштабованості та стійкості системи до великих навантажень. Тестування дозволяє оптимізувати роботу алгоритмів та гарантує стабільність системи в реальних умовах.

Результати проведеної роботи свідчать про те, що поєднання централізованого сховища з інформаційним пошуком на основі векторних представлень значно підвищує ефективність роботи з файлами та відкриває широкі можливості для подальших досліджень у сфері інтелектуальних інформаційних систем.

Література

1. Effective Strategies for Managing Network-Attached Storage Systems [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.linkedin.com/advice/3/what-best-practices-managing-network-storage-qcpze.
2. Data Security in Cloud Computing [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://cloud.google.com/learn/what-is-cloud-data-security.

УДК 004.41
Б. Тихович; М. Петрик, д. ф.-м. н., проф.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

БАГАТОПЛАТФОРМЕННИЙ ЗАСТОСУНОК ДЛЯ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ТА ВИТРА ОБСЛУГОВУВАННЯ АВТОМОБІЛЯ

UDC 004.41
B. Tykhovych; M. Petryk, Dr., Prof.

MULTIPLATFORM APPLICATION FOR MONITORING THE CONDITION AND MAINTENANCE COSTS OF A VEHICLE

Моя науково-дослідна робота присвячена розробці багатоплатформенного застосунку для моніторингу стану та витрат обслуговування автомобіля. Основною метою є створення сучасного програмного рішення, яке дозволяє в режимі реального часу отримувати інформацію про стан транспортного засобу, аналізувати діагностичні дані та своєчасно повідомляти користувача про можливі несправності. Такий підхід підвищує безпеку експлуатації автомобіля, зменшує ризик аварій та сприяє ефективному технічному обслуговуванню.

На початковому етапі виконано аналіз предметної області, потреб користувачів та основних функціональних вимог до системи. Визначено ключові сценарії використання: підключення до автомобіля, зчитування показників датчиків, відображення технічного стану, формування звітів та сповіщень. На основі цього була спроєктована архітектура застосунку, яка включає клієнтську частину, серверну логіку та модулі інтеграції з зовнішніми сервісами.

Для реалізації клієнтської частини використано фреймворк Ionic React, що дозволяє створювати PWA-застосунок, придатний для роботи як у веб-браузері, так і на мобільних пристроях з операційними системами Android та iOS. Серверна частина забезпечує обробку даних, взаємодію з базою даних та роботу з API для отримання телеметричних і діагностичних показників автомобіля у з'єднанні з Firebase.

Особлива увага приділена реалізації механізмів збору та обробки даних про стан автомобіля. Застосунок отримує інформацію про швидкість, оберти двигуна, температуру, рівень пального, помилки бортової системи та інші параметри. Дані обробляються у режимі реального часу, зберігаються в базі даних та відображаються користувачу у зручному візуальному вигляді у формі графіків, таблиць та індикаторів.

Під час розробки системи також передбачено механізми безпеки, зокрема автентифікацію користувачів, захист переданих даних та контроль доступу до функціоналу. Реалізовано модуль сповіщень, який інформує користувача про критичні відхилення в роботі автомобіля, необхідність технічного огляду або виникнення помилок.

Завершальним етапом розробки стало тестування програмного забезпечення, яке включало перевірку коректності роботи модулів, стабільності з'єднання з сервером, точності відображення даних та швидкодії застосунку. Проведене тестування підтвердило працездатність системи та її готовність до практичного використання.

Результати виконаної роботи свідчать про те, що створений багатоплатформенний застосунок є ефективним інструментом для моніторингу технічного стану автомобіля. Його використання дозволяє підвищити рівень безпеки, зменшити витрати на обслуговування та забезпечити зручний доступ до діагностичної інформації для широкого кола користувачів. Подальший розвиток системи можливий у напрямку розширення аналітичних функцій та інтеграції з додатковими сервісами.

Література

1. Official Documentation of the Ionic Framework [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://ionicframework.com/docs/v3/.
2. Official Firebase Developer Documentation [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://firebase.google.com/docs.

УДК 004.4
І. Бойко, д. ф.-м. н., доц.; Р. Ткачук
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

РОЗРОБКА 3D-ГРИ ЖАНРУ RPG НА UNITY

UDC 004.4
I. Boiko, Dr., Assoc. Prof.; R. Tkachuk

DEVELOPMENT OF A 3D RPG GAME USING UNITY

Розробка сучасних 3D-ігор жанру RPG потребує поєднання інженерних підходів, гнучких методологій, оптимальних архітектурних рішень та ефективного використання інструментів ігрових рушіїв. У представленій роботі описано процес створення 3D-гри «Lone Knight» на платформі Unity з використанням мови C#. Метою роботи є реалізація повноцінної ігрової системи з базовими механіками RPG, включно з бойовою системою, обробкою взаємодій, управлінням об’єктами сцени, побудовою рівнів, системою прогресу та обробкою подій.

На етапі аналізу проведено дослідження актуальних рішень у сфері розробки RPG-ігор, визначено вимоги до функціональних елементів гри, сформовано цілі та обмеження проєкту. Особливу увагу приділено модульності, розширюваності та підтримуваності архітектури.

Під час проєктування створено діаграми класів та сценаріїв використання, що визначають логіку взаємодії ключових компонентів: гравця, ворогів, камерної системи, менеджера станів, системи бою та інвентаря. Застосовано об’єктно-орієнтований підхід та низку патернів проєктування, що забезпечують гнучкість структури гри та можливість подальшого масштабування.

На етапі розробки реалізовано основні механіки: рух і керування персонажем, бойові взаємодії, систему здоров’я, відображення інтерфейсу, перемикання сцен, поведінку ворогів, контент гри. Використано можливості Unity для створення анімацій, налаштування камерних переходів та управління об’єктами шляхом скриптової логіки.

Тестування гри здійснювалось із використанням модульних та інтеграційних підходів, що дозволило виявити та усунути помилки на ранніх етапах. Перевірено коректність роботи бойової системи, обробки колізій, навігації персонажа, відображення UI та оптимізації продуктивності сцени.

Отримані результати демонструють можливість створення повноцінної 3D RPG-гри в умовах обмежених ресурсів, використовуючи сучасні інструменти Unity та підхід структурованої розробки. Створений прототип може бути основою для подальшого вдосконалення механік, розширення ігрового світу та впровадження нових функціональних можливостей.

УДК 004.75:004.451.8
В. Ковтун; С. Хрипко, д. т. н., проф.
(Класичний приватний університет м. Запоріжжя, Україна)

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ХМАРНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ВЕБСИСТЕМИ ІНТЕРНЕТ-БІЗНЕСУ З ВИКОРИСТАННЯМ DOCKER

UDC 004.75:004.451.8
V. Kovtun; S. Khrypko, Dr., Prof.

RESEARCH ON THE EFFICIENCY OF A CLOUD WEB SYSTEM FOR INTERNET BUSINESS USING DOCKER

Метою дослідження є оцінювання ефективності хмарної реалізації вебсистеми Інтернет-бізнесу, побудованої за допомогою контейнеризації Docker.

Дослідження ефективності хмарної вебсистеми інтернет-бізнесу з використанням Docker здійснювалося у двох різнотипних обчислювальних середовищах з метою порівняльного аналізу продуктивності, масштабованості та стабільності роботи системи.

У локальному середовищі вебсистема була розгорнута на фізичному сервері під керуванням Ubuntu Server. Для забезпечення функціонування застосунку використовувалися такі компоненти серверної інфраструктури: вебсервер Apache, інтерпретатор PHP 8.2 та система керування базами даних MySQL 8.0. Дане середовище характеризується мінімальними накладними витратами на віртуалізацію й дозволяє оцінити базовий рівень ефективності роботи вебдодатка.

У хмарному контейнеризованому середовищі використовувалася інфраструктура Docker Compose, що передбачала модульне розгортання системи у вигляді окремих контейнерів. Зокрема, було контейнеризовано такі сервіси: вебсервер та інтерпретатор PHP; база даних; інструмент адміністрування СКБД; зворотний проксі-сервер для маршрутизації та оптимізації обробки HTTP-запитів. Таке середовище дозволяє аналізувати вплив контейнеризації, міжконтейнерної взаємодії та мережевих затримок на загальну продуктивність.Для оцінювання швидкодійності застосунку у обох середовищах використовувався інструмент навантажувального тестування Apache JMeter 5.6, який забезпечив вимірювання часу відповіді вебсистеми, оцінку пропускної здатності та аналіз стабільності функціонування під зростаючим навантаженням.

Оцінка використання ресурсів показала, що контейнеризоване середовище характеризується дещо вищим навантаженням на процесор та оперативну пам’ять. Зокрема, середнє CPU-навантаження становило46%у локальному середовищі проти 52% у Docker-інфраструктурі. Показники дискових операцій також демонструють незначне збільшення інтенсивності читання й запису у контейнеризованому середовищі. Водночас контейнери забезпечили підвищену стабільність роботи системи: рівень варіативності продуктивності зменшився з 3,5% до 2,1%. Це свідчить про те, що ізоляція сервісів у межах окремих контейнерів знижує взаємний вплив процесів, що позитивно позначається на передбачуваності й повторюваності часових характеристик.

Контейнеризація додає незначне (~5–8%) збільшення затримки через віртуалізацію мережевих шарів, однак цей вплив залишається в межах прийнятного. При цьому Docker забезпечує кращу стабільність і відсутність деградації при пікових навантаженнях.

Література

1. Di Tommaso P., Palumbo E., Chatzou M., Prieto P., Heuer M. L., Notredame C. The impact of Docker containers on the performance of genomic pipelines / P. Di Tommaso, E. Palumbo, M. Chatzou, P. Prieto, M. L. Heuer, C. Notredame // PeerJ. – 2015. – Vol. 3: e1273. – DOI: 10.7717/peerj.1273.

004.41
В. Філик; Г. Цуприк, к. т. н., доц.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

АВТОМАТИЗОВАНА ВЕБ-СИСТЕМА НА ОСНОВІ OPENCART 3: ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ТА ІНТЕГРАЦІЇ

UDC 004.41
V. Filyk; H. Tsupryk, PhD., Assoc. Prof.

AUTOMATED WEB SYSTEM BASED ON OPENCART 3: IMPLEMENTATION AND INTEGRATION FEATURES

Сучасні тенденції розвитку сприяють створенню таких систем, що здатні забезпечити високий рівень автоматизації бізнес-процесів та інтеграцію з зовнішніми сервісами. Ефективність e-commerce систем безпосередньо залежить від архітектурних рішень, оптимізації бази даних та зручності користувацького інтерфейсу. Актуальність теми полягає в необхідності розробки автоматизованої веб-системи, яка б об'єднувала функціональність, масштабованість та зручність для кінцевого користувача.

Об’єктом дослідження є процес електронної комерції, що забезпечує функціонування онлайн-торгівлі. Предметом дослідження є інтернет-магазин «Buddvir», створений на базі платформи OpenCart 3 із використанням мови програмування PHP. Для його аналізу застосовуються методи структурного проєктування, тестування продуктивності, оптимізації та дослідження користувацького досвіду. Інтеграція зовнішніх систем здійснюється через REST API.

Розроблена багатошарова архітектура на основі MVC-патерну забезпечує розділення логіки, представлення та управління даними. Використання Bootstrap 4 та SCSS дозволило створити адаптивний інтерфейс. Оптимізація MySQL бази даних підвищила швидкість обробки запитів для великого каталогу.

Інтеграція з CRM-системою автоматизувала синхронізацію даних, що зменшило кількість ручної роботи та помилок. Використання Nova Poshta API спростило процес вибору відділень доставки. Тестування системи показало стабільну роботу під навантаженням та зручний інтерфейс.

Розроблена автоматизована веб-система демонструє високий рівень продуктивності, зручність використання, інтеграцію з зовнішніми сервісами. Отримані результати можуть бути використані для створення подібних e-commerce проєктів, що вимагають масштабованості, надійності та автоматизації.

Література

1. Opencart 3 – Developer Guide. Opencart, 2016. URL: https://docs.opencart.com/en-gb/developer/module/
2. MVC Architecture Explained: Model, View, Controller. Codeacademy. URL: https://www.codecademy.com/article/mvc-architecture-model-view-controller/
3. Олянін, Д., Цуприк, Г. (2025) Transformer Neural Networks in Industry 4.0 / Д. Олянін, Г. Цуприк, Т. Говорущенко, О. Багрій-Заяць, І. Андрущак // Computer Information Technologies in Industry 4.0: proceedings of the 3rd International Workshop (CITI-2025), Ternopil, Ukraine, 11–12 June 2025. – Ternopil : Ternopil Ivan Puluj National Technical University, 2025 (Scopus)
4. Tsupryk, H., Olianin, D. (2025). Vydobuvannia danyh z tekstu vykorystovuiuchy transformerni neironni merezhi [Data extraction from text using Transformer Neural Networks]. Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security, 125–130, DOI: https://doi.org/10.32782/IT/2025-2-13
5. Tsupryk, H., Olianin, D. (2025). Overview of transformers role indata mining from unstructured data. International Scientific-technical journal «Measuring and computing devices in technological processes» 2025, Issue 2, 125–130, DOI: 10.31891/2219-9365-2025-82-52
6. Tsupryk H. LLM-based Extraction from Resumes / D. Olianin, H. Tsupryk // Advanced Technologies in Scientific Research: collection of scientific papers with proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference, Rotterdam, Netherlands, 20–22 August 2025. – International Scientific Unity, 2025. – 72–76

УДК 004.4
В. Ящук; Г. Цуприк, к. т. н., доц.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

АРХІТЕКТУРНІ ПІДХОДИ ДО ПРОЄКТУВАННЯ ПРОГРАМНИХ СИСТЕМ ДЛЯ БЕЗПЕЧНОГО КЕРУВАННЯ АВТЕНТИФІКАЦІЙНИМИ ДАНИМИ

UDC 004.4
V. Yashchuk; H. Tsupryk, PhD., Assoc. Prof.

ARCHITECTURAL APPROACHES TO DESIGNING SOFTWARE SYSTEMS FOR SECURE MANAGEMENT OF AUTHENTICATION DATA

У сучасних умовах розвитку цифрових технологій питання безпечного керування автентифікаційними даними стає особливо актуальним. Значне зростання кількості кібератак, пов'язаних із компрометацією користувацьких паролів, підкреслює необхідність створення систем, які забезпечують високий рівень захисту та надійності [1]. Дослідження у сфері програмної інженерії та прикладної криптографії демонструють, що більшість порушень безпеки виникає через недоліки архітектури та слабкі механізми перевірки автентифікаційних даних [2].

Архітектура програмних систем для керування автентифікаційними даними включає низку компонентів, що забезпечують зберігання, обробку та перевірку паролів у захищеному середовищі. Одним із ключових елементів є модуль шифрування, який відповідає за криптографічні перетворення даних. Сучасні підходи передбачають використання симетричних алгоритмів AES, а також асиметричних алгоритмів для розмежування прав доступу [3]. Застосування надійних алгоритмів дозволяє суттєво зменшити ризики несанкціонованого доступу навіть у випадку часткової компрометації системи.

Модуль зберігання автентифікаційних даних базується на зашифрованих сховищах, які унеможливлюють доступ до інформації у відкритому вигляді. Особлива увага приділяється структурі сховища, яка повинна бути оптимізована для швидкого доступу до записів та захищена від атак на метадані. У сучасних дослідженнях підкреслюється, що добре структурована архітектура програмної системи дозволяє мінімізувати площину атаки та зменшити вплив внутрішньої складності на загальну стійкість до загроз [4].

Дослідження трансформерних моделей у контексті Industry 4.0 демонструють їх здатність адаптивно працювати з великими потоками даних, що може бути використано й для оптимізації процесів обробки автентифікаційної інформації [5].

Надзвичайно важливим компонентом архітектури є модуль виявлення слабких та скомпрометованих паролів. Серед сучасних методів особливе місце займає фільтр Блума – ймовірнісна структура даних, що дозволяє ефективно визначати належність пароля до великої множини хешів з мінімальними ресурсними витратами [6]. Перевагою цього підходу є можливість локальної перевірки без передавання даних на сторонні сервери, що значно підвищує рівень конфіденційності. Показано, що моделі Transformer можуть ефективно виявляти структурні залежності та витягувати патерни зі складних неструктурованих даних, що робить їх перспективними для аналізу поведінкових характеристик користувачів у системах автентифікації [7].

Сучасні програмні системи для керування автентифікаційними даними також включають інструменти генерації надійних паролів, системи контролю повторного використання, механізми моніторингу спроб доступу та захисту від автоматизованих атак. Поєднання цих механізмів у рамках єдиної архітектури сприяє підвищенню рівня безпеки користувачів та зменшенню ризиків витоку інформації. У роботах, присвячених data mining, підкреслюється, що трансформерні моделі здатні забезпечувати високу якість аналізу великих масивів даних, що є важливим для локальних систем перевірки автентифікації без значного навантаження на мережеву інфраструктуру [8].

Перспективи розвитку таких систем пов’язані з інтеграцією адаптивних алгоритмів машинного навчання, здатних аналізувати поведінкові характеристики користувача, а також з розширенням можливостей локальної обробки великих наборів даних. Використання цих технологій дозволить підвищити точність виявлення небезпечних дій, оптимізувати процес автентифікації та зменшити навантаження на центральні сервери [9].

Практичні результати застосування LLM-моделей свідчать про їх здатність виконувати обробку чутливих даних локально, забезпечуючи точне вилучення релевантних ознак, що може бути корисним для автономних модулів автентифікації [10].

Таким чином, архітектурні підходи до проєктування систем керування автентифікаційними даними відіграють важливу роль у забезпеченні загальної безпеки інформаційних систем. Використання поєднання криптографічних алгоритмів, структур даних та модульних архітектурних рішень дає змогу створювати ефективні, стійкі та масштабовані програмні засоби, здатні протидіяти сучасним кіберзагрозам.

Література

1. Verizon. Data Breach Investigations Report 2023. Verizon Enterprise Solutions, 2023. URL: https://www.verizon.com/business/resources/reports/dbir/
2. National Institute of Standards and Technology. NIST Special Publication 800-63B: Digital Identity Guidelines – Authentication and Lifecycle Management. U.S. Department of Commerce, 2017 (update 2023). URL: https://pages.nist.gov/800-63-3/sp800-63b.html
3. Stallings W. Cryptography and Network Security: Principles and Practice. 8th ed. Pearson, 2023. С. 157–160.
4. Anderson R. Security Engineering. 3rd ed. Wiley, 2020. С. 118.
5. Олянін, Д., Цуприк, Г. (2025) Transformer Neural Networks in Industry 4.0 / Д. Олянін, Г. Цуприк, Т. Говорущенко, О. Багрій-Заяць, І. Андрущак // Computer Information Technologies in Industry 4.0: proceedings of the 3rd International Workshop (CITI-2025), Ternopil, Ukraine, 11–12 June 2025. – Ternopil : Ternopil Ivan Puluj National Technical University, 2025 (Scopus).
6. Ke Y., Liang Y., Sha Z., Shi Z., Song Z. DPBloomfilter: Securing Bloom Filters with Differential Privacy. arXiv, 2025. URL: https://arxiv.org/abs/2502.00693
7. Tsupryk, H., Olianin, D. (2025). Vydobuvannia danyh z tekstu vykorystovuiuchy transformerni neironni merezhi [Data extraction from text using Transformer Neural Networks]. Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security, 125–130, DOI: https://doi.org/10.32782/IT/2025-2-13
8. Tsupryk, H., Olianin, D. (2025). Overview of transformers role indata mining from unstructured data. International Scientific-technical journal «Measuring and computing devices in technological processes» 2025, Issue 2, 125–130, DOI: https://doi.org/10.31891/2219-9365-2025-82-52
9. Naldi M., Flamini M. Cybersecurity and behavioral authentication models. Journal of Information Security, 2023.
10. Tsupryk H. LLM-based Extraction from Resumes / D. Olianin, H. Tsupryk // Advanced Technologies in Scientific Research: collection of scientific papers with proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference, Rotterdam, Netherlands, 20–22 August 2025. – International Scientific Unity, 2025. – 72–76.

УДК 004.932
В. Попсуй; В. Бревус, к. т. н.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ СКАНІВ У MAYAN EDMS З ВИКОРИСТАННЯМ OPENCVТА МАШИННОГО НАВЧАННЯ

UDC 004.932
V. Popsui; V. Brevus, PhD.

QUALITY CONTROL SYSTEM FOR SCANS IN MAYAN EDMS USING OPENCV AND MACHINE LEARNING

Цифровізація документообігу та зростання обсягів архівних фондів посилюють потребу в автоматизації контролю якості сканованих документів. Сучасні дослідження доводять ефективність методів комп'ютерного зору у виявленні дефектів цифрових зображень – розмиття, перекосів, низької контрастності та артефактів [1–3]. Додатково, розвиток легковагових моделей глибинного навчання та підходів до класифікації візуальних даних у контексті Industry 4.0 [4–7] відкриває можливість інтеграції автономних систем контролю у корпоративні EDMS-платформи.

Об'єктом дослідження є процес завантаження та індексування документів у системі Mayan EDMS. Виявлення технічних дефектів реалізовано за допомогою методів OpenCV: Laplacian-variance для оцінки різкості, Hough-трансформацій для визначення перекосу, гістограмного аналізу для виявлення проблем освітлення. Для класифікації складних дефектів – зім'яття сторінки, часткової втрати фрагментів, сторонніх об'єктів.

Розроблена система інтегрується як додатковий модуль у Mayan EDMS та аналізує якість сканів на ключових етапах: під час завантаження документа, після обробки OCR та перед індексацією. Автоматична логіка забезпечує три напрямки адаптивної взаємодії:

– **попереджувальний контроль** – блокування низькоякісних сканів та рекомендації повторного сканування;

– **інтелектуальне оцінювання** – формування оцінки якості за комплексом метрик та виявлення специфічних дефектів;

– **автоматизована оптимізація** – корекція контрасту, вирівнювання перспективи та нормалізація яскравості.

Експериментальні результати підтвердили, що поєднання класичних алгоритмів OpenCV із легковаговими ML-моделями забезпечує високу точність виявлення дефектів при мінімальному навантаженні на систему. Це підвищує надійність зберігання електронних документів та зменшує людський фактор у процесах цифрового архівування.

Література

1. Bradski G. The OpenCV Library // Dr. Dobb's Journal. – 2000.
2. Shafait F., Keysers D., Breuel T. Performance Evaluation and Benchmarking of Six Page Segmentation
3. Chen X., Zhang L., Doermann D. Document Image Quality Assessment: A Brief Survey // 2015 13th International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR). – 2015.
4. Zhou S., He L., Wang W. Deep Learning-Based Document Image Quality Assessment // Pattern Recognition. – 2022.
5. Smith R. An Overview of the Tesseract OCR Engine // ICDAR. – 2007.
6. Mayan EDMS Documentation. Official Technical Documentation.

СЕКЦІЯ 5. НОВІТНІ ФІЗИКО-ТЕХНІЧНІ ТА ОСВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 004.032.26
Л. Білокриницька, студентка 3 курсу; Н. Дзюбата, викл. комп. дисциплін
(Тернопільский фаховий коледж ТНТУ імені Івана Пулюя, Україна)

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ФІЗИЧНИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ

UDC 004.032.26
L. Bilokrynytska, 3rd year student; N. Dzyubata, Computer Science Teacher

APPLICATION OF COMPUTER VISION METHODS FOR AUTOMATION OF PHYSICAL EXPERIMENTS

Фізичні лабораторії щодня отримують тисячі фотографій з мікроскопів та детекторів. Обробляти їх вручну довго і виснажливо. Комп'ютерний зір може ефективно вирішити цю проблему. Це технологія при якій комп'ютер розпізнає об'єкти на фото, подібно до того, як це робить людина. Сучасні нейронні мережі аналізують зображення та можуть знайти потрібні об'єкти, порахувати розміри, відрізнити один тип від іншого.

Розглянемо приклад з матеріалознавства. Коли вивчають метал, необхідно дослідити його структуру під мікроскопом і виміряти розміри зерен. Раніше це робили вручну – обводили кожне зерно олівцем на папері. Зараз розроблено програми, які виконують це автоматично. Як показують дослідження, «застосування нейронних мереж для аналізу металографічних зразків дозволяє скоротити час обробки у 5–10 разів» [1].

Наприклад, програма на базі нейромережі ResNet аналізує фото з мікроскопа за 1–2 секунди. Вона самостійно знаходить межі між зернами, рахує площу кожного зерна і видає таблицю з результатами. Точність залишається такою ж, як у досвідченого спеціаліста, але швидкість є у сотні разів вищою.

Інший приклад – детектори частинок у прискорювачах. Коли частинки пролітають через детектор, вони залишають сліди. При цьому використовують алгоритм YOLO, який знаходить точки треків і з'єднує їх у лінії. Система працює в реальному часі – обробляє 30 кадрів за секунду.

Ще один напрямок – електронна мікроскопія. Тут нейромережі вчаться розпізнавати дефекти в кристалах. Дослідження показують, що «згорткові нейронні мережі досягають точності класифікації дефектів до 97%» [3].

Головна проблема полягає в тому, що для навчання нейромережі потрібно багато прикладів. У фізиці часто немає тисяч готових фотографій з правильними відповідями. Тому використовують готові моделі, які вже навчені розпізнавати звичайні фото, і донавчають їх на невеликій кількості фізичних зображень. Також застосовують прийоми збільшення даних – одне фото повертають, трохи зміщують, змінюють яскравість, і таким чином отримують декілька навчальних прикладів.

Для зручності створюють веб-сайти, де можна просто завантажити своє фото і отримати результат. Отже, комп'ютерний зір дійсно допомагає фізикам економити час і працювати точніше. Технологія продовжує розвиватися – з'являються швидші алгоритми, кращі моделі та зручніші інтерфейси.

Література

1. Петренко О.М., Коваль С.В. Застосування машинного навчання в обробці експериментальних даних. Вісник КПІ. Серія Приладобудування. URL: https://ela.kpi.ua.
2. Шевченко М.І. Розпізнавання дефектів структури за допомогою нейронних мереж. Фізика конденсованого стану. URL: http://www.irbis-nbuv.gov.ua.

37.09:004
В. Волоський; А. Паламар, к. т. н., доц.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

МЕТОДИКА ІНТЕГРАЦІЇ ПЛАТФОРМИ ARDUINO В ОСВІТНІЙ ПРОЦЕС НА ЗАСАДАХ STEM-ТЕХНОЛОГІЙ

UDC 37.09:004
V. Voloskyi; A. Palamar, PhD., Assoc. Prof.

METHODOLOGY OF INTEGRATING THE ARDUINO PLATFORM INTO THE EDUCATIONAL PROCESS BASED ON STEM TECHNOLOGIES

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю впровадження в систему освіти новітніх технологій та відповідністю навчальної програми сучасним стандартам. Інтеграція STEM-підходу в навчальний процес є ключовим напрямком формування в здобувачів освіти критичного мислення та інженерної грамотності. Платформа Arduino є оптимальним інструментом для практичної реалізації цього підходу, які використовуються в STEM підході до освітнього процесу. Необхідність розробки структурованого та апробованого навчально-методичного забезпечення для створення спецкурсів з робототехніки або лабораторних практикумів з робототехніки та мікропроцесорної техніки обумовлене тим що застосування Arduino сприяє персоналізації навчання, оскільки надає змогу учням простір для індивідуальних рішень.

Метою роботи є обґрунтування ефективності проектно-орієнтованої методики використання платформи Arduino в освітньому процесі закладів вищої та середньої освіти на основі принципів STEM-технологій та розробка відповідного навчального методичного забезпечення.

Пропонується сфокусувати дослідження на процесі розробки, а не лише на кінцевому продукті, що відповідає сучасній парадигмі інженерної освіти. Впровадження платформи Arduino в навчальний процес є ідеальною основою для освоєння студентами ітеративного циклу та проєктного мислення. Це означає, що студент не просто створює робочий пристрій, а проходить п'ять ключових етапів: розуміння потреб кінцевого користувача чи поставленої проблеми, чітке формулювання проблеми, яку потрібно вирішити, мозковий штурм можливих рішень, створення прототипу моделі за допомогою Arduino та тестування і подальше вдосконалення. Використовування цього підходу перетворює помилку на досвід. На відміну від теоретичних завдань, робота з фізичним обладнанням робить помилки в коді або схемі відчутними та миттєвими. Таким чином, Arduino виступає каталізатором для формування стійкості, методичності та вміння працювати в умовах невизначеності, що є важливими життєвими навичками.

Використання Arduino дозволяє засвоїти мови програмування, які є індустріальними стандартами такими як C/C++, а також отримати практичний досвід роботи з протоколами зв'язку та периферійними пристроями. Таким чином, інтеграція Arduino в навчальний процес, створює підґрунтя для подальшого розвитку у таких сферах як автоматизація, робототехніка та розробка Інтернету Речей, оскільки він має пряму кореляцію з вимогами індустрії та ефективно моделює задачі і має пряму кореляцію з вимогами індустрії.

Отже, із розвитком технологій актуальним є впровадження в освітній процес Arduino з використанням STEM-технологій для оновлення навчальних програм.

УДК 621.326
В. Кокайло
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

АНАЛІЗ МЕТААСАМБЛЕВИХ АЛГОРИТМІВ ДЛЯ КЛАСИФІКАЦІЇ МЕДИЧНИХ ДІАГНОЗІВ

UDC 621.326
V. Kokailo

ANALYSIS OF META-ENSEMBLE ALGORITHMS FOR MEDICAL DIAGNOSIS CLASSIFICATION

Метаансамблеві алгоритми займають центральне місце у сучасних підходах до медичної діагностики на основі даних, оскільки вони дозволяють поєднувати прогнози декількох базових моделей з метою підвищення точності, стабільності та узагальнювальної здатності системи. Медичні дані часто характеризуються високою варіативністю, наявністю шуму, дисбалансом класів та суттєвими відмінностями між групами пацієнтів. Тому використання однієї окремої моделі може бути недостатнім для досягнення бажаної точності або для забезпечення надійності при прийнятті рішень у клінічних умовах. Метаансамблеві методи дозволяють компенсувати слабкі сторони окремих алгоритмів, поєднуючи їх сильні сторони в єдиному узгодженому прогнозі.

Ансамблі першого рівня (Random Forest, XGBoost, LightGBM, CatBoost, логістична регресія та інші) створюють різноманіття прогнозів, кожен з яких відображає власні статистичні та структурні властивості моделі. Дерева рішень краще виявляють складні нелінійні залежності, бустингові алгоритми працюють ефективно з табличними даними, а лінійні моделі забезпечують інтерпретованість та контроль над переобученням. Однак навіть найкращий окремий алгоритм залишається обмеженим у своїй здатності коректно узагальнювати всю складність медичних даних. На цьому етапі вступає в дію метарівень – модель, що навчається на прогнозах інших моделей та формує підсумкове рішення на основі їх сукупності [1].

Метаансамблеві моделі (stacking) використовують підхід другого рівня, коли метамодель (наприклад, Logistic Regression, RidgeClassifier або XGBoost) аналізує вектор прогнозів базових класифікаторів і визначає оптимальний спосіб їх комбінування. По суті, метамодель вчиться на тому, у які моменти й за яких умов певний алгоритм дає точніший результат, а коли інший – корисніший. Це створює адаптивний механізм, який зменшує випадкові помилки окремих моделей і покращує загальний підсумковий прогноз.

Дослідження показують, що метаансамблеві алгоритми часто перевершують окремі бінарні або бустингові моделі на 3–12% за ключовими метриками якості (F1-score, ROC-AUC), що є суттєвим покращенням у контексті медичної практики. Крім того, вони дозволяють сформувати більш надійні системи підтримки клінічних рішень, здатні аналізувати складні патерни та різноманітні особливості пацієнтів [2].

Використання таких підходів у медичній класифікації відкриває можливості створення інтелектуальних діагностичних систем, здатних підсилити клінічну аналітику та сприяти більш ранньому, точному та надійному виявленню критичних станів пацієнтів.

Література

1. Ivanov, O. P., Petrenko, S. M. (2025). Методи машинного навчання у медицині: від аналізу даних до прогнозування захворювань. – К.: Наукова думка. – 312 с.
2. Kim, J., Lee, H. (2024). Ensemble and Meta-Ensemble Methods in Machine Learning: Theory and Practice. – New York: Springer. – 256 p.

УДК 004.8:621.31
Е. Приймачук
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ЦИФРОВІ ЕЛЕКТРИЧНІ МЕРЕЖІ (SMART GRID) ТА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ (SCADA, ADMS)

UDC 004.8:621.31
E. Pryimachuk

DIGITAL ELECTRICITY GRIDS (SMART GRID) AND INTELLIGENT CONTROL SYSTEMS (SCADA, ADMS)

Сучасний світ вимагає нових підходів та рішень у всьому, не виключеною стала і енергетика. Цифрові електричні мережі Smart Grid (*Розумна енергосистема*) являє собою сучасну модель розвитку енергетичної інфраструктури, яка об'єднує електротехнічне обладнання та цифрові інформаційні технології. Їх метою є підвищення надійності, ефективності та керованості системи розподілу. Основна цінність Smart Grid полягає у здатності мережі працювати в режимі реального часу, швидко аналізувати стан обладнання та автоматично приймати рішення для запобігання аваріям.

Ключову роль у цифровій мережі відіграють системи SCADA та ADMS**.** SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) забезпечує збирання та передачу даних із підстанцій, РП та ПЛ, дистанційне керування вимикачами та електричною апаратурою. Це головний інструмент диспетчера, що дозволяє оперативно реагувати на порушення роботи мережі. ADMS (*Advanced Distribution Management System*) доповнює SCADA інтелектуальними алгоритмами, тобто виконує автоматичну локалізацію аварій, оптимізує режими роботи мережі, формує найкращі схеми живлення та керує процесами відновлення електропостачання. ADMS фактично є «мозком» сучасної системи розподілу. В свою чергу, важливими елементами «*Розумних енергосистем»* є безпосередньо виконавчі механізми, до яких можна віднести реклоузери, smart-вимикачі, інтелектуальні лічильники**,** сучасні канали зв'язку та цифрові підстанції. Вони забезпечують точний моніторинг стану обладнання, автоматичне відновлення живлення та суттєве зменшення показників SAIDI/SAIFI.

Особливої актуальності цифрові мережі набули в умовах повномасштабної війни в Україні. Постійні атаки створюють критичні ризики для енергосистеми, а тому Smart Grid є інструментом швидкого оперативного відновлення електромереж, автоматичного перепідключення споживачів та мінімізації тривалості відключень**.** Цифровізація значно підсилює і кіберзахист, адже сучасні системи SCADA та ADMS оснащуються модулями виявлення кіберзагроз, багаторівневими системами доступу та захищеними каналами передачі даних. Це критично важливо в період підвищеної кібернетичної активності проти об'єктів української енергетики.

Smart Grid, SCADA та ADMS об'єднані в одну систему є фундаментом стійкості, безпеки та швидкого відновлення енергетичної інфраструктури України. Це ключові технології, які забезпечують роботу розподільчих мереж у сучасних, надзвичайно складних умовах.

Література

1. Мазурок В. І. Впровадження системи Smart Grid в розподільчих мережах 10 кВ : магіст. робота. – Тернопіль : Тернопільський нац. техн. ун-т ім. І. Пулюя, 2024. – 63 с. – Режим доступу: https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/46852.
2. Головецький Н. М. Методи та засоби побудови інтелектуальних електромереж Smart Grid з використанням технології LoRa: магістерська робота. – ТНТУ ім. Івана Пулюя, 2024. – Режим доступу: https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/48117.

УДК 681.518.3
Н. Луцик, доктор філософії, доц.; В. Антонюк; А. Паламар, к. т. н., доц.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

СТРУКТУРА IOT-СИСТЕМИ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ

UDC 681.518.3
N. Lutsyk, PhD., Assoc. Prof.; V. Antoniuk; A. Palamar, PhD., Assoc. Prof.

STRUCTURE OF AN IOT SYSTEM FOR MONITORING THE PARAMETERS OF ELECTRICAL NETWORKS IN RESIDENTIAL PREMISES

Сучасні тенденції розвитку цифрових технологій зумовлюють підвищені вимоги до контролю, управління та оптимізації електроспоживання в житловому секторі. Ефективний моніторинг параметрів електричних мереж дозволяє не лише зменшити витрати домогосподарств, а й підвищити безпеку експлуатації електрообладнання, своєчасно виявляючи відхилення у роботі мережі. Інтернет речей (IoT) є технологічною основою, що забезпечує можливість створення доступних, масштабованих та інтелектуальних систем моніторингу.

Актуальність дослідження зумовлена зростанням навантаження на побутові мережі, підвищенням вартості електроенергії та необхідністю підвищення енергоефективності. Метою дослідження є розроблення структури IoT-системи, яка забезпечує збір, передачу, обробку та представлення параметрів електромереж у режимі реального часу.

В роботі запропонована IoT-система, структура якої складається з давачів струму та напруги, мікроконтролерного вузла обробки даних, бездротового комунікаційного модуля та хмарної платформи для зберігання та аналізу результатів. Для вимірювання сили струму використовується неінвазивний модуль SCT-013-030, що забезпечує безпечний контроль навантаження. Напругу вимірює високоточний модуль ZMPT101B, який забезпечує стабільність параметрів та можливість фільтрації шумів. Мікроконтролер ESP32 виконує локальні обчислення, формує інформаційні пакети та передає їх через Wi-Fi до хмарної IoT-платформи Blynk.

Інформаційна структура системи включає рівень збору даних, рівень попередньої обробки, комунікаційний рівень та інтерфейс користувача. Обробка показників у режимі реального часу дозволяє обчислювати напругу, струм, активну потужність, виявляти пікові навантаження та відхилення. На платформі Blynk організовано візуалізацію даних у вигляді цифрових індикаторів та графіків, що дозволяє користувачу швидко оцінити стан електромережі та споживання енергії.

Перевагами розробленої системи є модульність, простота масштабування, відсутність потреби у втручанні в електропроводку, можливість дистанційного доступу та висока точність вимірювань. Використання відкритих IoT-технологій забезпечує гнучкість системи та можливість її інтеграції зі смарт-рішеннями «розумного будинку».

Запропонована структура IoT-системи забезпечує комплексний контроль параметрів електромереж у житлових приміщеннях, дозволяючи підвищити енергоефективність та безпеку побутових мереж. Результати дослідження підтверджують перспективність таких систем і визначають можливості їх подальшого удосконалення, зокрема інтеграції з прогнозними моделями та енергоменеджментом будівель.

УДК 004.03
М. Боднар; Г. Вовнянка; В. Дуда
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ПЕРЕДОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ ДАНИХ У РОЗУМНИХ МІСТАХ

UDC 004.03
M. Bodnar; H. Vovnianka; V. Duda

ADVANCED DATA PROCESSING TECHNOLOGIES IN SMART CITIES

Швидкий прогрес інформаційних та комунікаційних технологій забезпечив нові методи обробки та аналізу джерел даних у «розумних містах». Для цього застосовуються різноманітні технології для дистрибуції міст, щоб зробити їх більш придатними для життя, ефективними, інтелектуальними, сталими та стійкими. Інтелектуальні та ефективні моделі обробки даних для застосунків машинного зору в «розумних містах» впроваджують в інтелектуальні системи виявлення для моніторингу швидкості та потоку транспортних засобів, а також руху пішоходів на дорогах та тротуарах [1]. Застосування моделей манинного навчання в «розумних містах»:

– Моделі зберігання та пошуку для обробки масивних відеоданих у хмарі для моніторингу транспортних засобів та дотримання правил дорожнього руху в системах відеоспостереження та транспорту.

– Моделі на основі зображень та розпізнавання для аналізу поширених даних зображень у містах, зокрема системи розпізнавання пожеж на основі глибокого навчання для розумної профілактики пожеж та системи виявлення кришок люків у моніторингу проїжджої частини та вулиць.

– Моделі прогнозування потокових даних у «розумних містах» для завчасного визначення заторів на дорогах та тенденцій руху пішоходів.

– Моделі оптимізації в «розумних містах», зокрема моделі інтелектуальної маршрутизації та планування шляху для навігації транспортних засобів у логістичних, дистрибуційних та постачальних системах [1].

Вищезазначена родина моделей в основному адаптована до сфер застосування «розумної» мобільності та «розумного» пішохідного руху. Однак, також є багато дослідників, які працюють над моделями обробки даних в інших міських доменах, або незалежно, або в інтегрованому режимі з транспортом. В [1] зроблено огляд численних платформ «розумного міста» на ринках для управління даними та інтеграції з різноманітними застосунками. Перспективним є надання відносно комплексного огляду моделей обробки міських даних з різними методами для різних прикладних доменів.

«Розумні міста» зазнали швидкого зростання і тому стали головною тенденцією у розвитку «розумних» середовищ. «Розумні міста» прагнуть покращити придатність міських поселень для життя, підвищити сталість та зменшити експлуатаційні витрати. Очікується, що концепція «розумного міста» принесе значну користь, і вона була прийнята великими містами по всьому світу. Однак цінність бачення «розумних міст» може бути повністю реалізована лише через успішну інтеграцію передових технологій та перспективних моделей міського управління.

Література

1. khaleel Khlewee, Ismael, Kassem Hamze, and Tirus Muya. "AI in smart cities: A review of urban data processing, prediction, and optimization techniques." ESTIDAMAA 2025 (2025): 29-38.

УДК 004.03
І. Вітів; А. Кривецький; М. Боднар
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

БАГАТОВИМІРНЕ АНАЛІТИЧНЕ ОПРАЦЮВАННЯ ВЕЛИКИХ ДАНИХ

UDC 004.03
I. Vitiv; A. Kryvetskyi; M. Bodnar

BIG DATA MULTIDIMENSIONAL ANALYTICAL PROCESSING

Актуальність використання аналітичного опрацювання великих за обсягом наборів та колекцій даних для новітніх фізико-технічних технологій полягає у необхідності швидкої та точної обробки експоненційно зростаючих обсягів даних, що генеруються високочутливими сенсорами, прискорювачами частинок та складними фізичними моделями, для оптимізації процесів та інновацій. Це дає змогу в режимі реального часу виявляти закономірності, прогнозувати поведінку систем, керувати міськими системами тощо. У контексті аналітичного опрацювання великих за обсягом наборів та колекцій даних багатовимірна аналітика великих даних відіграє провідну роль, здебільшого завдяки широкому переліку реальних застосувань, де її можна успішно застосувати. На даний момент часу, дослідники запропонували обширний перелік прикладних застосувань, зокрема [1]:

- великі за обсягом набори та колекції соціальних даних;
- великі за обсягом набори та колекції сенсорних даних;
- великі за обсягом набори та колекції графових даних;
- великі за обсягом набори та колекції енергетичних даних

Внутрішня природа багатовимірних абстракцій надає явну перевагу над класичними, наприклад, SQL-орієнтованими, підходами завдяки використанню розлогого класу аналітичних методологій. В результаті, декілька доменів даних можуть бути легко змодельовані в термінах вимірів, ієрархій, рівнів та мір, і на їхній основі можуть бути побудовані потужні аналітичні інструменти.

Традиційні системи оперативної аналітичної обробки (OLAP) та бізнес-аналітики (BI) помітно розширюють можливості SQL-орієнтованих інструментів аналітичного опрацювання даних. Оскільки добре відомо, що, як правило, набори даних у реальному житті проявляють багатовимірну та багаторівневу природу. Тому багатовимірні аналітичні інструменти більш придатні для видобування корисної інформації з великих за обсягом наборів та колекцій даних, ніж традиційні, безвимірні підходи.

Багатовимірна аналітика великих за обсягом наборів та колекцій даних, що зберігає приватність, є актуальним напрямком досліджень в галузі аналітики великих даних, що зберігає приватність, де фокус зосереджується навколо комбінації методологій багатовимірної аналітики великих даних та парадигм збереження приватності. Цей дослідницький контекст передбачає збереження приватності чутливого діапазону даних при одночасній підтримці завдань багатовимірної аналітики великих за обсягом наборів та колекцій даних. Цей напрямок досліджень активно стимулюється нещодавнім вибуховим розвитком сучасних хмарних інформаційно-технологічних платформ.

Література

1. Ohana, Ruben, et al. "The well: a large-scale collection of diverse physics simulations for machine learning." Advances in Neural Information Processing Systems 37 (2024): 44989-45037.

УДК 004.03
Г. Вовнянка; Д. Ониськів; А. Кривецький
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ПЕРСПЕКТИВИ АНАЛІТИЧНОГО ОПРАЦЮВАННЯ ДАНИХ РОЗУМНИХ МІСТ

UDC 004.03
H. Vovnianka; D. Onyskiv; A. Kryvetskyi

PROSPECTS OF ANALYTICAL PROCESSING OF SMART CITIES DATA

Поява «розумних міст» призвела до утворення надлишку даних із різних міських джерел, що вимагає надійних методів для ефективної обробки цієї інформації. Розпізнавання іменованих інформаційних сутностей є критично важливим для вилучення значущої аналітичної інформації із цих потоків даних. Взаємодія з користувачами відіграє критично важливу роль у процесах дослідження даних, особливо в контекстах «розумних міст», де необхідно враховувати різноманітні потреби та наміри користувачів.

Останні досягнення в галузі мовних моделей діають змогу моделям швидко адаптуватися до запитів користувачів без великих наборів даних для конкретних завдань [1]. Однак, саме лише збільшення розміру моделі не гарантує точної інтерпретації запитів користувачів. Узгодження моделей з людськими запитами шляхом тонкого налаштування із використанням зворотного зв'язку від користувачів може значно підвищити задоволеність запитів та якість результатів. Проте, у контексті аналітики міського середовища існують значні виклики щодо приватності та інтеграції даних. Застосунки для аналітичного опрацювання даних у режимі реального часу повинні вирішувати проблеми конфіденційності, при цьому ефективно використовуючи цінні дані для вдосконалення застосувань великих даних орієнтованим на запити способом [2]. Безпека та конфіденційність у контекстно-залежних системах охорони здоров'я є невід'ємною частиною створення надійних та ефективних рішень у межах «розумних міст». Тому для вирішення цих взаємопов’язаних завдань необхідні програмно-алгоритмічні рішення, які надають пріоритет орієнтованим на користувача перспективам та ефективно інтегрують різноманітні системи.

Взаємопов'язані системи у міському середовищі мають на меті покращити управління через систематичне використання даних «розумних міст» [2]. Вирішення проблем масштабованості та доступності даних у межах цифрових двійників «розумних міст» може бути досягнуто за допомогою підходів із використанням синтетичних даних. Методи прогнозного моделювання, як от нейронні мережі, слугують вирішальними інструментами для прогнозування споживання електроенергії містом, інформуючи електроенергетичну промисловість про ключові тенденції споживання [3]. Крім того, системи реального часу дають змогу безпечно та ефективно управляти біометричними даними, підвищуючи можливості розподілених мереж.

Література

1. Naveed, Humza, et al. "A comprehensive overview of large language models." ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology 16.5 (2025): 1-72.
2. Dahmane, Walid Miloud, Samir Ouchani, and Hafida Bouarfa. "Smart cities services and solutions: A systematic review." Data and Information Management 9.2 (2025): 100087.
3. Alhasnawi, Bilal Naji, et al. "The rising, applications, challenges, and future prospects of energy in smart grids and smart cities systems." Energy Conversion and Management: X (2025): 101162.

УДК 004.03
О. Котлінський; І. Вітів; С. Довгалюк
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

РОЗУМНІ МІСТА – КОНЦЕПТИ ТА НАПРЯМКИ ДОСЛІДЖЕНЬ

UDC 004.03
O. Kotlinskyi; I. Vitiv; S. Dovhaliuk

SMART CITIES – CONCEPTS AND RESEARCH DIRECTIONS

Концепція «розумного міста» вперше виникла зосереджується на використанні інформаційних та комунікаційних технологій для покращення інфраструктури та модернізації ресурсних мереж. Широке впровадження інформаційних технологій дало містам можливість покращити безпеку, процеси управлінням та надання послуг. Не існує загальноприйнятого визначення «розумного міста» [1]. Натомість в науковій літературі існує обширний перелік визначень. Окремі визначення зосереджуються на використанні інформаційних та комунікаційних технологій і сучасної інфраструктури, інші підкреслюють людські ресурси та якість життя. Через відсутність єдиного комплексного визначення, термін «розумне місто» нерідко використовується для опису широкого спектру аспектів розвитку, зокрема інформаційних та комунікаційних технологій, освіти та загальної сталості розвитку міст. «Розумне місто» демонструє перспективи підвищення ефективності у шести ключових сферах:

- економіка;
- люди;
- управління;
- мобільність;
- навколишнє середовище;
- життя.

Воно розвивається завдяки стратегічному поєднанню ресурсів та дій, керованих проактивними, незалежними та поінформованими громадянами. «Розумні міста» пропонують значні економічні переваги, зокрема сприяння інноваціям, заохочення підприємництва, створення нових робочих місць та покращення конкурентної позиції міст. Вони також знижують витрати, одночасно підвищуючи ефективність комунальних послуг, виступаючи каталізатором економічного зростання. Стимулюючи швидкий розвиток, «розумні міста» сприяють зростанню ВВП, підвищують рівень зайнятості та залучають іноземні інвестиції – ключові фактори у відродженні міської економіки.

Інформаційно-технологічні проєкти класу «розумне місто» сприяють покращенню стандартів життя, підвищенню конкурентоспроможності міст та подоланню перешкод, як от бідність, соціальна ізоляція чи екологічні проблеми. У сучасних наукових дослідженнях «розумне місто» розглядають з різних точок зору, які охоплюють цифровізацію, мешканців, міську владу, установи та організації, бізнес тощо [2].

Література

1. Al-Msie’deen, Ra’Fat. "Smart city: Definitions, architectures, development life cycle, technologies, application domains, case studies, challenges and opportunities." (2024).
2. Eligüzel, İbrahim Miraç, and Nazmiye Eligüzel. "A Hybrid LDA and Fuzzy CRITIC-MABAC Model for Smart City Ranking." IEEE Access (2025).

УДК 004.6
В. Лабчук; Р. Захарченко, к. т. н., доц.
(Херсонський національний технічний університет, Україна)

ДЕЗІНФОРМАЦІЯ ВОРОЖИХ СИЛ ЗАСОБАМИ SMALL DATA

UDC 004.6
V. Labchuk; R. Zakharchenko, PhD., Assoc. Prof.

DISINFORMATION OF ENEMY FORCES WITH THE HELP OF SMALL DATA

На сьогоднішній день, в епоху цифровізації, інформацію не так легко приховати і все ще досить важко впевнитися в її правдивості. Вважається, що проаналізувати величезні обсяги даних на предмет правдивості/неправдивості є досить складним процесом, який досі не розв'язаний в повній мірі. Неправдива інформація може містити невідповідність в зв'язку з зовнішніми обставинами, без свідомого бажання заподіяти шкоду (misinformation), бути навмисно сфальсифікованою з ціллю ввести в оману (disinformation), або ж бути правдивою, однак, використаною в іншому контексті з ціллю заподіяти шкоду (malinformation). Неправдивість часто базується не на фактах, а на думці, хоча, у випадку malinformation, факти можуть подаватися у зручному контексті і можуть включати чутки, пропаганду, теорії змови та містики [1]. На рис. 1 представлена схема впливу на прийняття рішень різних видів інформації.

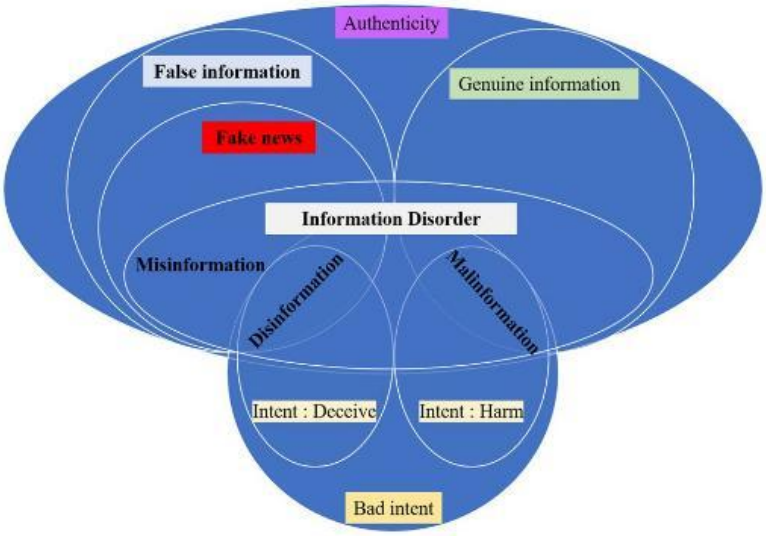


Рисунок 1. Види інформації та її вплив на прийняття рішень

Згідно [2] small data часто використовується в умовах дії різних обмежень, як-от часових, етичних, приватних, фінансових, безпекових та технічних. З іншого боку, small data має схильність до пропозиції кардинально інших рішень в системах підтримки прийняття рішень при змінні навіть незначного обсягу вхідних даних. Оскільки в реальних умовах дані можуть добуватися різними способами, а рішення, особливо в умовах динамічності, завжди приймаються з врахуванням певної невизначеності та нестачі інформації, то є можливість впливати і на якість цих даних, що погіршуватиме прийняття рішень противником. Small data, в цьому сенсі, дозволить робити процес поширення інформації в реальному часі швидше, що важливо для бойових умов, а також з меншими фінансовими і технічними витратами надавати доступ до інформації дуже фрагментарно та з можливістю легко ввести ворожі сили в оману. Практика дезінформації ворога замість тотального приховування інформації довела свою ефективність на практиці. Так, наприклад, німецькі війська 20 століття використовували принцип «60% правди+40% сильної дезінформації», де правдиві дані, в свою чергу, дозволяли сформувати початкову довіру до їх джерела. Успішною виявилася і практика в

умовах українських реалій під час несподіваного для ворога звільнення Харківщини. Найпідступнішими ж даними є ті, які виглядають правдоподібно, однак такими не є, але їх правдивість немає можливості перевірити технічно чи за браком часу. В умовах обмеженості даних, навіть невелика порція інформації може бути дуже цінною, але якщо вона є неправдивою, то ворог прийматиме кардинально неправильні для себе рішення.

Література

1. Esma Aimeur, Sabrine Amri, Gilles Brassard. Fake news, disinformation and misinformation in social media: a review. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9910783/pdf/13278_2023_Article_1028.pdf.
2. Machine learning methods for small data challenges in molecular science. https://pmc.ncbi. nlm.nih.gov/articles/PMC10999174/pdf/nihms-1979743.pdf.

УДК 681.5
А. Микитишин, к. т. н., доц.; С. Гаврись; О. Колеснік
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

РОЗПОДІЛЕНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ДЛЯ ВЕРСТАТІВ З ЧИСЛОВИМ ПРОГРАМНИМ КЕРУВАННЯМ

UDC 681.5
A. Mikitishin, PhD., Assoc. Prof; S. Havrys; O. Kolesnik

DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM FOR CNC MACHINES

Верстати з числовим програмним керуванням (ЧПК), які автоматично керуються за допомогою закодованих (цифрових) команд, здатні обробляти компоненти з високою якістю та великою кількістю. Ранні верстати програмувалися за допомогою програми, що зберігалася на перфорованій стрічці, тоді як їхні робочі параметри не можна було легко змінити через зручний інтерфейс користувача. Пізніше програми обробки деталей передавались на верстат через послідовний протокол зв'язку з мейнфрейма. Ці верстати з апаратно-керованими системами керування з часом розвивалися завдяки досягненням у цифровій електроніці. Впровадження мікрокомп'ютерів можна вважати проривом для верстатів з ЧПК, і воно перетворило їх на верстати з числовим програмним керуванням, де до системи можна інтегрувати кілька бортових комп'ютерів. Як наслідок, виробнича галузь, яка сильно залежить від цієї технології для високоякісної обробки, зазнала радикальних змін. Окрім покращеного керування (положенням інструменту), розвиток комп'ютерних технологій також запропонував багато універсальних утиліт, таких як редагування програм, керування файлами/даними та бортова діагностика. Крім того, засоби автоматизованого проектування, що дозволяють складне моделювання обробки, також інтегровані в блоки ЧПК сучасних верстатів.

Метою роботи було розробити та впровадити розподілену систему керування для верстатів з ЧПК. Були реалізовані різні структури, керування.

Через свою мережеву архітектуру, реалізація розподілених систем керування демонструє як обчислювальні, так і комунікаційні затримки, і ці затримки можуть знизити продуктивність системи керування. Моделювання таких мережевих та обчислювальних затримок іноді є необхідним. По суті, обчислювальні затримки можна легко змоделювати та протестувати. Швидкість роботи системи керування в мережі вибирається з урахуванням таких затримок. Розподілені системи керування для застосувань керування рухом також мають проблему синхронізації. Залежно від застосування, синхронізація є важливою. Особливо багатоосьові рухи вимагають синхронізованої реалізації.

Якщо змоделювати мережеві затримки, можна синхронізувати систему керування, правильно маніпулюючи згенерованою командою. У цьому випадку система керування перетворюється на систему керування в реальному часі. Цю проблему можна виявити, надсилаючи повторювані шаблони даних у комунікаційній мережі. У роботі також було досліджено стратегії генерації команд для систем реального часу.

Література

1. Omirou, S. L., Barouni, A. K. Integration of New Programming Capabilities into a CNC Milling System. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. 2005. Vol. 24, no. 3. P. 518–527.
2. Xia, Q., Rao, M. Knowledge Architecture and System Design for Intelligent Operation Support Systems. Expert Systems with Applications. 1999. P. 115–127.

УДК 681.518.3
Р. Михайлишин; М. Приймак, д. т. н., проф.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА IOT-СИСТЕМА КОНТРОЛЮ КІЛЬКОСТІ ЛЮДЕЙ З ВИКОРИСТАННЯМ ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

R. Mykhailyshyn; M. Pryimak, Dr., Prof.

COMPUTERIZED IOT SYSTEM FOR MONITORING THE NUMBER OF PEOPLE USING CLOUD TECHNOLOGIES

Сучасний розвиток цифрових технологій та швидка урбанізація сприяють зростанню потреби у системах, що дозволяють автоматично контролювати кількість людей у громадських місцях. Такі системи відіграють важливу роль у забезпеченні безпеки, оптимізації потоків відвідувачів, регулюванні навантаження на інфраструктуру та покращенні управлінських рішень. Технології Інтернету речей (IoT) відкривають широкі можливості для створення доступних та гнучких систем моніторингу, які працюють у режимі реального часу та забезпечують віддалений доступ до даних.

Проблема полягає у відсутності універсальних і водночас економічних рішень для автоматизованого контролю заповненості приміщень, що можуть масштабуватися й адаптуватися до різних типів об'єктів. Умови сучасних викликів, таких як необхідність контролю соціальної дистанції, управління безпекою масових заходів чи оптимізація логістичних процесів, роблять цю задачу надзвичайно актуальною. Мета дослідження – розробити та описати архітектуру комп'ютеризованої IoT-системи, що забезпечує точний підрахунок людей, передавання результатів у хмару та їх аналіз з можливістю оперативного інформування користувачів.

Основою запропонованої системи є використання IoT-пристроїв на базі мікрокомп'ютера Raspberry Pi, до якого підключена камера для фіксації руху та присутності людей. Для точного підрахунку застосовуються алгоритми комп'ютерного зору. Після обробки отриманих сигналів система формує дані про кількість людей, що пройшли через контрольовану зону. Raspberry Pi завдяки вбудованим мережевим інтерфейсам передає зібрану інформацію на хмарну IoT-платформу ThingSpeak, яка забезпечує зберігання, аналітику та візуалізацію у вигляді графіків. За потреби система може надсилати попередження на мобільні пристрої або у месенджери у разі перевищення встановленого порогу відвідуваності.

Запропоновану архітектуру можна масштабувати для моніторингу кількох локацій одночасно, завдяки чому вона може бути використана у торгових центрах, навчальних закладах, транспортних вузлах, офісах або музеях. Хмарні технології гарантують цілодобовий доступ до даних, високу надійність зберігання та можливість інтеграції з іншими інформаційними системами.

Перевагами розробленої IoT-системи є низька вартість апаратної частини, простота налаштування, можливість віддаленого доступу, високий рівень масштабованості та підтримка роботи у режимі реального часу. Завдяки використанню хмарних сервісів забезпечується зручна аналітика, централізоване управління та стійкість до відмов.

Розроблена комп'ютеризована IoT-система для контролю кількості людей є ефективним інноваційним рішенням, яке відповідає сучасним вимогам до інтелектуальних технологій моніторингу. Вона демонструє широкі можливості для практичного застосування, забезпечує точність вимірювань і сприяє підвищенню ефективності управління громадськими місцями.

УДК 004.03
Д. Ониськів; С. Довгалюк; О. Котлінський
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

СИСТЕМИ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ДОВКІЛЛЯ

UDC 004.03
D. Onyskiv; S. Dovhaliuk; O. Kotlinskyi

ENVIRONMENTAL INDICATORS MONITORING SYSTEMS

Забруднення навколишнього середовища стало значною проблемою, що впливає на екосистеми, здоров'я людини та загальну стійкість. Забруднення повітря та води, зокрема, спричиняє респіраторні захворювання, серцево-судинні захворювання та хворобами, що передаються через воду – що робить високоефективні системи спостереження показників навколишнього середовища критично важливими [1]. Традиційні підходи до спостереження навколишнього середовища використовують ручний відбір проб та лабораторний аналіз, що є доволі трудомісткими та часто не забезпечують аналітичного опрацювання даних в режимі реального часу. Відповідно до цих потреб з'явилися інтелектуальні системи спостереження параметрів навколишнього середовища – це високотехнологічне рішення, що інтегрує давачі, засоби аналітичного опрацювання даних та автоматизації процесів для постійного відстеження рівня забруднення довкілля. Для підвищення ефективності процесів управління навколишнім середовищем інтелектуальні системи спостереження параметрів навколишнього середовища використовують:

- Інтернет речей (IoT).
- Штучний інтелект (AI).
- Аналітичне опрацювання великих за обсягом наборів та колекцій даних.

Впровадження інтелектуальних систем спостереження параметрів навколишнього середовища привертає значну увагу в академічних та виробничих колах впродовж останніх років завдяки їхній здатності надавати просторові та часові дані високої роздільної здатності для спостереження та регулювання показників якості повітря та води. Спостереження та регулювання показників якості повітря за допомогою інтелектуальних технологій стає важливим для оцінки концентрації забруднювачів, як от:

- тверді частинки – PM2.5 та PM10;
- оксиди азоту – Nox;
- діоксид сірки – SO_2
- леткі органічні сполуки.

Системи спостереження параметрів повітря на основі Інтернету речей використовують недорогі бездротові сенсорні мережі для збору та передачі даних у режимі реального часу та зберігають дані на хмарні платформи [2], що дає змогу органам влади своєчасно вживати заходів. Моделі на базі штучного інтелекту, включаючи алгоритми машинного навчання, сприяють прогнозній аналітиці для прогнозування тенденцій забруднення на основі історичних даних

Література

1. Ramani, D. Roja, B. Ben Sujitha, and Shrikant Tangade. "Smart Environmental Monitoring Systems: IoT and Sensor-Based Advancements." Environmental Monitoring Using Artificial Intelligence (2025): 45-60.
2. Hassan, Ahmed K., et al. "Low-cost iot air quality monitoring station using cloud platform and blockchain technology." Applied Sciences 14.13 (2024): 5774.

УДК 004.738.5:004.77:004.056
А. Станько, доктор філософії; С. Козак; С. Кульчицький
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ЗАХИЩЕНА ТЕЛЕМЕТРІЯ В IOT: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ MQTT OVER TLS, HTTPS ТА COAP/DTLS ДЛЯ ДОМАШНІХ І ПРОМИСЛОВИХ ЗАСТОСУВАНЬ

UDC 004.738.5:004.77:004.056
A. Stanko, PhD.; S. Kozak; S. Kulchytskyi

SECURE TELEMETRY IN THE IOT: A COMPARATIVE ANALYSIS OF MQTT OVER TLS, HTTPS AND COAP/DTLS FOR HOME AND INDUSTRIAL APPLICATIONS

Захищена телеметрія є критичною для IoT, оскільки вимірювання (температура, енергоспоживання, вібрація, стани виконавчих механізмів) впливають на автоматизовані рішення та безпеку. У домашніх сценаріях зазвичай домінують вимоги простоти інтеграції й стабільності в Wi-Fi мережах, тоді як у промислових (IIoT) – прогнозованість затримок, відмовостійкість, керованість доступу та узгодженість із політиками ІБ підприємства. У роботі розглянуто три підходи до захищеної доставки телеметрії: MQTT over TLS, HTTPS і CoAP/DTLS, із фокусом на практичну придатність у двох середовищах.

MQTT over TLS поєднує модель publish/subscribe з брокером, що спрощує масштабування під багато споживачів даних та підтримує QoS для подій і тривог [1]. TLS забезпечує конфіденційність, цілісність і автентифікацію каналу, однак додає накладні витрати на встановлення сесії й потребує організованого життєвого циклу сертифікатів. У «розумному домі» MQTT/TLS є практичним для безперервної телеметрії та автоматизацій, особливо за наявності локального брокера/шлюзу. В IIoT він доцільний у централізованих архітектурах збору, але вимагає суворих ACL, сегментації та моніторингу доступів.

HTTPS (HTTP поверх TLS) є зручним завдяки універсальній підтримці веб-екосистемою та простій інтеграції з API, мобільними застосунками й хмарними сервісами. Це робить його придатним для пакетної телеметрії, керувальних запитів, конфігурацій і службових операцій. Водночас модель запит/відповідь і службові накладні витрати можуть бути неефективними для дуже частих коротких повідомлень із сенсорів, особливо на обмежених вузлах. Тому в домі HTTPS часто виступає «найпростішим транспортом» для інтеграцій, а в IIoT – радше протоколом інтеграційного рівня, ніж «польовим» протоколом.

CoAP/DTLS орієнтований на обмежені пристрої: працює поверх UDP, має компактні повідомлення та REST-подібну модель, що знижує витрати на передачу й обробку [2]. DTLS додає криптографічний захист для датаграм, однак може ускладнювати роботу через NAT/фаєрволи і потребує коректно налаштованих проксі/шлюзів для взаємодії з IT-контуром. У домашньому середовищі CoAP/DTLS доцільний для батарейних сенсорів і низькопотужних сегментів (через шлюз), а в IIoT – для щільних сенсорних мереж, де критичні мінімальні накладні витрати й стійкість до втрат пакетів.

Вибір протоколу доцільно здійснювати за критеріями: накладні витрати на захищену сесію, ефективність для малих повідомлень, енергоспоживання, керованість ключів/сертифікатів, вимоги до QoS, а також архітектурні ризики (зокрема роль брокера як потенційної точки концентрації). Узагальнено, MQTT over TLS є оптимальним для подієвої/потокової телеметрії з багатьма підписниками та QoS; HTTPS – для інтеграцій і керування в веб-інфраструктурі; CoAP/DTLS – для обмежених вузлів і низькопотужних мереж, де важлива «легкість» протоколу [1–3].

Література

1. OASIS. (2019). MQTT Version 5.0. OASIS Standard.
2. Shelby, Z., Hartke, K., & Bormann, C. (2014). The Constrained Application Protocol (CoAP) (RFC 7252). IETF.
3. Dizdarević, J., Carpio, F., Jukan, A., & Masip-Bruin, X. (2018). A survey of communication protocols for Internet of Things and related challenges of fog and cloud computing integration. ACM Computing Surveys, 51(6).

УДК 004.738.5:004.77:004.056
М. Трембач, к. т. н., доц.; Р. Павелко; Д. Биць
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

IOT-СИСТЕМА БЕЗПЕЧНОГО МОНІТОРИНГУ ТА КЕРУВАННЯ ДОМАШНІМИ ПРИСТРОЯМИ З ПІДТРИМКОЮ OPENHAB

UDC 004.738.5:004.77:004.056
M. Trembach, PhD., Assoc. Prof.; R. Pavelko; D. Byts

IOT SYSTEM FOR SECURE MONITORING AND CONTROL OF HOME DEVICES WITH OPENHAB SUPPORT

Зростання кількості побутових IoT-пристроїв (датчики мікроклімату, розумні розетки, освітлення, охоронні сенсори, HVAC) підвищує вимоги до надійності та кіберстійкості домашніх автоматизованих систем. Типові ризики зумовлені гетерогенністю протоколів, різною якістю прошивок, наявністю зовнішніх інтеграцій і помилками конфігурації, що в сукупності створює передумови для несанкціонованого доступу, витоку телеметрії та небезпечних керувальних впливів. У цьому контексті актуальним є підхід, за якого логіка керування зосереджується в локальному контурі, а взаємодія з пристроями нормалізується через єдиний центр автоматизації з чітко визначеними інтерфейсами та політиками доступу.

Обґрунтуємо архітектуру IoT-системи «розумного дому» на базі openHAB як платформи інтеграції та автоматизації, а також визначення практичних заходів безпеки для моніторингу й керування домашніми пристроями. openHAB доцільно розглядати як інтеграційне ядро, що підтримує модель сутностей (Items/Things), правила автоматизації та програмні інтерфейси взаємодії, зокрема REST API для керування станами і доступу до даних компонентів системи [1]. Це спрощує побудову єдиного керувального контуру для різних технологій підключення та забезпечує масштабованість через модульність інтеграцій.

Запропонована архітектура передбачає три рівні: польовий (сенсори/актуатори), транспортно-шлюзовий (MQTT/локальні брокери, адаптери протоколів), прикладний (openHAB із правилами автоматизації, журналюванням подій і рольовим доступом до інтерфейсів). Безпечне керування реалізується через мінімізацію «поверхні атаки» (відмова від зайвих відкритих сервісів на пристроях), шифрування каналів (TLS для MQTT/HTTP-взаємодії), сегментацію домашньої мережі (окрема VLAN/SSID для IoT), а також керування обліковими даними та сесіями для користувацьких інтерфейсів і зовнішніх інтеграцій. Вимоги до базового рівня кіберзахисту доцільно узгоджувати з положеннями ETSI EN 303 645 (зокрема щодо унікальних/надійних паролів, безпечного оновлення, захисту персональних даних і розкриття вразливостей) [2] та з набором ключових кіберздатностей IoT-пристрою за NISTIR 8259A (керування ідентифікацією, конфігурацією, оновленнями, захистом даних, контролем доступу до інтерфейсів тощо). Виділимо критерії ефективності системи пропонується оцінювати за показниками: стійкість до типових сценаріїв (компрометація пристрою/облікового запису), коректність політик доступу, відмовостійкість локального контуру керування та стабільність обміну телеметрією в умовах перешкод і втрат пакетів.

Отримані положення формують практичну основу для створення «розумного дому», де openHAB виступає центром інтеграції та автоматизації, а безпека досягається поєднанням стандартизованих вимог до пристроїв і системних заходів захисту на рівні мережі, інтерфейсів і керувальної логіки [1, 2]. Це забезпечує контрольоване масштабування системи, зменшує залежність від хмарних сервісів і підвищує довіру до рішень домашньої автоматизації в умовах зростання кіберзагроз.

Література

1. Eclipse Foundation. openHAB Documentation. Джерело: https://www.openhab.org
2. ETSI. (2024). ETSI EN 303 645 V3.1.3 (2024-09): Cyber Security for Consumer Internet of Things.

.

УДК 004.9
В. Яцишин, к. т. н., доц.; М. Кіт
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

СИСТЕМНИЙ ПІДХІД У ФОРМУВАННІ КОМАНДИ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ІТ-ПРОЄКТІВ

UDC 004.9
V. Yatsyshyn, PhD., Assoc. Prof.; M. Kit

SYSTEM-BASED APPROACH TO IT PROJECT TEAM FORMATION

Формування команди для виконання ІТ-проєкту є складною багатофакторною задачею, у якій поєднуються технічні, організаційні та людські аспекти. На якість роботи команди впливають компетентності фахівців, їхній досвід, ролі у проєктній структурі, здатність до взаємодії, психологічні особливості, а також фактори зовнішнього середовища. Така багатовимірність робить процес формування команди типовою проблемою системного аналізу, де необхідно не лише оцінити окремі характеристики кандидатів, але й визначити інтегральну ефективність їхньої взаємодії.

У традиційних підходах вибір складу команди здебільшого базується на досвіді менеджера, експертних оцінках та попередніх результатах роботи фахівців. Проте суб'єктивність таких рішень призводить до значної варіативності результатів та підвищує ризики формування неефективних груп.

Системний підхід дозволяє розглядати команду як цілісну структуру, у якій взаємодія між учасниками команди має не менше значення, ніж властивості кожного елемента окремо. Відповідно, критерії оцінювання повинні охоплювати не тільки професійний рівень розробників, а й параметри командної динаміки, конфліктність, комунікаційні особливості, стиль роботи та потенційний вплив учасників один на одного. Різні дослідження в галузі управління ІТ-проєктами показують, що успіх команди визначається поєднанням професійних компетентностей та «м'яких» навичок. Саме тому формування команди повинно враховувати як технічні компетентності (володіння мовами ы технологіями програмування), так і фактори психологічної та комунікативної сумісності.

У сучасних ІТ-компаніях активно розвиваються моделі компетентностей, що структурують вимоги до фахівців різних ролей. Зокрема, поширеними є T-shaped та π-shaped моделі, що відображають необхідність поєднання глибоких спеціалізованих знань із широким розумінням суміжних сфер. До того ж стандарти, такі як SFIA (Skills Framework for the Information Age), надають формальні описи професійних ролей і компетентностей, що дозволяє більш об'єктивно оцінювати кандидатів під час формування команди.

Системний підхід також передбачає декомпозицію задачі формування команди на підзадачі, серед яких: визначення ролей у проєкті, формування вимог до кожної ролі, зіставлення профілів кандидатів із вимогами, оцінювання сумісності між кандидатами, моделювання ризиків та прогнозування потенційної продуктивності команди. Кожна з цих підзадач може бути формалізована та описана математично, що відкриває можливість використання методів підтримки прийняття рішень, аналізу даних і оптимізації. Застосування системного підходу також дозволяє враховувати динамічний характер ІТ-проєктів. Команди не є статичними структурами: вони змінюються в залежності від етапу життєвого циклу проєкту, появи нових вимог або ризиків. Тому моделі формування команд повинні бути адаптивними та враховувати можливість перебудови ролей та функцій у процесі виконання завдань.

УДК 004.9
В. Яцишин, к. т. н., доц.; М. Кіт
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ФАКТОРИ ВПЛИВУ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОНАННЯ ІТ-ПРОЄКТІВ

UDC 004.9
V. Yatsyshyn, PhD., Assoc. Prof.; M. Kit

KEY FACTORS INFLUENCING IT PROJECT PERFORMANCE

Ефективність виконання ІТ-проєктів залежить від багатьох чинників і пов'язана з великою кількістю ризиків. Однак найвагомішим фактором є людський. Команда, яка виконує ІТ-проєкт, розглядається як динамічна соціотехнічна система, у якій характеристики кожного учасника та їх взаємодія визначають загальний результат проєкту. Фактори, які впливають на ефективність команди, представлені у табл. 1.

Таблиця 1. Фактори вплтву на ефективність команди

Група факторів	Приклади	Вплив на команду
Технічні компетентності	Мови програмування, фреймворки, DevOps, архітектура	Визначають здатність виконувати технічні задачі
М'які навички	Комунікація, емоційний інтелект, лідерство	Формують командну динаміку та атмосферу
Проєктні ролі	Developer, Architect, QA, PM, BA, DevOps	Забезпечують розподіл відповідальності
Психологічна сумісність	Темперамент, стиль роботи, конфліктність	Впливає на стабільність та продуктивність
Організаційні обмеження	Бюджет, терміни, віддаленість	Формують рамки прийняття рішень

Така класифікація показує, що завдання формування команди не може вирішуватися лише за одним критерієм – воно є багатокритеріальним, що вимагає методу підтримки прийняття рішень. У системному аналізі команда розглядається як сукупність елементів (учасників), які взаємодіють між собою. Її ефективність визначається не лише якістю елементів, але і якістю зв'язків між ними. Для проведення системного аналізу ефективності команди пропонується використовувати модель, до складу якої входять:

– вхідні дані: компетентності, досвід, поведінкові характеристики;
– процеси аналізу: оцінювання кандидатів, прогнозування сумісності, багатокритеріальний вибір;
– обмеження: бюджет, ролі, вимоги проєкту;
– вихідні дані: оптимальна команда;
– зворотний зв'язок: адаптація команди у процесі виконання проєкту.

Традиційно менеджери формують команду суб'єктивно, на основі попереднього досвіду, рекомендацій, інтуїції. Системний підхід дозволяє: формалізувати вимоги, оцінювати кандидатів за інтегральними метриками, моделювати сумісність, прогнозувати ризики. Тому формування команди є багатокритеріальною системною задачею, де важливі як індивідуальні компетентності, так і взаємодія учасників. Системний підхід дозволяє побачити команду як цілісну структуру, оптимізація якої можлива лише через моделювання та аналіз даних.

УДК 669.111.22
Я. Гриневич; Я. Шкіра
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

АНАЛІЗ АВТОМАТИЗОВАНИХ МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ МЕТАЛУРГІЙНИМ ВИРОБНИЦТВОМ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ MES-СИСТЕМ

UDC 669.111.22
Ya. Hrynevych; Ya. Shkira

ANALYSIS OF AUTOMATED METHODS OF METALLURGICAL PRODUCTION MANAGEMENT BASED ON THE USE OF MES SYSTEMS

Відомо кілька напрямків вдосконалення систем управління металургійним виробництвом (MES). Вони, переважно, ґрунтуються на:

- поглибленні інтеграції штучного інтелекту/машинного навчання;
- розширенні застосування Інтернету речей;
- хмарних/периферійних обчисленнях та цифрових двійниках.

Зазначені підходи забезпечують перехід від існуючого на даних час відстеженні та регулювання параметрів технологічних та допоміжних процесів до прогнозних, автономних і стійких операцій. Ці методи є основою адаптивного планування в режимі реального часу, повністю інтегровані з ERP, і є передумовою створення повністю керованого на основні обробки великих даних «розумного підприємства».

Основні тенденції розвитку даного підходу містять: прогнозне обслуговування, автоматизований контроль якості, оптимізація ресурсів та покращення кібербезпеки для гнучкого, ефективного виробництва, яке відповідає всім вимогам та стандартам. Перші приклади практичного застосування описаних вище підходів довели, що штучний інтелект може підняти потенціал MES-систем на новий рівень.

Відомо, що переважна більшість виробничих процесів сьогодні вже частково або повністю автоматизовані. Роль ШІ - інтелектуалізувати прийняття рішень та забезпечити «зворотній зв'язок» в режимі реального часу. Це особливо актуально для масштабування контролю якості точнішого виявлення та інтерпретації типів дефектів металопрокату [1]. Для цього використовують сучасні оптико-цифрові системи діагностування.

Переваги MES-рішень на основі штучного інтелекту:

- оптимізоване планування виробництва (аналіз даних у режимі реального часу забезпечує оперативне коригування виробничих планів);
- покращене обслуговування обладнання (діагностуються потенційні технічні відхилення на ранній стадії, що зменшує незапланований час зупинок та ремонтів);
- розширена аналітика (моделі машинного навчання покращують процеси прийняття рішень на основі поглибленого аналізу даних, використання складніших та інформативніших параметрів);
- підвищення ефективності (техніко-технологічні та організаційні проблеми виявляють в режимі реального часу, швидко локалізують та усувають, що покращує загальну ефективність обладнання.

MES – системи є також основою сталого розвитку, як мети сучасного виробництва. Рішення MES є важливим внеском у скорочення споживання енергії та матеріалів, зменшення виробничого браку та витрат на його усунення.

Література

1. Konovalenko, I.; Maruschak, P.; Kozbur, H.; Brezinová, J.; Brezina, J.; Nazarevich, B.; Shkira, Y. Influence of Uneven Lighting on Quantitative Indicators of Surface Defects. *Machines* 2022, *10*, 194. https://doi.org/10.3390/machines10030194

УДК 004.056
Н. Вітвіцький Н.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

МОДЕЛЮВАННЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ БАГАТОРІВНЕВОЇ СИСТЕМИ БЕЗПЕКИ ВЕБ-РЕСУРСУ

UDC 004.056
N. Vitvitskyi

MODELING AND IMPLEMENTATION OF A MULTI-LAYER WEB RESOURCE SECURITY SYSTEM

Сучасні веб-ресурси широко використовуються у сферах електронної комерції, державних сервісів, освіти та корпоративних інформаційних систем, що зумовлює зростання вимог до їх безпеки. Збільшення кількості кібератак, витоків даних та порушень доступу свідчить про недостатню ефективність одношарових підходів до захисту веб-додатків. У зв'язку з цим актуальним є впровадження багаторівневої системи безпеки, яка забезпечує захист на всіх етапах обробки та передачі інформації.

У роботі розглянуто клієнт-серверну архітектуру веб-ресурсу з використанням сучасних frontend- та backend-технологій. Клієнтський рівень реалізовано на основі бібліотеки React із застосуванням механізмів маршрутизації та керування станом інтерфейсу. Основну увагу приділено валідації вхідних даних, обмеженню доступу до окремих компонентів інтерфейсу та мінімізації ризиків, пов'язаних із виконанням небезпечного коду в браузері користувача.

Серверна частина веб-ресурсу побудована з використанням платформи Node.js та фреймворку Express. Для організації доступу до ресурсів застосовано токенну модель аутентифікації на основі JSON Web Token (JWT), що дозволяє реалізувати контроль сесій без зберігання стану на сервері. Авторизація користувачів здійснюється з використанням рольової моделі доступу, яка обмежує виконання операцій відповідно до прав користувача. Окрему увагу приділено захисту API шляхом використання middleware-компонентів, налаштування HTTP-заголовків безпеки, обмеження частоти запитів та контролю доступу до маршрутів. Це дозволяє зменшити ризики атак типу brute-force, CSRF та несанкціонованого доступу до серверних ресурсів. Для зберігання даних використовується база даних MongoDB. Захист інформації реалізовано шляхом розмежування прав доступу, перевірки структури запитів з метою запобігання NoSQL-ін'єкціям, а також шифрування конфіденційних даних користувачів. Додатково передбачено механізми резервного копіювання та контролю цілісності даних.

Результати дослідження підтверджують, що застосування багаторівневої системи безпеки дозволяє суттєво підвищити стійкість веб-ресурсу до сучасних кіберзагроз. Запропонований підхід забезпечує конфіденційність, цілісність та доступність інформації, а також створює основу для подальшого масштабування та вдосконалення системи безпеки.

Література

1. OWASP Foundation. OWASP Top 10 Web Application Security Risks https://owasp.org/www-project-top-ten/.
2. Stallings W. Cryptography and Network Security: Principles and Practice https://www.uoitc.edu.iq/images/documents/informatics-institute/Competitive_exam/Cryptography_and_Network_Security.pdf.
3. Sandhu R., Coyne E., Feinstein H., Youman C. Role-Based Access Control Models https://csrc.nist.gov/csrc/media/projects/role-based-access-control/documents/sandhu96.pdf.
4. MongoDB Documentation. Security Architecture Overview https://www.mongodb.com/resources/products/capabilities/mongodb-security-architecture.

УДК 621.923
Н. Гащин, к. т. н., доц.; К. Макаричева
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ПРОГНОЗУВАННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ТРАНСПОРТНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕКТРОННИХ ТАБЛИЦЬ MS EXCEL

UDC 621.923
N. Gashchyn, PhD., Assoc. Prof.; K. Makarycheva

FORECASTING ECONOMIC INDICATORS OF TRANSPORTATION USING MS EXCEL SPREADSHEETS

Транспорт – це важливий сектор економіки країни. Транспорт забезпечує переміщення вантажів та пасажирів, а також обслуговування підприємств. Сучасні логістичні компанії мають можливість здійснювати перевезення вантажів різних розмірів та обсягів як в середині країни, так і поза її межами. На даному етапі розвитку суспільства процеси виробництва не можливі без транспорту, оскільки необхідно забезпечити ритмічність постачання сировини, комплектуючих та готової продукції.

Логістика транспортних перевезень – це наука про організовану доставку вантажу або пасажира з однієї точки простору в іншу з мінімальними витратами, в мінімальний проміжок часу, за умови максимального збереження. Результат побудови логістичної схеми в послідовному вирішенні таких питань: підбір відповідного транспорту; визначення способу транспортування; вибір компаньйонів; побудова маршруту; організація безперервного процесу; оптимізація всіх складових.

Проблема прогнозування перевезень вантажів є актуальною в сучасних умовах. Раціональна організація перевізного процесу має враховувати прогнозування обсягів перевезень. Розробка оптимальної стратегії розвитку вантажних перевезень, формування тарифної політики, вибір необхідного рухомого складу, планування потреби матеріальних, фінансових та трудових ресурсів – все це має великий вплив на залучення клієнтів. Отже необхідність прогнозування обсягів вантажних перевезень у логістиці є головним завданням для забезпечення конкурентоспроможності вантажних автомобільних перевезень на транспортному ринку.

Для побудови прогнозування економічних показників в даній сфері доцільно застосувати електронні таблиці MS EXCEL. Саме статистичні функції Microsoft Excel, які побудовані на застосуванні регресивного аналізу – виду статистичного аналізу, що дозволяє оцінити міру залежності між змінними, мають механізм обчислення передбачуваного значення змінної на основі декількох відомих значень. Таким чином, на основі статистичної вибірки відомих значень функції $F(x)$ та аргументів x можна спрогнозувати поведінку функції шляхом підстановки нових значень аргументів.

Прогнозування вантажних перевезень у логістиці – це передбачення економічного стану функціонуючого об'єкта у майбутньому, що забезпечує раціональну організацію перевізного процесу.

Література

1. Excel 2013–2016 : навчальний посібник / Укладач: Дячук С.Ф. – Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 308 с.

УДК 004.932
О. Кобрин; Н. Стадник, к.т.н.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

КОМП'ЮТЕРНО-ЗОРОВА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ СТАБІЛЬНОСТІ ПРОЦЕСУ FDM-ДРУКУ

UDC 004.932
O. Kobryn; N. Stadnyk, PhD.

COMPUTER VISION SYSTEM FOR STABILITY MONITORING OF THE FDM PRINTING PROCESS

Технології адитивного виробництва активно застосовуються у прототипуванні, технічній освіті та малосерійному виготовленні виробів. Ефективність FDM-3D-друку значною мірою залежить від стабільності процесу формування шарів, точності переміщення та сталості параметрів екструзії. У разі виникнення відхилень під час друку якість моделі суттєво погіршується, а сам процес може продовжуватися без візуального контролю з боку оператора, що призводить до значних втрат часу та матеріалу.

Одним із перспективних напрямів удосконалення адитивних систем є застосування методів комп'ютерного зору для виявлення помилок та нестабільностей у процесі друку. Використання алгоритмів аналізу зображень та глибинного навчання дає змогу визначати аномальні ситуації на основі аналізу відеопотоку, фіксуючи зміни у поведінці інструмента, структурі шару чи загальній динаміці процесу. Такий підхід не потребує додаткових апаратних сенсорів і може бути реалізований з використанням доступних камер.

Для забезпечення надійності аналізу використовувалися зображення та відео з різних відкритих джерел, а також матеріали, отримані у різних умовах зйомки, включаючи добре освітлені приміщення. Це дозволило охопити широкий спектр ситуацій, що підвищує здатність алгоритмів працювати в реальних умовах експлуатації різних моделей принтерів і матеріалів.

Методи обробки відеопотоку включають оцінювання структури сформованих шарів, аналіз послідовності кадрів, відстеження стабільності руху екструдера та визначення ознак відхилення від нормального режиму роботи. Комбінування таких методів дає змогу виявляти появу некоректних ситуацій значно раніше, ніж це може зробити оператор під час візуального контролю.

Розроблення систем виявлення помилок на основі аналізу процесу друку створює передумови для підвищення надійності адитивного виробництва та зменшення кількості бракованих виробів. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на покращення точності аналізу, зменшення залежності від зовнішніх умов освітлення та оптимізацію алгоритмів для роботи в реальному часі на локальних обчислювальних пристроях.

Література

1. Zhang, Y., Bernard, A., Harik, R. A framework for real-time monitoring of FDM additive manufacturing processes using computer vision. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2019. 10–11 ст.

УДК 624.197
В. Гайдук; О. Печіль; В. Ясній, д. т. н.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

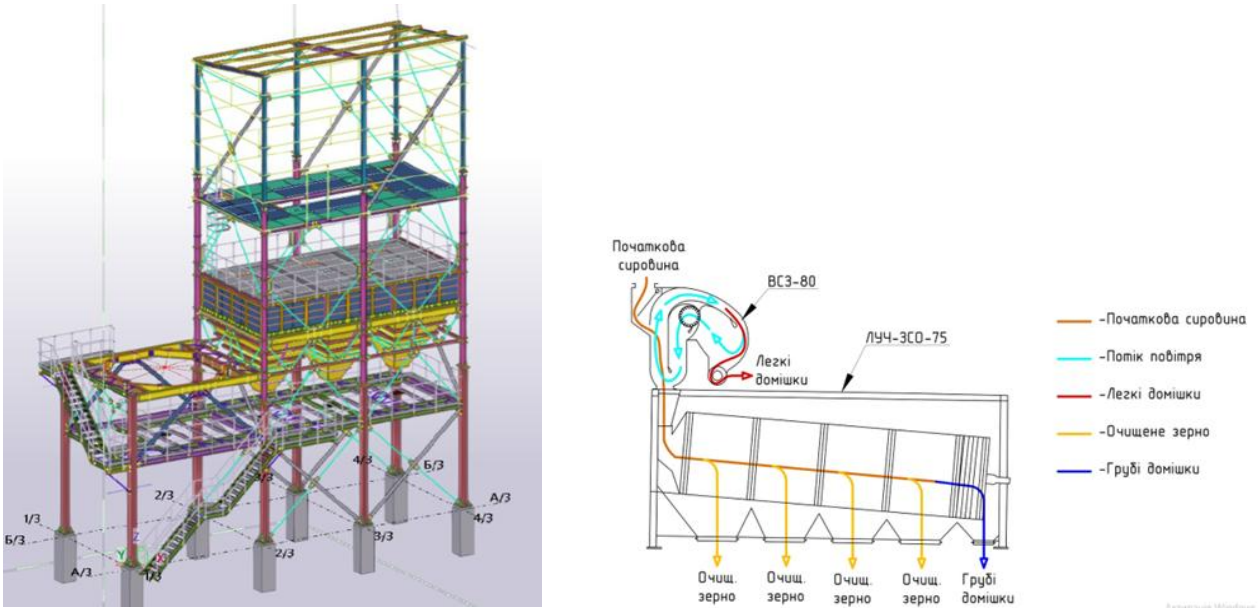
ОЧИСНА ВЕЖА В СКЛАДІ ЕЛЕВАТОРНОГО КОМПЛЕКСУ

UDC 624.197
V. Haiduk; O. Pechiel; V. Yasniy, PhD.

PROJECT OF A PURIFICATION TOWER AS PART OF AN ELEVATOR COMPLEX

Очисна вежа є ключовою складовою інженерних споруд елеваторного комплексу (рис. 1 а), оскільки забезпечує виконання технологічної операції первинного очищення зерна та формує умови для його подальшої підготовки до сушіння й зберігання. Її конструктивна схема та правильне розміщення технологічного обладнання визначають якість очищення, стабільність технологічного процесу та продуктивність усього комплексу.

Очисна вежа виконує функцію організаційного центру, через який проходять основні зернові потоки між приймальним відділенням, норійною вежою, сушарним блоком та силосним господарством. Вона являє собою металевий просторовий каркас, у середині якого розміщуються сепаратори, аспіраційні системи, транспортні механізми та майданчики для їх обслуговування (рис. 1 б). Конструкція вежі забезпечує оптимальні умови для роботи обладнання, можливість безпечного доступу персоналу та інтеграцію технологічних ліній у єдиний виробничий цикл.



а) б)

Рисунок 1. Конструкція очисної вежі, розробленої в програмі Tekla Structures (а); технологічне обладнання для очищення зерна (б)

Проаналізовано вплив навантажень від постійних навантажень (власна вага металоконструкції, вага обладнання) та тимчасових чинників (експлуатаційні навантаження та атмосферні чинники) на металевий каркас очисної вежі.

Для колон нижнього ярусу, які виконані зі спарених швелерів (в коробку) відсоток використання перерізу складає 80%. На схемі (рис. 2) також зображено зміна величини для елементів каркасу в залежності від висотної відмітки досліджуваного січення.

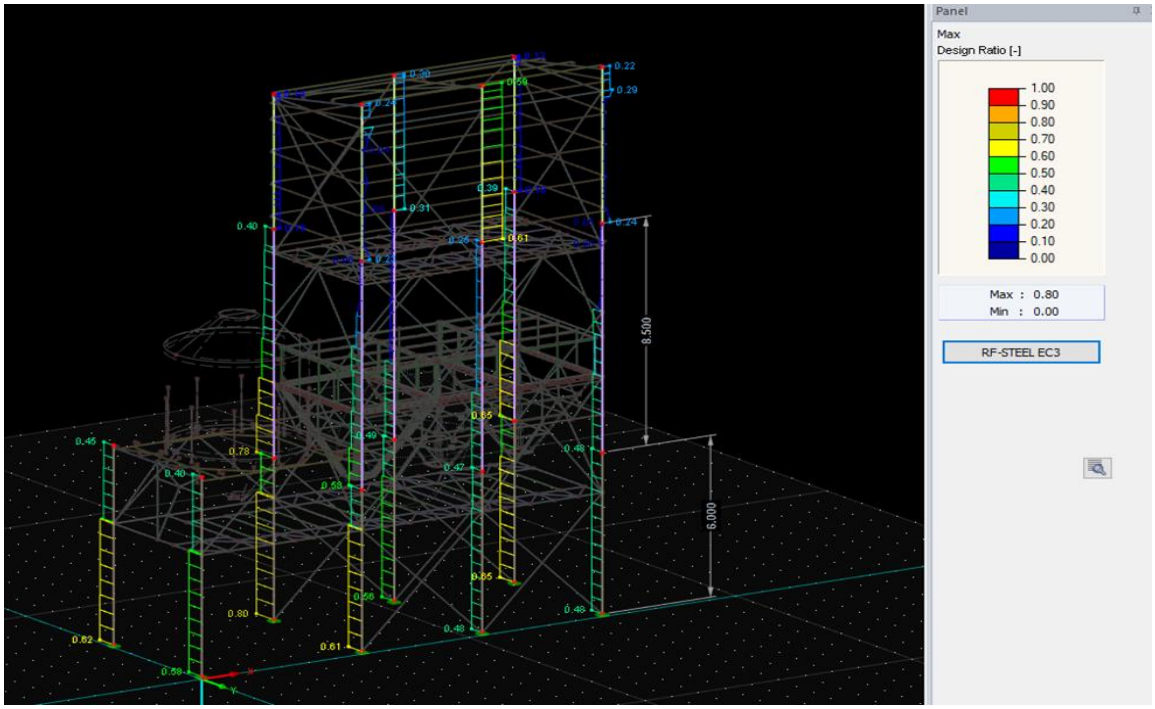


Рисунок 2. Схема використання перерізів елементів колон очисної вежі

Висновок. Проведено аналіз напружено-деформованого стану сталевого каркасу очисної вежі з оцінкою несучої здатності перерізів. Виконано перевірку запроектованих конструкцій в розрахунковому модулі RF-STEEL EC3 за першою та другою групою граничних станів.

Література

1. Кучерук Ю.В., Івченко О.В. "Системи зберігання зерна та продукту його переробки". Київ: Аграрна освіта, 2010.
2. Положевець В.М. "Зернові технології: сушіння, зберігання, логістика". Харків: ХНТУСГ, 2018
3. Dlubal Software. RFEM 5 Documentation - User Manual. 2020.
4. Будівлі і споруди для зберігання і переробки сільськогосподарської продукції : навч. посіб. / [Іванов І. І., Петров П. П., Сидоров С. С. та ін.]; за ред. І. І. Іванова. – Київ : Видавництво «Аграрна освіта», 2020. – 356 с.
5. ДБН В.1.2-14-2009. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд , будівельних конструкцій та основ: – К.: Укрархбудінформ, 2009. – 37 с
6. ДСТУ-Н Б EN 1991-1-1:2010 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-1.Загальні дії. Питома вага, власна вага, експлуатаційні навантаження для споруд (EN 1991-1-1:2002, IDT);
7. ДСТУ-Н Б EN 1993-1-2:2010 Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1993-1-2:2005, IDT)
8. Bykiv N., Yasniy P., Iasnii V. Modeling of mechanical behavior of reinforced concrete beam reinforced by the shape memory alloy insertion using finite elements method. Modern technologies and methods of calculations in construction. 2020. Vol. 13. P. 24–34.

ЗМІСТ

ДЛЯ НОТАТОК

ДЛЯ НОТАТОК

ДЛЯ НОТАТОК

ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ, СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ

Матеріали

тез доповідей

XIII науково-технічної конференції

17–18 грудня 2025 року

Формат 60x90, папір ксероксний.
Обл. вид. арк. 12,79
Тираж 300 прим.

Видавництво Тернопільського національного технічного унверситету імені Івана Пулюя
вул. Руська, 56, м. Тернопіль, 46001
Тел. 52-21-99, 42-79-65

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 4226 від 08.12.2011 р.