

**30-31
ЖОВТНЯ
2024**

A hand holding a tablet with a blue background featuring a network of hexagons containing various icons representing technology, industry, and services. The icons include a cloud, lightbulb, Wi-Fi symbol, crossed wrench and screwdriver, gears, people silhouettes, a pie chart, world map, factory, circuit board, head with gears, server rack, monitor, robotic arm, handshake, person on a motorcycle, truck, hard hat, flask, camera, and a central hexagon with binary code.

Міністерство освіти і науки України
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

V Всеукраїнська науково-практична інтернет конференція
ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ:
МОДЕЛІ, АЛГОРИТМИ, СИСТЕМИ (ITMAS – 2024)

30-31 жовтня
Миколаїв 2024

Інформаційні технології: моделі, алгоритми, системи (ITMAS – 2024):
Матеріали V Всеукраїнської науково-практичної інтернет конференції
(30-31 жовтня 2024 р.). – Миколаїв: НУК імені адмірала Макарова, 2024. – 242 с.
<https://itconf.nuos.edu.ua/2024/proceedings/>

Тези подано в авторській редакції.
Автори тез відповідають за достовірність викладеного матеріалу, за правильне
цитування джерел, посилання на них та інших відомостей.

© НУК імені адмірала Макарова, 2024

ЗМІСТ

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В ГАЛУЗІ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ	8
Семенов В.Ю. ПОРІВНЯННЯ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ АВТОМАТИЧНОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ МОДУЛЯЦІЙ ЗМІШАНИХ СИГНАЛІВ	9
Романюк О.Н., Станіславенко Є. Г., Новосельцев О.О., Чехместрук Р.Ю. ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ПРИ ФОРМУВАННІ ТЕКСТУРНИХ ЗОБРАЖЕНЬ	11
Приходько С.Б., Кольцов А.В. ЗАПОБІГАННЯ ОВЕРФІТІНГУ ПРИ ПОБУДОВІ НЕЛІНІЙНОЇ РЕГРЕСІЙНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ РАНЬОГО ОЦІНЮВАННЯ МЕТРИКИ LOS ЗАСТОСУНКІВ З ВІДКРИТИМ КОДОМ НА KOTLIN	15
Приходько А.С. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ СКЛАДНОСТІ ОБ'ЄКТНО-ОРІЄНТОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ЧЕРЕЗ СЕМАНТИКУ КЛАСІВ ВЕБЗАСТОСУНКІВ, ЩО СТВОРЮЮТЬСЯ ЗА ДОПОМОГОЮ PHP ФРЕЙМВОРКІВ	17
Василенко О.А., Шовкошитний І.І. ПРОБЛЕМИ ВИБОРУ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ СИНТЕЗУ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ	20
Кузніченко В.М. АЛГОРИТМ ПІДВИЩЕННЯ ПОКАЗНИКА УЗГОДЖЕНОСТІ МАТРИЦІ ПАРНИХ ПОРІВНЯНЬ	23
Магеровський Д.В. ВИКОРИСТАННЯ ІГРОВИХ РУШІВ ДЛЯ ОПРАЦЮВАННЯ І ВДОСКОНАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ/ПОВЕДІНКОВИХ МОДЕЛЕЙ ОБ'ЄКТІВ У ФІЗИЧНОМУ ПРОСТОРІ	25
Приходько С.Б., Кудін О.О. ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ ПРИ ПОБУДОВІ МОДЕЛЕЙ ТРИВАЛОСТІ ПРОЄКТІВ СТВОРЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	29
Іванчик Д.П., Коряшкіна Л.С. МОДЕЛЮВАННЯ ТА СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ СТРАТЕГІЙ ГРАВЦІВ В АЗАРТНИХ КАРТКОВИХ ІГРАХ	33
Рубльов І.С. ПЕРСПЕКТИВИ РОБОТОТЕХНІКИ В МОРСЬКИЙ ГАЛУЗІ	35
Орехов О.Ст, Фаріонова Т.А. ОЦІНЮВАННЯ РОЗМІРУ JAVA-ЗАСТОСУНКІВ ЗА ТРЬОХФАКТОРНОЮ НЕЛІНІЙНОЮ РЕГРЕСІЙНОЮ МОДЕЛЛЮ	39
Приходько С.Б., Шебалін Н.О. НЕЛІНІЙНА РЕГРЕСІЙНА МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ МЕТРИКИ RFC ЗАСТОСУНКІВ, ЩО СТВОРЮЮТЬСЯ НА ПЛАТФОРМІ FLUTTER	43
Приходько С.Б., Трухов А.С. РОЗПІЗНАВАННЯ КЛАВІАТУРНОГО ПОЧЕРКУ ЗА ДОПОМОГОЮ ДЕВ'ЯТИВИМІРНИХ ЕЛІПСОЇДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ ДЛЯ НОРМАЛІЗОВАНИХ ДАНИХ З РІЗНИМИ КВАНТИЛЯМИ	45
Вербицький О.С. АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПОЯСНОСТІ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ПОДОЛАННЯ ПРОБЛЕМИ ЧОРНОГО ЯЩИКА	48

Давидов Д.В., Латанська Л.О. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В ЗАДАЧІ ОЦІНЮВАННЯ СКЛАДНОСТІ ООП ЧЕРЕЗ ЗВ'ЯЗКИ МІЖ КЛАСАМИ ЗАСТОСУНКІВ, ЩО СТВОРЮЮТЬСЯ ЗА ДОПОМОГОЮ SPRING FRAMEWORK.....	53
Латанська Л.О., Савчук Г.Ю. РАННЄ ОЦІНЮВАННЯ РОЗМІРУ CMS МОВОЮ PHP.....	55
Приходько С.Б., Іванов Д.О. НЕЛІНІЙНА РЕГРЕСІЙНА МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ КІЛЬКОСТІ СТРОК КОДУ МУЛЬТИМЕДІЙНИХ ЗАСТОСУНКІВ ДЛЯ ANDROID, ЩО СТВОРЮЮТЬСЯ НА ПЛАТФОРМІ FLUTTER	57
Приходько С.Б., Скакунов Г.О. НЕЛІНІЙНА РЕГРЕСІЙНА МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ МЕТРИКИ RFC ЗАСТОСУНКІВ ДЛЯ ОНЛАЙН-ПОКУПОК З ВІДКРИТИМ КОДОМ НА JAVA.....	59
Семенчук І.М., Макарова Л.М. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ СКЛАДНОСТІ ОБ'ЄКТНО-ОРІЄНТОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ЧЕРЕЗ ЗВ'ЯЗКИ МІЖ КЛАСАМИ 2D ІГОР НА РУШІІ UNITY	61
Макарова Л.М., Татаренко М.А. ОСОБЛИВОСТІ ОТРИМАННЯ МЕТРИК З JAVA ТА KOTLIN ПРОГРАМНИХ ПРОЕКТІВ НАТИВНИХ МОБІЛЬНИХ ANDROID ЗАСТОСУНКІВ	63
Латанська Л.О., Половинка А.В. ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНЮВАННЯ МЕТРИК БАНКІВСЬКОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	66
Камінський С.С., Бризгалов М.В., Макарова Л.М. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ РОЗМІРУ ПРОГРАМНИХ ЗАСТОСУНКІВ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬ 2D ГРАФІЧНІ РУШІІ.....	69
Тубольцев Р.О., Пухалевич А.В. НЕЛІНІЙНА РЕГРЕСІЙНА МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ РОЗМІРУ E-COMMERCE ПАКЕТІВ, РОЗРОБЛЕНИХ МОВОЮ PHP.....	71
Пухалевич А.В., Кольцов Є.В. НЕЛІНІЙНА РЕГРЕСІЙНА МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ТРИВАЛОСТІ РОЗРОБКИ ЗАСТОСУНКІВ НА МОВІ C# ДЛЯ ПЛАТФОРМИ PC	73
Суслов С.В., Лебедь Ю.М. ПРО ВПЛИВ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ НА ЗМІСТ ПІДГОТОВКИ З ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БАКАЛАВРІВ ЗА ФАХОМ ПРОГРАМНА ІНЖЕНЕРІЯ	76
УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ І ПРОГРАМАМИ В ГАЛУЗІ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ.....	80
Кривда В.І., Чернов С.К. ПРОЄКТ СТВОРЕННЯ ПЛАТФОРМИ ДЛЯ ЗАХИСТУ ПЕРСОНАЛЬНИХ ДАНИХ ВІДПОВІДНО ДО GDPR.....	81
Шибіка В.І., Петрова Р.В. ОЦІНКА РИЗИКІВ ВТРАТ ДАНИХ В ІТ-ПРОЕКТАХ	84
Божаткін С.М., Богаченко Є.В., Гусева-Божаткіна В.А. ОСОБЛИВОСТІ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ ВІДНОВЛЕННЯ МІСЬКОЇ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ У ПІСЛЯВОЄННИЙ ПЕРІОД.....	87

Гусєва-Божаткіна В.А., Козирко К.О. ОСОБЛИВОСТІ УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНИМИ РИЗИКАМИ ПРИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ ПІД ЧАС ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ	90
Дюкова С.П., Очеретяний М.М. СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ НА ПІДПРИЄМСТВІ ПРИ РЕАЛІЗАЦІЇ ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПРОЄКТУ	94
ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ	98
Ювженко Д.І., Путренко В.В. ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ В КОНТЕКСТІ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ RAG СИСТЕМ.....	99
Зінченко В.Л., Лифар В.О. ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ КВАНТОВИХ КАНАЛІВ ЗВ'ЯЗКУ У КВАНТОВІЙ КРИПТОГРАФІЇ.....	102
Корнєва В.Р. ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ В ОСВІТІ: ДОСЯГНЕННЯ, ВИКЛИКИ, РИЗИКИ	104
Тертишнік Є.М. АВТОМАТИЗАЦІЯ ОБРОБКИ ПАРАМЕТРИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ В ПРОЦЕСІ ВИПРОБУВАНЬ ЗРАЗКІВ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ	107
Савін В.І. РОЗВИТОК АВТОМАТИЗОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ЄДИНОГО ДЕРЖАВНОГО РЕЄСТРУ ПРИЗОВНИКІВ, ВІЙСЬКОВОЗОБОВ'ЯЗАНИХ ТА РЕЗЕРВІСТІВ В УМОВАХ ВІДБИТТЯ ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ.....	110
Порохня І.М. ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СИСТЕМ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	113
Смирнов В.М., Смирнов В.В. СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В РОБОТІ СУЧАСНОГО ПІДПРИЄМСТВА	116
Євген Шерстюк ТЕХНОЛОГІЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ ПІД ЧАС РЕАГУВАННЯ НА КРИЗОВІ СИТУАЦІЇ ..	119
Міняйлов О.О., Михелєв І.Л. ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ РОЗГОРТАННЯ ВЕБЗАСТОСУНКІВ У ХМАРНИХ СЕРЕДОВИЩАХ.....	121
Костирко В.С. КОНВЕРТАЦІЯ УКРАЇНСЬКИХ ЛІТЕР В ЛАТИНСЬКІ І НАВПАКИ НАБОРОМ ІНСТРУМЕНТІВ “УКРАЇНСЬКА ПАНЕЛЬ”	123
Пелюх О.І., Михайловська О.В. ОСНОВНІ ТЕХНІКИ ШИФРУВАННЯ ДЛЯ ЗАХИСТУ ДАНИХ: ПОГЛИБЛЕНИЙ АНАЛІЗ ШИИРФІВ ЦЕЗАРЯ, ТРАНСПОЗИЦІЇ ТА ВІЖЕНЕРА І ЇХ РОЛЬ У СУЧАСНІЙ КРИПТОГРАФІЇ	127
Авраменко Д.О. АРХІТЕКТУРНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ БАГАТОРІВНЕВОГО УПРАВЛІННЯ ВІЙСЬКОВИМИ ОПЕРАЦІЯМИ.....	131
Поцілуйко В.А., Прокоп Ю.В. ЗАСТОСУВАННЯ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ПОБУДОВИ РЕКОМЕНДАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ РЕЦЕПТІВ ХАРЧУВАННЯ .	137
Сікетін Д.С. СУЧАСНІ МЕТОДИ ТА ІНСТРУМЕНТИ ПЛАНУВАННЯ І УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ В СФЕРІ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ.....	141

Дриньов Д.М. ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ.....	144
Гунік І.І., Гайдаєнко О.В. ОПТИМІЗАЦІЯ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР ЗА ДОПОМОГОЮ АЛГОРИТМІВ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ	147
Пискір С.В., Гаврилова К.М. АНАЛІЗ ТА ПРОЄКТУВАННЯ ПЕРСОНАЛІЗОВАНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙ ДЛЯ КНИЖКОВОГО ІНТЕРНЕТ-МАГАЗИНУ НА БАЗІ МАШИННОГО НАВЧАННЯ.....	150
Мокрик Я.Л., Бойко Н.І. ОПТИМІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТЯХ ЗАСОБАМИ ГЛИБИННОГО НАВЧАННЯ З ПІДКРІПЛЕННЯМ..	154
Дубан Р.М. ВИКОРИСТАННЯ RUTRON ДЛЯ ПОБУДОВИ РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМ У СЕРЕДОВИЩІ КОНТЕЙНЕРИЗАЦІЇ	158
Олійник Р.В. ПРОЄКТУВАННЯ АРХІТЕКТУРИ УПРАВЛІННЯ ДЖЕРЕЛАМИ ДАНИХ В ГІБРИДНОМУ ПРОГРАМНОМУ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ.....	161
Крайнов В.О., Мельник Я.В. ОСНОВНІ ПІДХОДИ ЩОДО РОЗВИТКУ СИСТЕМ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ У ЗБРОЙНИХ СИЛАХ УКРАЇНИ	164
Чопенко М.С., Гайда А.Ю. ПІДВИЩЕННЯ ШВИДКОСТІ ВИКОНАННЯ SQL-ЗАПИТІВ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ПАРТИЦІЮВАНЬ НА РІВНІ СКБД	168
Демченко Д.О., Петрова Р.В. КІБЕРБЕЗПЕКА ЯК КЛЮЧОВИЙ РИЗИК В ІТ ПРОЕКТАХ.....	174
Рузакова О.В., Мазур Г.М. ЦИФРОВІ КАНАЛИ МАРКЕТИНГУ В МЕДИЦИНІ: НОВІ ПІДХОДИ ДО ПРОСУВАННЯ МЕДИЧНИХ ПОСЛУГ	177
Телішевський П.А. ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ РІЗНИХ ТИПІВ ПОШКОДЖЕННЯ АВТОТРАНСПОРТУ	179
Тицький Б.Ю., Ємельянов С.І. ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ НАВЧАННЯ ПРОГРАМУВАННЮ	183
Худік Д.В., Жульковський О.О. ПРОБЛЕМИ УПРАВЛІННЯ РЕСУРСАМИ OPENGL ТА DIRECTX	185
Трофименко О.Г. ІНСТРУМЕНТИ СТАТИЧНОГО ТЕСТУВАННЯ БЕЗПЕКИ	188
Дика А.І. СУЧАСНІ ІНТЕРАКТИВНІ ІНСТРУМЕНТИ ТЕСТУВАННЯ БЕЗПЕКИ ЗАСТОСУНКІВ.....	191
Бабенко М.В., Волошин Р.В. РОЗРОБКА НЕЧІТКОЇ МОДЕЛІ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ У ПРИМІЩЕННІ	194
Дерменжи К.В. АНАЛІЗ РОЗРОБКИ ДОМЕННОЇ ЧАСТИНИ В ПАРАДИГМІ ООП	197
Артьомов І.В., Артьомова А.В. ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ СТРАТОСФЕРНИХ ПЛАНЕРІВ ДЛЯ СПОСТЕРЕЖЕННЯ І РОЗВІДКИ	199
Покровський М.В., Маршак О.І. АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ ДЛЯ ПОБУДОВИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ	203
Горбань В.В., Немченко В.В., Немченко В.Ю. ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОСТІ БПЛА	207

Студенников В.Д., Рудник Д.М. МЕТОД ФІЛЬТРАЦІЯ ЗА КІЛЬКІСТЮ ПРОЙДЕНИХ ВУЗЛІВ БОРОТЬБИ З DDOS-АТАКАМИ.....	210
СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ В ГАЛУЗІ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ	213
Івченко І.Ю., Михелєв І.Л. ПРОГНОЗУВАННЯ ПОПУЛЯРНОСТІ КОНТЕНТУ В СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖАХ НА ОСНОВІ ОБРОБКИ ВЕЛИКИХ ДАНИХ.....	214
Ковтун В.В., Фаріонова Т.А. АЛГОРИТМИ ABC-XYZ АНАЛІЗУ ТА МЕТОДИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ДАНИХ В УПРАВЛІННІ ТОВАРНИМ АСОРТИМЕНТОМ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ.....	218
Чикунів П.О., Шкредко А.І. ПІДТРИМКА ПРОЦЕСІВ ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ІЄРАРХІЧНОГО ПЕРЕРОБНОГО ПІДПРИЄМСТВА	221
Осташевський І.І. СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ЯК ОСНОВА УСПІШНОГО ВПРОВАДЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ.....	225
Костюк Д.Д., Хом'як Т.В. АНАЛІЗ ІНФЛЯЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ІНСТРУМЕНТІВ POWER BI	228
Тесленко П.О., Ворона М.В. ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ В ПРОГНОЗУВАННІ ПОПИТУ В РИТЕЙЛІ	231
Кізюн Л.В., Морозова Г.С. ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ «УКРАЇНСЬКОГО ЛІТНЬОГО КІНОТЕАТРУ».....	234
Струк Д.О. СИМУЛЯЦІЇ ТА МОДЕЛЮВАННЯ В ДОСЛІДЖЕННЯХ КІБЕРБЕЗПЕКИ	236
Журан О.А., Гайдаєнко О.В. ПРОГНОЗУВАННЯ ОСВІТНІХ ПОТРЕБ РЕГІОНІВ НА ОСНОВІ СИСТЕМНОЇ ДИНАМІКИ	238



МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В ГАЛУЗІ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

УДК 621.396.96 + 681.3 + 004.9

ПОРІВНЯННЯ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ АВТОМАТИЧНОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ МОДУЛЯЦІЙ ЗМІШАНИХ СИГНАЛІВ

Семенов В. Ю., доктор фізико-математичних наук
Київський Академічний Університет
American University Kyiv
vasyl.semenov@auk.edu.ua

Анотація. У роботі розглянуто автоматичну класифікацію адитивних сумішей сигналів з амплітудно-фазовою модуляцією. На основі різних видів ознак сигналів застосовані методи багатомірної логістичної регресії, згорткових нейромереж, Гаусівських змішаних моделей та “найближчих сусідів”. Встановлено точності класифікації для різних методів та дані рекомендації щодо їх використання.

Ключові слова: Автоматична класифікація видів модуляції; згорткові нейронні мережі; Гаусова змішана модель.

Проблема автоматичної класифікації типу модуляції (Automatic modulation classification, AMC) є важливою частиною обробки сигналів з невідомими характеристиками [1-2]. У системах зв'язку радіосигнали модулюються відповідно до можливостей передавача, враховуючи також спотворення сигналу, що виникають у каналі передачі. Хоча сучасні методи кодування з виправленням помилок працюють на межі теоретичної межі Шеннона, пропускну здатність каналу можна подвоїти, використовуючи технології, у яких кілька переданих сигналів займають одну і ту ж смугу частот. У той час як у сучасній літературі приділяється багато уваги AMC для сигналів, де в кожній смузі передається один сигнал [1-2], менше (або взагалі не приділяється) уваги виявленню модуляції, коли два або більше сигналів передаються в одній смузі [3].

Тому у цьому дослідженні ми розглядаємо багатокласову класифікацію адитивних сумішей сигналів, які належать до одного з п'яти типів модуляції: бінарна фазова маніпуляція (BPSK), четверична фазова маніпуляція (QPSK), 8PSK (фазова маніпуляція з 8-точковим сузір'ям), 8QAM (квадратурна амплітудна модуляція з 8-точковим сузір'ям) та 16QAM (квадратурна амплітудна модуляція з 16-точковим сузір'ям).

Розглянуті методи класифікації включають: мультиноміальну регресію (multinomial regression, MNR), згорткові нейронні мережі (convolutional neural networks, CNN), використання моделі гаусових сумішей (Gaussian mixture models, GMM) та метод найближчих сусідів (nearest neighbor).

Модель адитивної суміші сигналів має наступний вигляд. Розглянемо суму сигналів $z_p(t)$, $p = 1, 2$ від двох різних джерел:

$$z(t) = z_1(t) + z_2(t) + w(t),$$

де сигнали $z_p(t)$, $p = 1, 2$ мають наступний вигляд:

$$z_p(t) = a_p e^{j(\phi_p + \omega_p t)} \sum_{n=-\infty}^{\infty} s_p(n) h(t - nT - \tau_p),$$

де $s_p(n)$, $p=1,2$ є символьними послідовностями; T є символьним періодом; a_p , ϕ_p , τ_p , ω_p – відповідно амплітуди, фази, часові зсуви, носійні частоти змішаних сигналів; $h(t)$ є імпульсною характеристикою каналу; $w(t)$ – фоновий шум. Сигнали $z_p(n)$, $p=1,2$ мають однакову модуляцію і завдання полягає у визначенні цього типу модуляції на основі змішаного сигналу $z(t)$.

За винятком згорткових нейромереж, які працюють безпосередньо з формою сигналу, для інших розглянутих методів класифікації у якості ознак використано кумулянти високих порядків [3], які для сигналу z визначаються через статистичні моменти $M_{pq} = E\{z^{p-q}(z^*)^q\}$. Наприклад, кумулянти C_{42} та C_{63} обчислюються наступним чином:

$$C_{42} = M_{42} - |M_{20}|^2 - 2M_{21}^2,$$

$$C_{63} = M_{63} - 9M_{42}M_{21} + 12M_{21}^3 - 3M_{43}M_{20} - 3M_{41}M_{22} + 18M_{20}M_{21}M_{22}.$$

За результатами експериментальної перевірки на 20000 сигналах з різними видами модуляції та рівнем фонових шуму від 0 до 15 дБ, отримано точності класифікації, наведені у таблиці 1.

Таблиця 1.

	BPSK	QPSK	8PSK	8QAM	16QAM	Середня точність
Nearest Neighbour	97%	62%	74%	69%	55%	72%
GMM	98%	75%	83%	80%	78%	83%
Multinomial regression	98%	76%	84%	81%	75%	83%
CNN	100%	92%	94%	83%	78%	89%

З таблиці 1 видно, що найкраща точність класифікації досягається за допомогою методу згорткових нейронних мереж (CNN). Це можна пояснити здатністю глибоких нейромереж віднаходити приховані закономірності у структурі досліджуваних сигналів. У той же час, методи MNR і GMM мають теж прийнятну точність оцінювання (близько 83%) і теж можуть бути практично застосовані з огляду на їх просту програмну або апаратну реалізацію.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Huynh-The, T., Ngo, D. T., Zhang, W., & Kim, D. S. (2021). Automatic modulation classification: A deep architecture survey. *IEEE Access*, 51, 142950–142971.
- [2] O'Shea, T. J., Roy, T., & Clancy, T. C. (2018). Over-the-air deep learning based radio signal classification. *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, 12, 168–179.
- [3] Semenov, V., Omelchenko, P., & Kruhlyk, O. (2019). Method for the detection of Carrier-in-Carrier signals based on fourth order cumulants. In Dh. Nagamalai (Ed.), *Computer Science and Information Technology*, 25–32.

Vasyl Semenov

Comparison of machine learning methods for the automatic modulation classification of mixed signals.

Abstract. The paper addresses the automatic classification of additive mixtures of signals with amplitude-phase modulation. Based on various signal features, methods such as multinomial logistic regression, convolutional neural networks, Gaussian mixture models, and the nearest neighbor approach have been applied. The classification accuracies for different methods have been established, and recommendations for their use are provided.

Keywords: automatic modulation classification, convolutional neural networks, Gaussian mixture models.

УДК 004.925.4

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ПРИ ФОРМУВАННІ ТЕКСТУРНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Романюк О. Н., д.т.н., проф.¹; Станіславенко Є. Г.²;Новосельцев О. О.³; Чехместрук Р. Ю.⁴

Вінницький національний технічний університет

Україна, Вінниця

¹ rom8591@gmail.com; ² stanislavenskoyevgen@gmail.com;³ sasha_novoseltsev@icloud.com

Анотація. Розглянуто питання використання штучного інтелекту при формуванні текстурних зображень.

Ключові слова: формування зображень; текстури; штучний інтелект; оптимізація текстур; стилізація текстур.

Вступна частина. Штучний інтелект (ШІ) [1-6] дозволяє підвищити реалістичність формування тривимірних зображень [1,2]. ШІ може автоматично створювати текстури з високим рівнем деталізації для 3D моделей, що значно скорочує час і витрати на ручну роботу. Це особливо корисно у великих проектах, де потрібна велика кількість унікальних текстур.

Основна частина. Генерація текстур використовує алгоритми для автоматичного створення візуальних текстур, що імітують поверхню реальних об'єктів, які можуть бути застосовані у віртуальних 3D моделях. Ось декілька ключових підходів та технологій, використовуваних у генерації текстур:

Процедурна генерація використовує алгоритми для створення текстур, що не потребують великої кількості ручної роботи. Процедурна генерація часто застосовується для створення природних текстур, таких як шкіра, хмари, вода, та камінь, де можна використовувати математичні функції для імітації натуральних варіацій.

Шум Перліна і шум Симплекса є різновидами процедурної генерації, які використовують шум для створення випадкових, але згладжених текстур. Шум Перліна часто використовується для створення текстур поверхні землі, каменів, та інших природних елементів, тоді як шум Симплекса забезпечує більш швидке обчислення і краще виглядає в тривимірному просторі.

Штучний інтелект та машинне навчання можуть бути застосовані для аналізу реальних зображень і створення текстур, що імітують виявлені стилі та матеріали. Наприклад, нейронні мережі можуть бути навчені на великій кількості зображень для генерації нових текстур, що мімікрують властивості вхідних даних.

Генетичні алгоритми можуть оптимізувати текстури для певних застосунків, адаптуючи їх атрибути для досягнення бажаних візуальних характеристик або продуктивності в іграх та інших візуальних симуляціях.

Сучасні техніки дозволяють модифікувати існуючі текстури для створення нових візуальних стилів, використовуючи фільтри і стилізацію, що можуть імітувати художні техніки або адаптувати текстури для специфічних артистичних цілей.

ШІ допомагає оптимізувати текстури для різних платформ, забезпечуючи кращу продуктивність і якість зображень. Він аналізує характеристики обладнання та Штучний

інтелект також використовується для автоматичної стилізації текстур, перетворюючи їх для відповідності певному візуальному стилю або темі. Наприклад, ШІ може адаптувати текстури, щоб вони виглядали більш реалістично, або навпаки, надати їм мультяшний вигляд.

Штучний інтелект може автоматично змінювати текстури в залежності від освітлення або погодних умов у грі або симуляції. Це дозволяє створити більш динамічний і іммерсивний досвід для користувача.

Використання ШІ для формування текстурних зображень дозволяє розробникам швидше і ефективніше досягати бажаних візуальних ефектів, а також зменшити вартість і складність процесів проектування.

Оптимізація текстур за допомогою штучного інтелекту (ШІ) є важливим напрямком в сучасному 3D моделюванні та відеоіграх, що дозволяє поліпшити якість візуалізації при збереженні оптимальної продуктивності. Ось деякі способи використання ШІ для оптимізації текстур:

ШІ може автоматично налаштовувати розмір текстур залежно від потреби у системних ресурсах. Це означає, що текстури можуть бути динамічно зменшені для збереження ресурсів або збільшені для покращення якості візуалізації, коли це можливо.

Штучний інтелект може бути використаний для розробки алгоритмів компресії, які знижують обсяги даних без значної втрати якості. ШІ може аналізувати текстури для виявлення оптимальних способів їх збереження, що дозволяє зменшити час завантаження та використання пам'яті.

ШІ може аналізувати сцену в реальному часі та адаптувати текстури залежно від відстані перегляду та кута зору. Це дозволяє застосовувати високодеталізовані текстури тільки там, де вони дійсно видимі, оптимізуючи таким чином загальну продуктивність.

Генеративно-суперечливі мережі можуть бути використані для створення нових текстур або для удосконалення існуючих текстур. GANs можуть аналізувати велику кількість даних про текстури та генерувати високоякісні варіанти, які важко відрізнити від реальних.

ШІ може допомогти в оптимізації використання GPU, вибираючи або модифікуючи текстури для максимально ефективного використання графічного процесора. Це включає в себе балансування між якістю зображення та швидкістю обробки.

Ці методи значно підвищують ефективність розробки ігор та додатків віртуальної реальності, дозволяючи створювати більш багаті та занурювальні візуальні досвіди, в той же час оптимізуючи ресурси та підвищуючи продуктивність.

Стилізація текстур за допомогою штучного інтелекту (ШІ) відкриває нові можливості для дизайнерів і розробників у графічному дизайні, відеоіграх та анімації. ШІ дозволяє автоматизувати і покращити процес створення візуальних стилів, роблячи їх більш унікальними та адаптованими до конкретних потреб. Ось основні напрямки використання

Штучний інтелект може застосовувати характеристики одного зображення або стилю до іншого, дозволяючи текстурам набути вигляду відомих художніх творів або стилів. Це особливо популярно у сфері медіа, де потрібно швидко адаптувати візуальний контент до певних тематичних або естетичних вимог.

Генеративні адверсарні мережі використовуються для генерації високоякісних зображень з певними стилістичними особливостями. GANs можуть бути навчені на великій

кількості даних і використовуватися для створення текстур, які виглядають як ручна робота або мають певні візуальні особливості, які важко досягти традиційними методами.

ШІ може аналізувати текстури на предмет їх візуальної ефективності і вносити автоматичні корективи для підвищення їх якості або адаптації під конкретні технічні умови, такі як обмеження платформи або особливості відображення.

ШІ може імітувати різні традиційні техніки, такі як олійне малювання, акварель, або навіть скульптурні ефекти, перетворюючи прості 2D текстури на багатовимірні візуальні елементи.

ШІ може розуміти контекст, у якому використовується текстура, і адаптувати її стиль відповідно до сценічних умов, освітлення, і навіть емоційних тонів відео або ігрових сцен.

Ці техніки відкривають широкі можливості для креативної самовираження і значно спрощують процес створення унікальних і запам'ятовуваних візуальних вражень у сучасних медіапродуктах.

Адаптація текстур до різних середовищ за допомогою штучного інтелекту (ШІ) є перспективним напрямком у сфері комп'ютерної графіки, відеоігор та віртуальної реальності. ШІ може динамічно змінювати текстури на основі різних факторів, таких як освітлення, погодні умови, і навіть інтеракції користувача. Ось деякі ключові застосування та технології, які дозволяють ШІ адаптувати текстури до різних середовищ:

ШІ може аналізувати освітлення у сцені та автоматично коригувати текстури для оптимального відображення. Наприклад, текстури можуть ставати більш тьмяними у сутінках або більш яскравими на сонячному світлі, залежно від поточного освітлення в ігровому світі.

Штучний інтелект може змінювати текстури поверхонь, щоб відображати зміни погоди, наприклад, накопичення снігу або мокрі поверхні під час дощу. Це додає реалістичності сценам та підвищує іммерсивність досвіду.

ШІ може адаптувати текстури на основі дій або взаємодій користувача. Наприклад, знос або пошкодження об'єкта внаслідок взаємодій може бути відображений у реальному часі, змінюючи текстуру відповідно до ступеня зносу або пошкодження.

Використання глибокого навчання дозволяє ШІ розуміти контекст і семантику сцен, адаптуючи текстури таким чином, щоб вони відповідали загальній атмосфері або наративу ігрової сцени або інтерактивного досвіду.

ШІ може динамічно масштабувати деталі текстури залежно від відстані перегляду, оптимізуючи продуктивність, не жертвуючи при цьому візуальною якістю. Віддалені об'єкти можуть використовувати менш деталізовані текстури, в той час як ближні об'єкти відображаються з високою деталізацією.

Висновки. Ці техніки дозволяють створювати більш багаті та реалістичні зображення, значно покращуючи взаємодію користувачів із середовищем. Використання ШІ для адаптації текстур в реальному часі відкриває нові можливості для дизайну ігор та інтерактивних додатків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Романюк, О. Н., Романюк, О. В., Чехместрук, Р. Ю. (2023). *Комп'ютерна графіка*. Вінниця : ВНТУ.
- [2] Завальнюк, Є. К., Романюк, О. Н. (2024). Використання штучного інтелекту в тривимірній графіці. *Матеріали міжнародної наукової конференції «Штучний інтелект у науці та освіті*. Київ.
- [3] Романюк, С. О., Романюк, О. Н., Безсмертний, О. Ю. (2024). Використання штучного інтелекту у моніторах. *Матеріали Всеукраїнської науково-практичної Internet-конференції «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті: стан, досягнення, перспективи розвитку»*, Черкаси.
- [4] Завальнюк, Є. К., Романюк, О. Н., Майданюк, В. П. (2024). Використання штучного інтелекту в задачах віртуальної реальності. *Матеріали Всеукраїнської науково-практичної Internet-конференції «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті: стан, досягнення, перспективи розвитку»*. Черкаси.
- [5] Романюк, О. Н., Найдюк, В. І. (2021). Використання нейронних мереж для обробки та розпізнавання зображень. *Тези доповідей XII Міжнародної науково-технічної конференції «Інформаційно-комп'ютерні технології – 2021 (ІКТ-2021)»*, м. Житомир, 01 - 03 квітня 2021 р. Житомир : Житомирська політехніка, 72-73.
- [6] Романюк, О. Н., Завальнюк, Є. К., Стахов, О. Я., Романюк, О. В. (2024). Високоточні моделі відбивної здатності поверхонь. *Тези одинадцятої міжнародної науково-технічної конференції «Інформатика, управління та штучний інтелект»*, Харків, 09-12 травня 2024 р. Харків, с. 130.

Romanyuk O.N., Stanislavenko E.H., Novoseltsev O.O., Chekhmestruk R.Yu.

USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE FORMATION OF TEXTURED IMAGES

Abstract. *The question of the use of artificial intelligence in the formation of texture images is considered,*

Keywords: *image formation; textures; artificial intelligence; texture optimization; texture stylization.*

УДК 004.412:519.237.5

ЗАПОБІГАННЯ ОВЕРФІТІНГУ ПРИ ПОБУДОВІ НЕЛІНІЙНОЇ РЕГРЕСІЙНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ РАНЬОГО ОЦІНЮВАННЯ МЕТРИКИ LOC ЗАСТОСУНКІВ З ВІДКРИТИМ КОДОМ НА KOTLIN

Приходько С.Б., д.т.н., проф.;¹ Кольцов А.В.²

^{1,2} Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

^{1,2} Україна, Миколаїв

¹ sergiy.prykhodko@nuos.edu.ua; ² andrew.koltsv@gmail.com

Анотація. В роботі на основі перетворення Вох-Сох побудована трьохфакторна нелінійна регресійна модель для оцінювання кількості строк коду застосунків на Kotlin та виконано валідацію побудованої моделі з метою запобігання оверфітінгу.

Ключові слова: оверфітінг; оцінка кількості строк коду програмного забезпечення; Kotlin; нелінійна регресійна модель.

Вступна частина. У математичному моделюванні та машинному навчанні термін оверфітінг (overfitting) характеризує ситуацію, коли модель занадто точно відповідає своїм навчальним даним (training data) та не може робити якісні прогнози на основі будь-яких інших наборів тестових даних (test data), які не використовувалися при її побудові (навчанні). Оверфітінг можна визначити як певну помилку моделювання, яка виникає, коли модель занадто тісно узгоджена з обмеженим набором точок даних. Як наслідок, модель корисна лише для свого початкового набору даних, а не для будь-яких інших наборів даних.

Як відомо [1], проблема оверфітінгу стосується і регресійних моделей. Для запобігання оверфітінгу при побудові моделі існують різні методи, які включають, наприклад, перехресну перевірку (cross-validation), під час якої дані, що використовуються для навчання моделі, поділяються на розділи (partitions), а модель запускається для кожного з них. Потім загальна оцінка помилки осереднюється. Інші методи включають ансамблювання (ensembling), для якого прогнози об'єднуються принаймні з двох окремих моделей. Втім, серед зазначених методів відносно простим у застосуванні є такий, що базується на розбитті набору даних на два: для тренування та для тестування. Це в свою чергу вимагає зібрати більше даних перед побудовою моделі та правильним чином їх розділити. Зазвичай, подібний поділ здійснюється у співвідношенні 80/20, або 70/30, або 60/40. Важливо враховувати, що в контексті задачі побудови нелінійної регресійної моделі після поділу даних у тренувальному наборі даних має залишитись така кількість точок даних, що представляє собою велику вибірку ($N > 30$).

Визначення трудомісткості розробки програмного забезпечення (ПЗ) є актуальним питанням для менеджерів проектів. Цю величину можна оцінити використовуючи таку математичну модель як, наприклад, СОСОМО II, яка в свою чергу вимагає інформацію про розмір ПЗ у строках коду, яка в більшості випадків невідома на ранніх етапах роботи над проектом. Для мови Java відома нелінійна регресійна модель для оцінювання розміру ПЗ [2], але не дивлячись на суттєву схожість мов Java та Kotlin існує потреба побудови нелінійних регресійних моделей під конкретну мову програмування.

Метою роботи є побудова нелінійної регресійної моделі для раннього оцінювання метрики LOC застосунків з відкритим кодом на Kotlin із запобіганням оверфітінгу.

Основна частина. Побудова нелінійної регресійної моделі на першому етапі вимагає пошуку емпіричних даних. Серед розміщених на сайті GitHub застосунків мовою Kotlin,

було знайдено 79 проектів. Для отримання метрик ПЗ було використано інструмент CodeMR (<https://plugins.jetbrains.com/plugin/10811-codemr>). Для побудови нелінійної регресійної моделі використовувались метрики діаграми класів такі, як: розмір застосунку Y у тисячах строк коду, кількість класів X_1 , метрику WMC X_2 та DIT X_3 . Три фактори було обрано через наступне: можливість отримання цих метрик на ранній стадії розробки з діаграми класів, відсутність мультиколінеарності між трьома факторами. Для визначення викидів у даних використовували квадрат відстані Махаланобіса. Для побудови та тестування моделі початковий набір даних з 79 проектів було поділено на дві частини: тренувальну (54 проекти) та тестувальну (25 проектів) з поділом у співвідношенні приблизно 60/40.

Нелінійну регресійну модель було побудовано з використанням чотиривимірного нормалізуючого перетворення Вох-Сох. Отримана нелінійна регресійна модель для тренувального набору даних, має наступні оцінки параметрів $\hat{\lambda}_Y, \hat{\lambda}_1, \hat{\lambda}_2, \hat{\lambda}_3, \hat{b}_0, \hat{b}_1, \hat{b}_2, \hat{b}_3$: -0,161328, -0,159392, -0,239815, -1,253682, -6,1084, 1,7898, 0,84037 та 0,04182 відповідно. Оцінка стандартного квадратичного відхилення $\hat{\sigma}_\epsilon$ дорівнює 0,1421. Якість побудованої моделі було оцінено за допомогою розрахунку множинного коефіцієнту детермінації R^2 , середньої величини відносної похибки $MMRE$ та відсотку прогнозованих результатів $PRED(0,25)$. Значення R^2 , $MMRE$ і $PRED(0,25)$ для створеної моделі дорівнюють відповідно 0,9235, 0,1458 і 0,8235, що свідчить про прийнятну якість моделі [3].

Застосувавши отриману модель до тестового (валідаційного) набору даних отримуємо наступні значення R^2 , $MMRE$ і $PRED(0,25)$: 0,9818, 0,1871 та 0,7600 відповідно. Отримані оцінки якості нелінійної регресійної моделі при застосуванні до тестового (валідаційного) набору даних дозволяють зробити висновок про високу якість побудованої моделі.

Висновки. В роботі було побудовано нелінійну регресійну модель регресійної моделі для раннього оцінювання метрики LOC застосунків відкритим кодом мовою Kotlin з уникненням оверфітінгу. Результат застосування отриманої нелінійної регресійної моделі показує задовільні оцінки якості, а також показує доцільність застосування декількох наборів даних для подолання проблеми оверфітінгу. В подальшому планується проводити тестування моделі на більш об'ємних вибірках даних.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Frost, J. (2020). *Regression Analysis: An Intuitive Guide for Using and Interpreting Linear Models*. Statistics By Jim Publishing.
- [2] Prykhodko, S. B., Prykhodko, N. V., & Smykodub, T. G. (2020). Four-factor non-linear regression model to estimate the size of open source Java-based applications. *Scientific notes of Taurida National V.I. Vernadsky University. Series: Technical Sciences*, 1(2), 157–162. <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2020.2-1/25>.
- [3] Prykhodko, S. B., Prykhodko, N. V., & Koltsov, A. V. (2024). A nonlinear regression model for early LOC estimation of open-source Kotlin-based applications. *Radio Electronics, Computer Science, Control*, (1), 85. <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2024-1-8>.

Prykhodko S.B, Koltsov A.V.

Overfitting prevention when building a nonlinear regression model for early LOC estimation of open-source Kotlin-based applications

Abstract. In work a nonlinear regression model with three predictors for estimating LOC of applications in Kotlin has been built. Addition validation to prevent overfitting was conducted.

Keywords: overfitting; LOC estimation; Kotlin; nonlinear regression model.

УДК 004.412:519.237.5

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ СКЛАДНОСТІ ОБ'ЄКТНО-ОРІЄНТОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ЧЕРЕЗ СЕМАНТИКУ КЛАСІВ ВЕБЗАСТОСУНКІВ, ЩО СТВОРЮЮТЬСЯ ЗА ДОПОМОГОЮ PHP ФРЕЙМВОРКІВ

Приходько А.С.¹

¹ Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

¹ Україна, Одеса

¹whiterandrek@gmail.com

Анотація. В роботі для оцінювання складності об'єктно-орієнтованого проектування через семантику класів вебзастосунків, що створюються за допомогою PHP фреймворків, на основі тривимірного перетворення Бокса-Кокса було побудовано математичну модель у вигляді еліпсоїду прогнозування для нормалізованих метрик WMC, RFC та LCOM.

Ключові слова: математична модель; еліпсоїд прогнозування; тривимірне перетворення Бокса-Кокса; вебзастосунок; PHP фреймворк.

Вступна частина. Як відомо [1], метрики WMC (Weighted Methods per Class), RFC (Response For a Class) та LCOM (Lack of COhesion in Methods) відносяться до другого кроку (семантики класів) об'єктно-орієнтованого проектування (ООП), оскільки WMC та RFC визначають, як об'єкти класу можуть «поводитися», коли вони отримують повідомлення, а метрика LCOM стосується упаковки даних і методів у визначенні класу, що забезпечує міру зв'язності класу. Але на практиці, як правило, ці метрики аналізуються окремо без врахування кореляції між ними, а прийнятні їх значення визначаються як на рівні класу, так і на рівні застосунку [2]. Так для класу, значення RFC зазвичай не повинно перевищувати 50, хоча допускається мати RFC до 100. Для класу рекомендується стандартне порогове значення від 0 до 50. Якщо RFC для класу великий, це означає, що існує висока складність. Наприклад, якщо виклик методу в класі може призвести до великої кількості різних викликів методів у цільовому та інших класах. Може бути важко перевірити поведінку класу та налагодити проблеми, оскільки розуміння поведінки класу вимагає глибокого розуміння потенційних взаємодій, які об'єкти класу можуть мати з рештою програмної системи. Перевага наявності набору показників полягає в тому, що існує потенціал для кількох показників однієї основної конструкції.

Зараз багато вебзастосунків створюються за допомогою різних фреймворків, які прискорюють розробку програмного забезпечення, у тому числі і PHP фреймворків, таких як CakePHP, Laravel, Symfony, CodeIgniter та Yii. А це потребує побудови відповідних математичних моделей для оцінювання складності ООП у тому числі через семантику класів вебзастосунків, що створюються за допомогою PHP фреймворків.

Метою дослідження є побудова математичної моделі для оцінювання складності ООП через семантику класів вебзастосунків, що створюються за допомогою PHP фреймворків.

Основна частина. На теперішній час відома математична модель для оцінювання складності ООП через ідентифікацію класів, яка побудована у вигляді еліпсоїду прогнозування в залежності від нормалізованих метрик WMC, DIT та NOC [3]. Беручи за основу запропонований в [2] підхід щодо оцінювання складності ООП та враховуючи [3], у якості математичної моделі для оцінювання складності ООП через семантику класів

вебзастосунків, що створюються за допомогою PHP фреймворків, використовуються еліпсоїди прогнозування в залежності від нормалізованих метрик WMC, RFC та LCOM.

Для побудови зазначеної математичної моделі за допомогою інструменту PhpMetrics (<https://phpmetrics.org/>) ми отримали дані з метрик WMC, RFC та LCOM для 125 вебзастосунків, що були створені за допомогою наступних популярних PHP фреймворків: CakePHP, Laravel, Symfony, CodeIgniter та Yii. Ці застосунки розміщені на сайті GitHub. Далі ми перевірили тривимірні дані на нормальність за допомогою тесту Мардіа, який базується на багатовимірних асиметрії та ексцесі. Тест показав, що розподіл даних не є гаусівським. Тому для визначення наявності викидів у даних ми використовували тест на основі квадрату відстані Махаланобіса для нормалізованих даних [4]. Як і в [3, 5], нормалізацію даних ми здійснювали за допомогою тривимірного перетворення Бокса-Кокса, оцінювання параметрів якого виконувалося за методом максимальної правдоподібності. В результаті дві точки даних виявилася тривимірними викидами – це API модуля форуму Yii2 (<https://github.com/yii-podium/yii2-api>) та застосунок Grocery CRUD (<https://github.com/scoumbourdis/grocery-crud>), який є бібліотекою PHP і фреймворку Codeigniter, яка створює повнофункціональну систему CRUD без необхідності налаштування JavaScript або CSS. Ці дві точки даних були відкинуті і остаточно ми побудували математичну модель для відповідних метрик з 123 вебзастосунків. Для вебзастосунків, що створюються за допомогою PHP фреймворків, невисока складність ООП через семантику класів характеризується виконанням наступної умови: квадрат відстані Махаланобісу для нормалізованих за допомогою тривимірного перетворення Бокса-Кокса метрик WMC, RFC та LCOM на рівні застосунку менше або дорівнює 7,82. У разі, якщо зазначений квадрат відстані Махаланобісу більше 7,82 та менше або дорівнює 12,84, то це висока складність ООП через семантику класів. Якщо вказаний квадрат відстані Махаланобісу більше за 12,84 (значення квантилю розподілу Хі-квадрат для трьох ступенів свободи та рівня значимості 0,005), то у цьому разі отримана математична модель не може бути застосована для відповідного оцінювання. Зазначимо, що параметри тривимірного перетворення Бокса-Кокса для нормалізації метрик WMC, RFC та LCOM відповідно дорівнюють -0,28340, 0,052513 та -0,75631. Для обчислення значення квадрату відстані Махаланобіса для нормалізованих за допомогою тривимірного перетворення Бокса-Кокса метрик WMC, RFC та LCOM їх вибірккові середні відповідно дорівнюють 1,629, 2,431, 0,547, а зворотня матриця до коваріаційної матриці є такою:

$$\mathbf{S}_N^{-1} = \begin{pmatrix} 20.7727 & -17.6004 & -7.29516 \\ -17.6004 & 21.7157 & -1.29931 \\ -7.29516 & -1.29931 & 50.9796 \end{pmatrix}.$$

Застосовуючи побудовану математичну модель для відповідних метрик з 123 вебзастосунку, маємо наступні результати щодо оцінювання складності ООП через семантику класів: 117 застосунків мають невисоку складність ООП, а складність 6 застосунків (Infinitas, manga-tracker, mapos, apiato, laraadmin та microweber) є високою. Infinitas (<https://github.com/infinitas/infinitas>) – це фреймворк керування вмістом із відкритим вихідним кодом, який розроблений з використанням CakePHP (v2.x). Серед іншого, це блог, cms, система розсилки інформаційних бюлетенів та онлайн-кошик для покупок. Manga-tracker – це міжсайтовий манга-трекер, а mapos (<https://github.com/RamonSilva20/mapos>) – це система контролю виконання робіт, які розроблені за допомогою фреймворку CodeIgniter.

Apiato (<https://github.com/apiato/apiato>) – це платформа для створення масштабованих і тестованих програм, орієнтованих на API, за допомогою PHP, створених на основі Laravel. LaraAdmin (<https://github.com/dwijitsolutions/laraadmin>) – це панель/CMS адміністратора Laravel з відкритим кодом, яку можна використовувати як бекенд адміністратора, інструмент керування даними або шаблон CRM для Laravel із такими функціями, як Advanced CRUD Generation, Module Manager, Backups та багато іншими. Microweber (<https://github.com/microweber/microweber>) – це конструктор веб-сайтів з функцією перетягування та CMS з електронною комерцією, який створений на основі Laravel.

Висновки. В роботі на основі тривимірного перетворення Бокса-Кокса було побудовано математичну модель для оцінювання складності ООП через семантику класів вебзастосунків, що створюються за допомогою PHP фреймворків. Ця модель представляє собою два еліпсоїди прогнозування в залежності від нормалізованих метрик WMC, RFC та LCOM. Ліві частини рівнянь цих еліпсоїдів однакові і містять квадрат відстані Махаланобісу для нормалізованих метрик WMC, RFC та LCOM. Ці рівняння розрізняються правими частинами, які відповідно дорівнюють 7,82 та 12,84. В подальшому планується побудова математичних моделей для оцінювання складності ООП через зв'язки між класами вебзастосунків, що створюються за допомогою PHP фреймворків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Chidamber, S., & Kemerer, C. (1994). A metrics suite for object oriented design. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 20(6), 476-493.
- [2] Prykhodko, S., Prykhodko, N., & Smykodub, T. (2022). A Joint Statistical Estimation of the RFC and CBO Metrics for Open-Source Applications Developed in Java. *Computer Sciences and Information Technologies : 2022 IEEE 17th International Conference (CSIT)* (pp. 442-445). Lviv, Ukraine. DOI: <https://doi.org/10.1109/CSIT56902.2022.10000457>
- [3] Prykhodko A.S., & Malakhov E.V. (2024). Determining object-oriented design complexity due to the identification of classes of open-source web applications created using PHP frameworks. *Radio Electronics, Computer Science, Control*. 69(2), 160-166. DOI: <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2024-2-16>
- [4] Prykhodko, S., Prykhodko, N., Makarova, L., & Pukhalevych, A. (2018). Application of the squared Mahalanobis distance for detecting outliers in multivariate non-Gaussian data. *Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering : 2018 14th International Conference (TCSET)* (pp. 962-965). Lviv-Slavske, Ukraine. DOI: <https://doi.org/10.1109/TCSET.2018.8336353>
- [5] Prykhodko, S., & Prykhodko, N. (2022). A Technique for Detecting Software Quality Based on the Confidence and Prediction Intervals of Nonlinear Regression for RFC Metric. *Computer Sciences and Information Technologies : 2022 IEEE 17th International Conference (CSIT)* (pp. 499-502). Lviv, Ukraine. DOI: <https://doi.org/10.1109/CSIT56902.2022.10000532>

Prykhodko A.S.

A mathematical model for assessing the complexity of object-oriented design through the semantics of classes of web applications created using PHP frameworks

Abstract. In the work, to assess the complexity of object-oriented design through the semantics of classes of web applications created using PHP frameworks, a mathematical model in the form of a prediction ellipsoid for normalized WMC, RFC, and LCOM metrics was built based on the three-variate Box-Cox transformation.

Keywords: mathematical model; prediction ellipsoid; three-variate Box-Cox transformation; web application; PHP framework.

УДК 004.94:004.032.26

ПРОБЛЕМИ ВИБОРУ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ СИНТЕЗУ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Василенко О.А.¹; Шовкошитний І.І. к.військ.н., с.н.с.².

¹Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України; ²Національний університет оборони України

¹ Україна, Київ; ² Україна, Київ

¹ORCID: 0000-0003-2633-0131; ²ORCID: 0000-0001-9245-41111

***Анотація.** Під час дослідження розглянуто проблеми вибору інструментів створення нейронних мереж з точки зору вирішення практичних задач. Наведено програмні засоби, що призначені для створення та моделювання різних архітектур нейронних мереж, визначені їх основні переваги. Зосереджено увагу на універсальному інструменті для створення нейронних мереж, а саме – пакеті MATLAB з пакетом розширення Neural Network Toolbox.*

***Ключові слова:** нейронні мережі; програмне забезпечення; архітектура нейронних мереж.*

Вступна частина. На ринку створення інтелектуальних систем представлено багато різних програмних засобів, що пояснюється великою кількістю задач з інтелектуального оброблення інформації в різних сферах діяльності [1]–[7]. Проблема вибору відповідних програмних засобів полягає у різноманітності функцій, можливостей налаштування, характеристик і властивостей, а також у динаміці їхнього розвитку.

Метою дослідження є висвітлення проблеми вибору програмних засобів для синтезу нейронних мереж під час вирішення практичних задач.

Основна частина. Одним із перспективних методів розв’язання широкого класу практичних задач застосування технологій та алгоритмів штучного інтелекту, а саме нейронних мереж, які нині активно впроваджуються у різних сферах діяльності людства. Разом із тим, створення нейронних мереж під конкретну задачу представляє собою складний процес, оскільки необхідно врахувати безліч параметрів, які характеризуватимуть процеси, що відбуваються у реальних організаційно-технічних системах.

Для вирішення конкретних задач використовують різні програмні засоби. Наразі, нейропакети SNNS (Stuttgart Neural Network Simulator), Java Neural Network Simulator (JavaNNS), Neural Lab, Neuron, Genesis, XNBC, Braincel, Neural Planner, NeuroPro, Partek Discovery, QwikNet, Statistica Automated Neural Networks, Thinks і ThinksPro, MatLab тощо [8].

Додатково можуть використовуватись наступні варіанти програмного забезпечення для нейронних мереж:

Мерлін – для дослідження синтезу мовлення.

Clarifai – для завдань візуального розпізнавання та навчання штучного інтелекту.

PyTorch – для оброблення динамічних обчислювальних графіків.

TFLearn – для швидкого створення моделі TensorFlow.

DeepPy – ліцензована платформа глибокого навчання.

Bitnami Pytorch – для розгортання PyTorch на Kubernetes.

ConvNetJS – для глибокого навчання у веб-браузерах.

Також сучасними симуляторами нейронних мереж є: Google Tensorflow 2.0 або Facebook PyTorch 1.5 тощо.

З точки зору користувача засіб для створення нейронних мереж має забезпечувати:

легку побудову архітектур нейронних мереж, незалежно від їхнього класу (прямими, згорткові, рекурентні тощо);

можливість навчання нейронної мережі на основі пакетного навчання та подавання даних у реальному часі;

оцінювання точності та показників продуктивності побудованих нейронних мереж;

можливість розгортання навчених нейронних мереж у виробничих середовищах.

Важливими особливостями засобу створення нейронної мережі є:

1. Можливість налаштування: можливість визначати кількість шарів, функції активації та стратегії оптимізації.

2. Масштабованість: ефективне використання апаратного забезпечення, незалежно від того, чи це центральний процесор, графічний процесор або тензорний блок обробки (TPU), а також потенціал для масштабування на кількох пристроях або вузлах.

3. Можливість налаштування навчених нейронних мереж для конкретних завдань.

4. Наявність інструментів для візуалізації показників навчання, архітектури моделі та вхідних (вихідних) даних.

5. Наявність технік регуляризації функції для запобігання надмірній підгонці.

6. Наявність великих бібліотек, які охоплюють широкий набір функцій, класів і попередньо визначених архітектур.

7. Зручність використання: у програмного забезпечення має бути чіткий і організований макет та зрозумілий дизайн.

8. Наявність комплексу технічної документації, навчальних посібників та інструкцій користувача. При цьому важливим елементом є наявність у цих документах прикладів, які допомагають новим користувачам зрозуміти основи, а досвідченим користувачам – покращити свій досвід.

9. Наявність підтримки спільноти: активних форумів, регулярних оновлень програмного забезпечення тощо.

10. Сумісність та інтеграція з іншим програмним забезпеченням, бібліотеками та інструментами.

11. Наявність програми навчання та адаптації (для більш складних рішень наявність структурованих навчальних сеансів або навчальної бібліотеки може значно спростити процес адаптації).

У середовищі програмного забезпечення для нейронних мереж, що швидко розвиваються, його правильний вибір під час розв'язання конкретних завдань має вирішальне значення.

Отже, із аналізу програмних інструментів, призначених для моделювання нейронних мереж, видно, що вони вимагають досвіду розроблення програмних кодів різними мовами програмування, а також уможлиблюють розв'язання деяких специфічних задач.

Аналіз описаних вище програмних інструментів, призначених для моделювання нейронних мереж, показує, що вони вимагають досвіду розроблення програмних кодів різними мовами програмування, а також уможлиблюють розв'язання вузького кола задач, тобто є вузькоспрямованими. За результатами оцінювання властивостей програмних засобів з точки зору досвіду вирішуваних задач, індивідуальних переваг дослідників, а також системних вимог до програмних продуктів дозволяє стверджувати, що найбільш доцільним у більшості випадків є програмний пакет для моделювання MATLAB, який містить чимало вбудованих бібліотек для створення нейронних мереж для розв'язування різних класів практичних задач. Зокрема, такий пакет розширення MatLab, як Neural Network Toolbox

дозволяє проектувати, розробляти та моделювати архітектури нейронних мереж з їх візуалізацією.

Інструмент Neural Network Toolbox працює з різними класами архітектур нейронних мереж, зокрема з: одношаровими нейронними мережами прямого поширення (Feedforward Neural Network, FNN); багатошаровими нейронними мережами прямого поширення (Multilayer perceptron, MLP); рекурентними нейронними мережами (Recurrent Neural Networks, RNN).

Крім того, універсальність програмного пакету MATLAB підтверджується можливістю розв'язання різних класів задач, зокрема: Pattern Recognition app – для класифікації образів; Fitting App – для апроксимації; Clustering app – для кластеризації; Time Series app – для прогнозування.

Висновки. Таким чином, дослідивши переваги, структуру інструментів створення нейронних мереж, можна зробити висновок, що програмний пакет MATLAB є універсальним інструментом для створення нейронних мереж з різними архітектурами. Він характеризується зручним графічним інтерфейсом користувача, великою кількістю вбудованих функцій та алгоритмів навчання, містить чимало вбудованих бібліотек для розв'язування задач різних класів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Погудіна, О. К. та ін. (2021). *Методологія формування інтелектуальної складової агентної системи рою безпілотних літальних апаратів*. Моногр. Харків. НАУ ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 219.
- [2] Бодянский, Е. В., Руденко, О. Г. (2004). *Искусственные нейронные сети: архитектуры, обучение, применения*. Моногр. Харьков. ТЕЛЕТЕХ, 2004, 372.
- [3] Бодянский, Е. В., Горшков, Е. В., Колодяжный, В.В. и др. (2005). Рекуррентный алгоритм обучения радиально-базисных нейронных сетей, основанный на приближительных множествах. *Радиоелектроніка. Інформатика. Управління*, 1, 116–122.
- [4] Забара, С. *Моделювання систем у середовищі MATLAB*. (2011). Ун-т “Україна”, 137.
- [5] Miguel, P.G. (2024, October 18). Charting the 19 Best Neural Network Software Of 2024. <https://thectoclub.com/tools/best-neural-network-software/>
- [6] University of Tübingen. (2002). Java Neural Network Simulator. <https://baibook.epfl.ch/exercises/supervisedLearningNN/JavaNNSmanual/JavaNNS-manual.html>.
- [7] Складанюк, В. М. (2022, 19 жовтня). Алгоритми синтезу радіально-базисних нейронних мереж. Кваліфікаційна робота. Тернопіль. <http://surl.li/vnxoor>.
- [8] Субботін, С.О. (2024, 20 жовтня). Програмні засоби для моделювання нейромереж. <http://surl.li/oriqwz>.

Vasylenko O.A., Shovkoshytnyi I.I.

PROBLEMS OF CHOOSING SOFTWARE FOR THE SYNTHESIS OF NEURAL NETWORKS

Abstract. The study considers the problems of choosing tools for creating neural networks from the point of view of solving practical problems. The software tools designed to create and model various architectures of neural networks are presented, and their main advantages are identified. The attention is focused on a universal tool for creating neural networks, namely, the MATLAB package with the Neural Network Toolbox extension package.

Keywords: neural networks; software; neural network architecture.

УДК 519.816

АЛГОРИТМ ПІДВИЩЕННЯ ПОКАЗНИКА УЗГОДЖЕНОСТІ МАТРИЦІ ПАРНИХ ПОРІВНЯНЬ

Кузніченко В.М.

Національний аерокосмічний університет ім. Н.С. Жуковського «ХАІ»

Україна, Харків

kuznichenkovm@gmail.com

Анотація. Актуальність теми зумовлена широким використанням матриць парних порівнянь у методах багатокритеріального аналізу рішень, зокрема в методі аналізу ієрархій. Вивчення їхньої узгодженості критично важливе для забезпечення надійності прийнятих рішень у різних сферах – від управління проектами до стратегічного планування. В роботі пропонується новий алгоритм підвищення узгодженості матриці парних порівнянь, що відрізняється від існуючих підходів у літературі та має потенціал покращити процеси прийняття рішень.

Ключові слова: експертні оцінки; ідеальні матриці порівнянь; індекс узгодженості Сааті; власні числа та власні вектори.

Вступна частина. На даний час серед методів вирішення завдань багатокритеріального вибору в умовах невизначеності велике поширення набули метод аналізу ієрархій (МАІ) [1], методи теорії нечітких множин [2], підхід заснований на теорії латентних змінних [3] та інші [4,5]. Кожен із зазначених методів має свої переваги та недоліки. Зокрема, недоліками МАІ є обмеження на кількість об'єктів, що одночасно порівнюються і припущення про взаємну незалежність критеріїв. Оскільки людські відчуття не можна виразити точною формулою, то при порівнянні кількох об'єктів транзитивна (порядкова) та кардинальна (кількісна) однорідність можуть бути порушені. Для оцінки однорідності суджень у методі аналізу ієрархій використовується індекс однорідності або відношення однорідності [1]. Особливу увагу привертає проблема узгодженості експертних оцінок у матрицях парних порівнянь. При використанні МАІ експерти часто стикаються з порушенням транзитивної та кардинальної узгодженості через природні обмеження людського сприйняття та оцінювання. Існуючі методи корекції узгодженості часто призводять до значної зміни початкових експертних оцінок, що може викривити початкову експертну інформацію.

Мета дослідження полягає у розробці алгоритму підвищення узгодженості матриць парних порівнянь, який дозволяє мінімізувати відхилення від початкових експертних оцінок при досягненні прийнятного рівня узгодженості.

Основна частина. На кожному кроці МАІ ми можемо отримувати матриці парних порівнянь (МПП), у яких індекс узгодженості знаходиться в межах від нуля до 0,1. А таких матриць $n+1$. В результаті похибка збільшується на кожному кроці, що може призвести до уникнення точного рішення. Щоб запобігти цьому пропонується зробити наступні дії:

Оскільки для однозначного відновлення МПП достатньо n порівнянь, тому вибираємо n рядків або стовбців та будуємо n узгоджених МПП.

Отримані МПП усереднюємо. Отримана таким чином МПП також є узгодженою зворотно-симетричною матрицею.

З отриманої матриці знаходимо вектор пріоритетів.

Запропонований алгоритм базується на наступних принципах:

1. Використання властивостей ідеально узгоджених матриць як еталону для корекції.
2. Збереження максимально можливої кількості початкових експертних оцінок.
3. Мінімізація загальної суми відхилень від початкових оцінок.

Алгоритм складається з наступних кроків:

1. Формування множини базових оцінок:
 - Вибір n найбільш надійних порівнянь;
 - Перевірка їх на мінімальну узгодженість;
 - Формування базової узгодженої підматриці.
2. Побудова множини узгоджених матриць:
 - Генерація n варіантів повних матриць;
 - Перевірка кожної на відповідність критеріям узгодженості;
 - Відбір матриць з прийнятним рівнем відхилення.
3. Синтез фінальної матриці:
 - Усереднення відібраних матриць;
 - Перевірка результуючої матриці на узгодженість;
 - Корекція елементів при необхідності.

Висновки. Експериментальна перевірка алгоритму на тестових матрицях показала:

- Зниження індексу неузгодженості на 30 - 50%;
- Збереження до 70% початкових оцінок;
- Стійкість результатів при різних наборах базових оцінок;
- Розроблено новий алгоритм підвищення узгодженості матриць парних порівнянь, що дозволяє зберігати максимальну кількість початкових експертних оцінок;
- Експериментально підтверджено ефективність запропонованого підходу на різних типах матриць парних порівнянь;
- Визначено обмеження та напрямки подальшого вдосконалення алгоритму.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Saaty, T. L. (1980). *The analytic hierarchy process: Planning, priority setting, resource allocation*. McGraw-Hill.
- [2] Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8(3), 338-353.
- [3] Fischer, G. H., & Molenaar, I. W. (Eds.). (1997). *Rasch models: Foundations, recent developments, and applications*. Springer.
- [4] Лапшин, В. І., Кузніченко, В. М., & Стеценко, Т. В. (2013). Критеріальний метод аналітичної стохастичної процедури підтримки прийняття рішень. *Бізнес Інформ*, 7, 80-84.
- [5] Lootsma, F. A., & Schuijt, H. (1997). The multiplicative AHP, SMART and ELECTRE in a common context. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 6(4), 185-196.

Kuznichenko V.M.

ALGORITHM FOR INCREASING THE ACCURACY INDEX OF THE MATRIX OF PAIRED COMPARISONS

Abstract. The relevance of this topic is due to the widespread use of pairwise comparison matrices in multi-criteria decision analysis methods, particularly in the Analytic Hierarchy Process. Studying their consistency is crucial for ensuring the reliability of decisions made in various fields - from project management to strategic planning. This paper proposes a new algorithm for improving the consistency of pairwise comparison matrices, which differs from existing approaches in the literature and has the potential to enhance decision-making processes.

Keywords: expert evaluations; ideal matrices of comparisons; Saati consistency index; eigenvalues and eigenvectors.

ВИКОРИСТАННЯ ІГРОВИХ РУШІЇВ ДЛЯ ОПРАЦЮВАННЯ І ВДОСКОНАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ/ПОВЕДІНКОВИХ МОДЕЛЕЙ ОБ'ЄКТІВ У ФІЗИЧНОМУ ПРОСТОРИ

Магеровський Дмитро Вікторович¹

¹ Національний університет «Львівська Політехніка»

¹ Україна, Львів

¹ dmytro.v.maherovskyi@lpnu.ua; ² <https://orcid.org/0000-0002-0640-7827>

Анотація. *Описано проблеми із якими стикається науковець, що прагне розробити математичні або поведінкові моделі для складних об'єктів реального світу, таких як FPV дрони, автомобілі або інші рухомі об'єкти, на які поширюються закони фізики тіл. Запропоновано використання ігрових рушіїв (таких як Unity 3D, Unreal Engine) для емулявання певних дій над об'єктом, із урахуванням його фізичних властивостей. На прикладі роботи із спрощеною моделлю FPV дрона продемонстровано приклад ітеративної розробки матмоделі.*

Ключові слова: *фізичне тіло; математична модель; ігровий рушій; FPV; Unity 3D; Unreal.*

Вступна частина. У зв'язку із стрімким розвитком технологій ШІ у світі, виникає підвищений попит на його впровадження у всі сфери сучасного життя. Від так, окрім програм у смартфоні, вебсайтів, чи інших подібних форматів впровадження ШІ – попит на розробку моделей торкається і таких об'єктів, як автомобілі, безпілотні літальні апарати, тощо – фактично об'єктів на які поширюються фізичні властивості при взаємодії з ними. Це можуть бути сили тяжіння, тертя, опору, та інші. Особливістю роботи із такими системами, особливо це стосується студентів або науковців-початківців, є високий ціновий поріг входження. Наприклад, дешевий автомобіль, а також його модифікація різними сенсорами може обійтися у декілька тисяч доларів або більше. БПЛА в середньому коштує 300 – 500\$ [1], проте його легко втратити чи знищити в ході проведення експериментів. Для забезпечення реалізації ідей науковця за умови обмежених ресурсів, можливо використання середовищ що симулюють певні фізичні закони, а також дозволяють не турбуватися за ціну обладнання [2]. На сьогодні, такими властивостями володіють сучасні відеоігрові рушії, такі як Unity 3D, або Unreal Engine 5 [3].

Метою дослідження є продемонструвати переваги використання сучасних ігрових рушіїв для створення інтерактивного середовища проведення експериментів над математичною моделлю певної властивості об'єкта фізичного тіла.

Основна частина. Принцип моделювання не є новим у інженерії. Так моделювання – це вивчення об'єкта шляхом створення та дослідження його копії (моделі), яка за своїми властивостями відтворює властивості об'єкта, що досліджується. Іноді дослідження за допомогою моделей є єдино можливим способом експериментального вивчення технологічних процесів [4]. У випадку розроблення математичної моделі для роботи із методами та засобами штучного інтелекту, моделювання відіграє ключову роль, оскільки одні і ті самі експерименти можуть повторюватися незліченну кількість разів із мінімальними змінами – все для досягнення оптимального результату. Розробка математичних моделей для об'єктів фізичних тіл стикається із наступними проблемами:

- Не всі властивості реального об'єкту необхідні для опрацювання;

- Обмеження ресурсів на розробку не дає можливість отримати незліченну кількість об'єктів, таких як автомобіль або FPV дрон;
- Вихід з ладу або втрата об'єкта дослідження може призвести до затримок у науковому процесі;
- Складність ітеративної розробки матмоделей, коли необхідно одразу враховувати велику кількість вхідних параметрів.

Одним із методів економії ресурсів науковця, а також спрощення розробки матмоделей, може бути використання ігрових рушіїв. Так, ігровий рушій – це програмний рушій, центральна програмна частина будь-якої відеогри, яка відповідає за всю її технічну сторону, дозволяє полегшити розробку гри шляхом уніфікації та систематизації її внутрішньої структури. До функціоналу ігрових рушіїв входять рушій рендерингу («візуалізатор»), фізичний рушій, звук, система скриптів, та інші компоненти [5]. Найбільш використовуваними ігровими рушіями на даних момент є Unity 3D та Unreal Engine [3].

Враховуючи той факт, що одним із компонентів рушія є фізичний рушій – науковець економить свої ресурси на створення фізичної моделі реального світу. Для науковця залишається необхідним наділити свій об'єкт реальними фізичними властивостями, такими як вага, опір вітру, тощо. Маючи рушій рендерингу – можливе емулявання та вирішення таких задач як розпізнавання образів, та інших, що потребують роботу камери. Знову ж таки, без ризику втрати дороговартісного обладнання.

Зважаючи на те, що рушій Unreal Engine нативно підтримує мову Python [6], а також те, що мова Python є стандартом індустрії для вирішення задач машинного навчання та іншого ШІ-моделювання [7] – для науковця відкривається нативний засіб тестування ефективності його моделей.

В якості прикладу буде продемонстровано використання рушія Unreal для вирішення наступної задачі: розпізнавання оперативної границі з допомогою FPV.

На рисунку 1 зображена візуалізація того, що ми хочемо досягти у реальному житті.



Рис. 1. Концепт-арт візуалізації границь зони очима БПЛА

На рисунку 2 зображена емуляція процесу розпізнавання границі (в цьому випадку дороги) з допомогою ігрового рушія.



Рис. 2. Демонстрація емулявання процесу розпізнавання дороги у ігровому рушії Unreal

Як видно з рисунку 2 – модель можна починати розробляти а також навчати у дещо спрощених умовах: відсутності візуальних шумів, меншої кількості об'єктів, більш виражений контраст. При цьому експериментально наш «FPV» може рухатися по карті, виконувати різноманітне маневрування тощо, з метою опрацювання власне навігування у просторі. Також у цьому випадку доречним є застосування ітеративної розробки [8] – до прикладу ми можемо додати інтенсивне освітлення, для того щоб у камери було більше зовнішніх шумів які необхідно профільтрувати. Дане ускладнення зображено на рисунку 3.

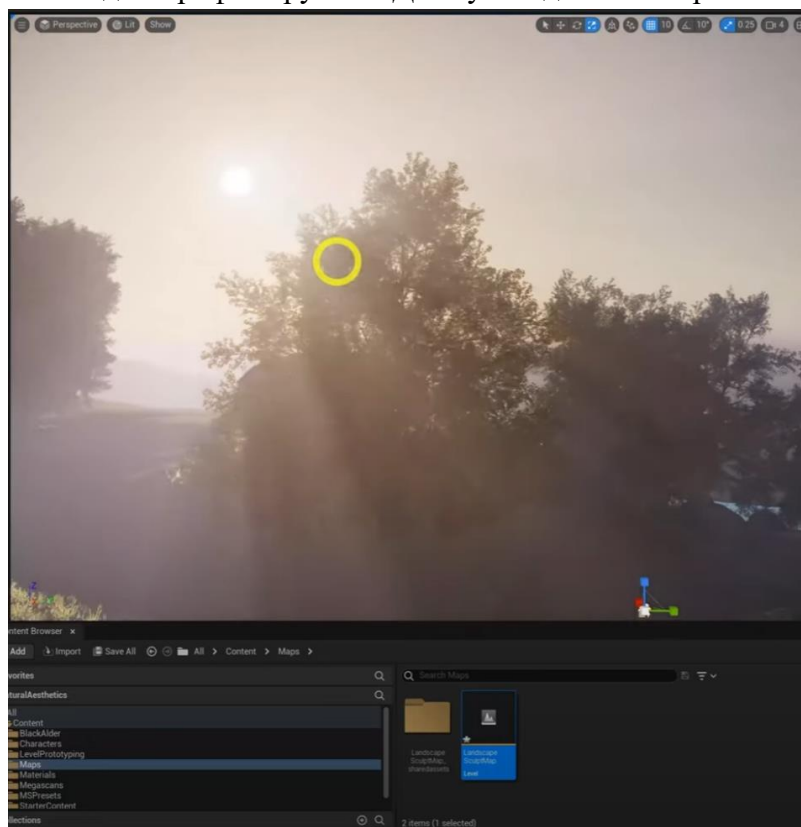


Рис. 3. Ітеративна розробка – ускладнення процесу розпізнавання бажаного об'єкту з допомогою освітлення

Висновки. Використання ігрових рушіїв у наукових проектах може мати свої переваги як у процесі налагодження математичної моделі та її навчання, так і для економії фінансових та трудових ресурсів науковців у досягненні поставленої цілі. Сучасні ігрові рушії містять велику кількість емуляції реального світу, що дозволяє почати роботу над об'єктами фізичного тіла із низьким порогом входу. Для складних математичних моделей з'являється можливість їх ітеративного розвитку без остраху що до втрати дорогоцінного обладнання. У майбутньому навчені моделі ігрового рушія можна використовувати як основу для тестування реальних об'єктів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Transparency International Ukraine. (2024, January 8). *Drones for budget money*. Transparency International Ukraine. <https://ti-ukraine.org/en/news/drones-for-budget-money/>
- [2] Oliver, J. H., & Myers, R. T. (2015). *Game engines in scientific research*. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/278232144_Game_engines_in_scientific_research
- [3] GameFromScratch. (2024, January 29). *Game engine popularity in 2024*. GameFromScratch. <https://gamefromscratch.com/game-engine-popularity-in-2024/>
- [4] Ужгородський Національний університет. (2020, February 3). *Сутність методу моделювання як науковий процес пізнання. Особливості наукового пізнання*. Ужгородський Національний університет. <https://www.uzhnu.edu.ua/en/infocentre/get/25551/>
- [5] Draw & Code. (2023, April 25). *What is a game engine? An essential overview for beginners*. Draw & Code. <https://drawandcode.com/learning-zone/what-is-a-game-engine/>
- [6] Epic Games. (n.d.). *Scripting the Unreal Editor using Python*. Epic Games. <https://dev.epicgames.com/documentation/en-us/unreal-engine/scripting-the-unreal-editor-using-python>
- [7] Harvard University. (n.d.). *Machine learning and AI with Python*. Harvard University. <https://pll.harvard.edu/course/machine-learning-and-ai-python>
- [8] TechTarget. (2023, June). *What is iterative development?* TechTarget. <https://www.techtarget.com/searchsoftwarequality/definition/iterative-development>

Dmytro Maherovskyi

Using game engines to develop and improve mathematical/behavioral models of objects in physical space

Abstract. Challenges which are faced by scientists seeking to develop mathematical or behavioral models for complex real-world objects such as FPV drones, cars, or other moving objects governed by the laws of physical physics are described. It is proposed to use game engines (such as Unity 3D, Unreal Engine) to emulate certain actions on the object, considering its physical properties. An example of iterative development of a mat model for a simplified FPV drone model, an example is demonstrated.

Keywords: physical body; mathematical model; game engine; FPV; Unity 3D; Unreal.

УДК 004.8:004.43:378

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ ПРИ ПОБУДОВІ МОДЕЛЕЙ ТРИВАЛОСТІ ПРОЄКТІВ СТВОРЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Приходько С.Б.¹, д.т.н., проф.; Кудін О.О.¹, к.т.н.

¹Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Україна, Миколаїв

¹sergiy.prykhodko@nuos.edu.ua; ¹oleg.kudin@nuos.edu.ua

Анотація. В наш час розробники програмного забезпечення використовують математичні моделі часу виконання проєктів, основані на історичних даних. Але вони мають незадовільні показники якості. Для покращення показників якості означених моделей запропоновано перед побудовою моделі розділити загальний набір даних на кластери та побудувати моделі для кожного з них.

Ключові слова: регресійний аналіз; регресійні моделі часу проєктів; кластерний аналіз; метод K-Means; ітеративні методи кластеризації.

Вступна частина. В наш час при плануванні розкладу проєктів використовуються математичні моделі тривалості проєктів, які базуються на історичних даних. Наприклад, такі моделі, як СОСОМО, СОСОМО II або ISBSG. Практика показує, що використання історичних даних дозволяє побудувати означені моделі, але ці моделі мають низкі показники якості – середню величину відносної похибки MMRE та процент передбачених значень Pred(0,25). Одним зі способів покращення моделей і, відповідно, їх показників якості є розподіл загального набору даних на кластери та побудова моделі для кожного кластера [1].

Мета роботи. Метою дослідження є перевірка можливостей розбиття відомих наборів даних з програмних метрик на окремі кластери та побудова регресійних моделей для кожного з кластерів.

Основна частина. Для прогнозування тривалості нових проєктів програмного забезпечення (далі – проєктів ПЗ) сьогодні зазвичай використовують методи регресійного аналізу, які дозволяють побудувати регресійні моделі тривалості в залежності від трудомісткості на основі баз даних виконаних проєктів. При використанні означених баз даних слід мати на увазі, що різні проєкти мали різні значення трудомісткості та, відповідно, тривалості. Проєкти ПЗ створювались з використанням різних мов програмування та були призначені для вирішення задач відмінних за обсягами та складністю обчислень. Відповідно, побудовані регресійні моделі мали незадовільні показники якості. Підвищити показники якості регресійних моделей можна завдяки розподілу даних по групах відповідно до трудомісткості і часу виконання, а потім побудувати моделі для кожної групи окремо. Для вирішення цієї задачі є сенс використати методи кластерного аналізу.

В наш час для кластеризації даних часто використовують метод K-Means [1, 2]. Перевагою методу є проста реалізація. Але при його використанні потрібно заздалегідь визначити кількість кластерів, що в деяких випадках проблематично. Також були випадки коли кластери частково перетинались між собою. Тому існує актуальна проблема щодо визначення можливостей та обмежень використання методу K-Means при кластеризації бази даних проєктів ПЗ відповідно до трудомісткості і часу виконання.

Для вимірювання відстані між об'єктами в методі K-Means при кластеризації зразків з безперервними ознаками використовується квадратична евклідова відстань між двома точками x та y в m -вимірному просторі:

$$d(x, y)^2 = \sum_{j=1}^m (x_j - y_j)^2 = \|x - y\|_2^2,$$

де j відноситься до j -ого виміру (стовпчику ознаки) вхідних зразків x та y .

Якщо брати за основу метрику евклідової відстані, то алгоритм K-Means можна описати як просту задачу оптимізації – ітераційний підхід для мінімізації внутрикластерної суми квадратичних похибок (Sum of Squared Errors – SSE)

$$SSE = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k w^{(i,j)} \|x^{(i)} - \mu^{(j)}\|_2^2,$$

де $\mu^{(j)}$ – репрезентативна точка (центроїд) для кластера j ; $w^{(i,j)} = 1$, якщо зразок $x^{(i)}$ знаходиться в кластері j , та $w^{(i,j)} = 0$ в іншому випадку.

Для виявлення мінімального значення SSE потрібно виконати декілька ітерацій кластеризації набору даних починаючи з $k = 1 + p$ при $p = 0, 1, 2, \dots, p_{max}$. Припинення ітерацій ($k = p_{max}$) відбудеться, коли SSE перестане змінюватись.

Алгоритм методу має простий вигляд:

1. Перед обчисленням дослідник призначає кількість кластерів (k);
2. Випадково призначаються центроїди (центроїдами називають центральні точки відповідних кластерів) кожному з k кластерів;
3. Обчислюється відстань усіх спостережень до кожного з k центроїдів;
4. Призначаються спостереження до найближчого центроїда;
5. Знаходиться нове розташування центроїда, взявши середнє значення всіх спостережень у кожному кластері;
6. Повторюйте кроки 3 – 5, доки центроїди не змінять положення.

В дослідженні було використано відомий набір даних ISBSG6 [3] для персональних комп'ютерів (PC), який використовували багато авторів [3]. Він складається з даних 52 проєктів ПЗ. В наборі даних є такі параметри проєктів: час виконання проєктів (місяці); трудомісткість виконання проєктів (людино-години); тип комп'ютерів (MF – мейнфрейм, MR – комп'ютери середнього класу, PC – персональні комп'ютери).

За значенням SSE було визначено, що статистичну вибірку можна розділити на 2 кластери (рис. 1).

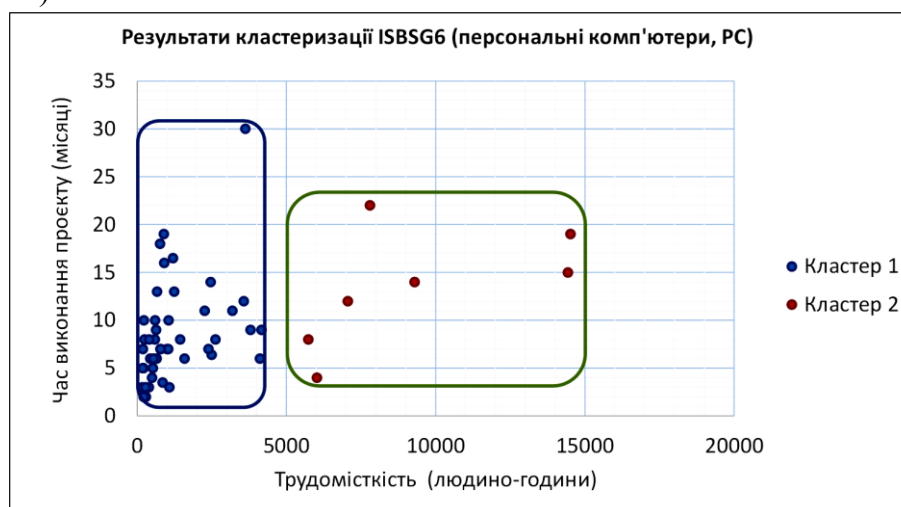


Рисунок 1 – Результати кластеризації статистичної вибірки ISBSG6 (PC)

На рис. 1 можна побачити, що вибірка розділена на 2 кластери, які не перетинаються між собою. Отже, існує дві групи проєктів ПЗ з різними значеннями трудомісткості робіт. Для цих груп можна побудувати дві окремі регресійні моделі.

При проведенні дослідження було побудовано дві регресійні моделі для кластера 1 (рис. 1) з використанням нормалізуючого перетворення на основі десяткового логарифму (рис. 2) та одновимірного перетворення Джонсона сімейства S_B (рис. 3).

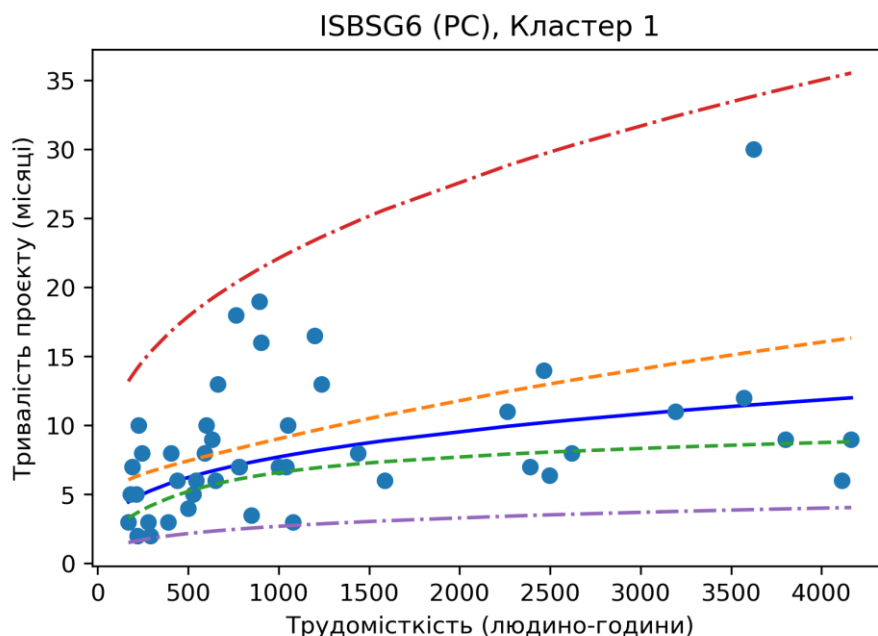


Рисунок 2 – Регресійна модель тривалості проєктів ПЗ, побудована з використанням нормалізуючого перетворення на основі десяткового логарифму

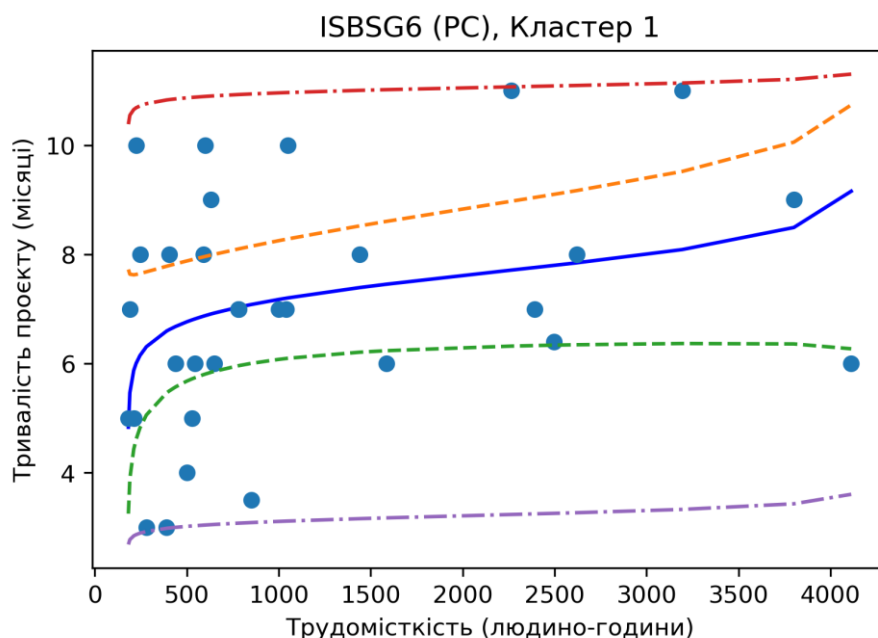


Рисунок 3 – Регресійна модель тривалості проєктів ПЗ, побудована з використанням одновимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сімейства S_B

Для регресійної моделі тривалості проєктів ПЗ, побудованої з використанням нормалізуючого перетворення на основі десяткового логарифму, отримано значення $MMRE = 0,433$ та $Pred(0,25) = 0,333$. Для регресійної моделі тривалості проєктів ПЗ,

побудованої з використанням одновимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сімейства S_B , отримано значення $MMRE = 0,285$ та $Pred(0,25) = 0,645$.

Висновки. Проведене дослідження показало, що є такі набори даних з програмних метрик, які можна розділити на окремі кластери та побудувати регресійні моделі для кожного з кластерів окремо. А при використанні одновимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сімейства S_B отримати кращі показники якості у порівнянні з використанням нормалізуючого перетворення на основі десятичного логарифму.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Prykhodko, S. B., Prykhodko, N. V. (2023). *Building Nonlinear Regression Models for Estimating the Number of Clusters and Their Initial Centroids IEEE, 18th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), 2023.*
- [2] Rogel-Salazar, J. (2023, July 21). Getting started with K-means clustering in Python. <https://domino.ai/blog/getting-started-with-k-means-clustering-in-python>
- [3] Oligny, S., Bourque, P., Abran, A., Fournier, B. (2000). *Exploring the relation between effort and duration in software engineering projects, World Computer Congress, Aug. 2000.*

Prykhodko S.B.; Kudin O.O.

THE USE OF CLUSTER ANALYSIS METHODS IN THE CONSTRUCTION OF MODELS OF THE DURATION OF SOFTWARE DEVELOPMENT PROJECTS

Abstract. Nowadays, software developers use mathematical models of project execution time based on historical data. But they have unsatisfactory quality parameters. To improve the quality of the specified models, it is proposed to divide the general data set into clusters before building the model and build models for each of them.

Keywords: regression analysis; regression models of project time; cluster analysis; K-Means method; iterative clustering methods.

УДК 004.9

МОДЕЛЮВАННЯ ТА СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ СТРАТЕГІЙ ГРАВЦІВ В АЗАРТНИХ КАРТКОВИХ ІГРАХ

Іванчик Д. П.¹; Коряшкіна Л. С., к.ф.м.н., доц.²^{1,2}Національний технічний університет “Дніпровська політехніка”^{1,2}Україна, Дніпро¹Ivanchyk.D.P@nmu.one; ²ORCID: 0000-0001-6423-092X

Анотація. У роботі досліджуються питання вибору стратегії гри в блекджек з акцентом на використання математичного моделювання і методу підрахунку карт для підвищення шансів гравця на перемогу. Наведено історію розвитку блекджека, основні правила гри, різні її версії (з одноколодним і багатоколодним варіантами). Особливу увагу приділено стратегії підрахунку карт Hi-Lo, її перевагам і складнощам. Розглянуто математичні моделі гри, які розроблено для дослідження ефективності стратегій гравців. Результати дослідження існуючих підходів демонструють можливість мінімізації ризиків та збільшення ймовірності виграшу в блекджеку шляхом залучення методів статистичного аналізу і математичного моделювання.

Ключові слова: блекджек; підрахунок карт; азартні ігри; математичне моделювання; стратегії.

Вступна частина. Блекджек, як одна з найпопулярніших азартних ігор, поєднує в собі елементи випадковості та стратегічного мислення, що робить його об'єктом інтересу як для гравців, так і для дослідників (Baldwin et al., 1956; Friscolanti, 2009). Гра має глибоке історичне коріння, починаючи з XVII століття, коли її аналоги з'явилися у Франції під назвою «Vingt-et-Un» (Двадцять одне) і в Іспанії. Історично блекджек еволюціонував, набувши популярності в казино США 1931 року, коли азартні ігри було легалізовано в Лас-Вегасі (Osborne, 2004). Пізніше, у 1960-х роках, завдяки дослідженням математика Едварда Торпа, блекджек став об'єктом глибокого математичного аналізу. Торп запропонував стратегію підрахунку карт, яка суттєво змінила підхід до гри, даючи змогу гравцям передбачати ймовірність виграшу (Thorp, 1969). Відтак, блекджек перетворився на складну гру, де успіх залежить не тільки від удачі, а й від стратегічних рішень, зокрема підрахунок карт. В умовах сучасного блекджека, доступного як у наземних, так і в онлайн-казино, застосування таких стратегій залишається актуальним, оскільки зумовлено не лише економічними аспектами – можливістю підвищення шансів на виграш, а й науковим інтересом до використання математичних моделей в азартних іграх.

Мета дослідження. Метою дослідження є вивчення стратегій гравців у блекджек за допомогою математичних моделей і статистичного аналізу. Основна увага приділяється розробці методу підрахунку карт, що дозволяє гравцям отримати перевагу над казино, та аналізу ефективності стратегії в різних умовах гри. Для досягнення цієї мети використовуються методи моделювання і статистичного аналізу, які допомагають виявити оптимальні стратегії для підвищення ймовірності виграшу. У роботі досліджується питання, як комбінація випадкових подій і стратегічних рішень впливає на результат гри.

Основна частина. Основні правила гри: гравець намагається набрати кількість очок, найближчу до 21, не перевищуючи це значення. Гра ведеться проти дилера, а гравці можуть використовувати різні стратегії, щоб оптимізувати свої шанси на виграш. У сучасних казино використовуються як одноколодні, так і багатоколодні варіанти гри, що впливає на складність застосування стратегій.

Блекджек класифікується за кількістю колод (одноколодний або багатоколодний) і варіантами правил, які можуть включати можливість поділу пар (спліт) або подвоєння ставки

(дабл). Одноколодні версії надають гравцям більше можливостей для підрахунку карт, тоді як багатоколодні варіанти значно ускладнюють цю стратегію. Дилери можуть зупинятися на «м'яких» 17, або брати додаткові карти, що також впливає на стратегію гри.

Однією з причин популярності блекджека є низька перевага казино порівняно з іншими азартними іграми. Це дає можливість гравцям застосовувати свої стратегії підрахунок карт і знижувати перевагу казино до мінімуму – близько 0,5%. Саме стратегічна глибина гри робить блекджек привабливим об'єктом для досліджень.

Найвідомішою стратегією є система Hi-Lo. Коли в колоді залишається більше карт високого номіналу, ймовірність виграшу гравця зростає, і він може збільшувати ставки. Якщо залишилося більше низьких карт, гравцеві слід зменшити ставки або утриматися від ризикованих рішень. Існують також інші системи підрахунку карт, такі як КО (Knock-Out) і Omega II. КО є спрощеною версією Hi-Lo і не вимагає коригування для кількості колод, що робить її доступною для новачків, але менш точною. Omega II використовує складніші числові значення для різних карт, що підвищує точність, але вимагає більше зусиль від гравця.

Математичне моделювання дає змогу протестувати різні стратегії в контрольованому середовищі та оцінити їхню ефективність. Використання статистичних методів для моделювання гри допомагає виявити оптимальні стратегії та оцінити ризики, що дає змогу гравцям ухвалювати більш обґрунтовані рішення під час гри.

Висновки. Проведене дослідження показує, що використання стратегій підрахунку карт у поєднанні з математичним моделюванням значно збільшує шанси гравця на перемогу в блекджеку. Такі підходи дають змогу не тільки мінімізувати вплив випадкових чинників, а й перетворити гру на більш прогнозовану та керовану.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Baldwin, R, Cantey, W, Maisel, H, & McDermott, J. (1956). *The Optimum strategy in Blackjack*. Journal of the American Statistical Association, 51(275), 429-439.
- [2] Friscolanti, M. (2009). Don't count on it. *Review of the International Statistical Institute*, 122(8). <http://web.ebscohost.com/>.
- [3] Osborne, M. (2004). *An introduction to game theory*. Oxford, New York. 457 p.
- [4] Thorp, E. (1969). Optimal gambling systems for favorable games. *Review of the International Statistical Institute*, 37(3), <http://www.jstor.org/stable/1402118>.

Ivanchyk D.P., Koriashkina L.S.

Modeling and statistical analysis of player strategies in gambling card games

Abstract. This paper explores the issues of strategy selection in blackjack, emphasizing the use of mathematical modeling and card counting methods to enhance the player's chances of winning. It provides a history of the development of blackjack, the basic rules of the game, and its various versions (single-deck and multi-deck variants). Special attention is given to the Hi-Lo card counting strategy, its advantages, and challenges. The paper discusses mathematical models of the game developed to investigate the effectiveness of player strategies. The results of the study of existing approaches demonstrate the potential to minimize risks and increase the probability of winning in blackjack by employing statistical analysis and mathematical modeling methods.

Keywords: blackjack; card counting; gambling; mathematical modelling; strategies.

УДК 004.94

ПЕРСПЕКТИВИ РОБОТОТЕХНІКИ В МОРСЬКІЙ ГАЛУЗІ

Рубльов І.С.

Одеський національний морський університет

Україна, Одеса

rublev@onmu.org.ua

Анотація В роботі розглянуто сучасні програмні засоби розробки та керування підводними та надводними апаратами, симулятори розробки морських роботів, існуючі моделі сенсорів, формати опису роботів та зовнішнього середовища.

Ключові слова: робот; морський дрон; підводні та надводні апарати; UUV; AUV; ROV; ASV; ROS; Gazebo; Open-RMF; NMEA; лідар; гіроскоп.

Вступна частина. Проектування та створення морських роботів є одною з актуальних задач в сучасному світі. Важливість проектування та створення нових роботів во всіх сферах сучасного суспільства пов'язана по-перше з скороченням працездатного населення, по-друге з потребою скорочення витрат на масове виробництво.

Сучасний стан результатів досліджень та існуючих проектів морських роботів та дронів представлено на ряді інтернет-ресурсів. В першу чергу це проекти ROS Maritime Robotics Working Group.

Метою дослідження є огляд основних напрямів в створенні морських роботів, програмних засобів розробки та керування моделями таких роботів, існуючих симуляторів та моделей водного простору, наявності моделей сенсорів та актуаторів. Матеріали роботи мають стати основою виборної дисципліни магістерського курсу.

Основна частина. Передусім визначимо класи роботів, що буде розглянуто. По-перше це моделі проекту Open Robotics Middleware Framework (Open-RMF) [1] — безкоштовної модульної системи з відкритим кодом, яка забезпечує спільний доступ і взаємодію між декількома групами роботів та фізичною інфраструктурою, такою, як двері, ліфти та системи керування будівлями. Платформу було визнано лауреатом премії RBR50 Robotics Innovation Award 2021. Open-RMF було розроблено для галузі охорони здоров'я, але вона актуальна і корисна для аеропортів, морських портів, торгових центрів, фабрик, дистрибуторських центрів тощо. Проект надає різні демонстраційні проекти, які можна спробувати. Open-RMF забезпечує взаємодію різнорідних груп роботів під час керування трафіком. Проект дозволяє розподіл завдань та вирішення конфліктів між учасниками (усунення конфліктів на смугах руху та інших ресурсів).

По-друге, це моделі безпілотних підводних апаратів (Unmanned Underwater Vehicle або UUV) та більш складних автономних підводних апаратів (Autonomous Underwater Vehicle або AUV), дистанційно керовані апарати (Remotely operated vehicles або ROV), автономних надводних апаратів (Autonomous surface vehicle або ASV), підводні роботи для обстежень, ремонту та будівництва.

Для здійснення комп'ютерного моделювання існують декілька симуляторів загального призначення різного ступеню довершеності. Найбільш відомими є CoppeliaSim, Gazebo та Unity. Порівняння та переваги цих симуляторів розглянуто в [2]. Але в більшості існуючих проектів морських роботів та дронів користуються симулятором Gazebo. Для нього розроблено водні середовища, моделі морського дна, роботів та дронів. Сюди ми можемо віднести також моделі водного середовища [3]. Це рівномірні та градуйовані сили плавучості

для моделювання поверхонь розділу густини рідини, моделювання гідродинамічних сил для підводних суден, включаючи додану масу, водні течії, лінійне та квадратичне демпфування та ефект Коріоліса. Підтримка цифрових карт висоти (DEM) для завантаження геометрії рельєфу морського дна, врахування поля поверхневих хвиль.

Реалізовано такі актуатори, як двигуни, механічний міхур як двигун плавучості підводного судна, підрулююча установка для кораблів і підводних суден.

В пакетах ROS реалізовано 66 датчиків, серед них загальний доплерівський реєстратор швидкості (DVL) з підтримкою відстеження дна та водної маси. Розташування його пучків можна конфігурувати; гідрофони; датчики орієнтації та руху; датчики пристроїв NMEA, що виводять дані супутникової навігації (GPS або ГЛОНАСС); камер машинного зору та PTZ (Pan-tilt-zoom) камер з віддаленим керуванням напрямом та зумом; драйвери для пристроїв Ouster lidar та Velodyne 3D lidar; драйвери OMRON OS32C laser scanner; навігаційні пристрої INS та SPAN, які використовують акселерометри, гіроскопи, можливо, магнітометри та комп'ютер для розрахунку положення, швидкості та швидкості в складних умовах. [4]

Системи комунікації: акустична система зв'язку, моделювання зіткнення пакетів і їх скидання.

	CoppeliaSim	Gazebo	Unity
Physics Engine	- Bullet - ODE - Vortex - Newton	- Bullet - ODE - Sim-body - Dart	- PhysX
Supported Languages	- remote API - ROS nodes - BlueZero nodes - Plugins - Add-ons - Embedded Scripts	- Plugins C++ - API C++	- C#
Utility and Usability	- High	- Medium	- Low
VR Compatibility	- VR devices (HTC Vive and Oculus Rift)	- VR/AR devices (HTC Vive, Oculus Rift, Microsoft HoloLens, Gear VR...)	- VR/AR devices (HTC Vive, Oculus Rift, Microsoft HoloLens, Gear VR...)

Рис.1 Порівняння CoppeliaSim, Gazebo та Unity [2]

Найбільш важливими матеріалами є ROS Discourse з матеріалами тематичних зборів та github-репозиторій ROS Maritime Robotics Working Group, який надає чотири репозиторії: community, awesome-maritime-robotics, maritime_interfaces та issue_tracking, які містять ряд проектів надводних та підводних дронів.

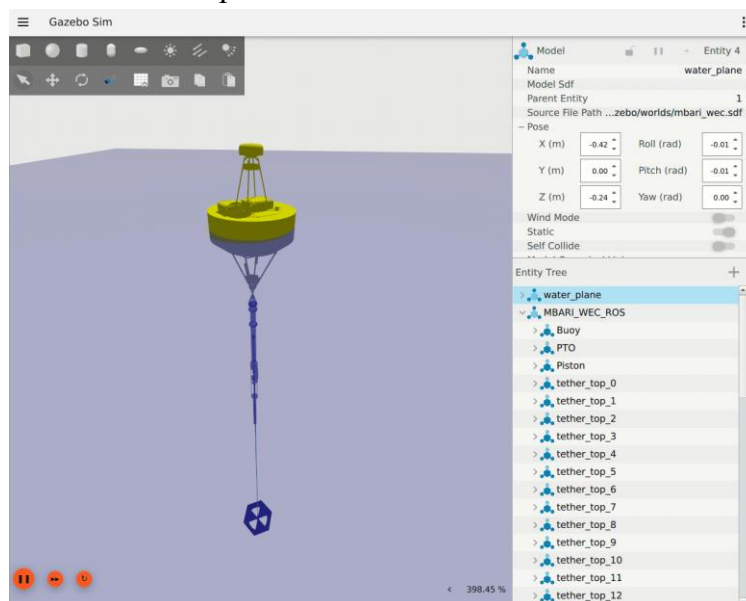


Рис.2 Проект буя для збирання хвильової енергії.

Поряд з симуляторами роботів та їх оточуючого світу важливою складовою є операційна система робота ROS2. Вона дає можливість розширеного керування роботом, проектувати взаємодію різних частин та рівней робота, узгодження дій роботів або дронів в рої.

Слід зазначити, що інженерам –проектувальникам недостатньо створити проект пристрою в САПР (наприклад в SolidWorks), але потрібно додати до суто геометричних параметрів роботу певну кількість «фізичних» параметрів, таких як маса кожної частини, центр та момент інерції, визначити властивості поверхні (наприклад, твердість).

Ці дані поєднуються в XML файл формату URDF (Unified Robot Description Format). Саме такі файли включають фізичний опис робота. Це опис тривимірної моделі робота з інформацією про зчленування, двигуни, масу і т. і.

Саме такі файли можуть сприйматися операційною системою робота (ROS) та симуляторами. Крім того існують файли формату SDFFormat (Simulation Description Format, іноді скорочено SDF), що описують об'єкти та середовища для симуляторів роботів, візуалізації та управління. Як приклад наведемо дослідження в симуляторі HoloOcean [5]:

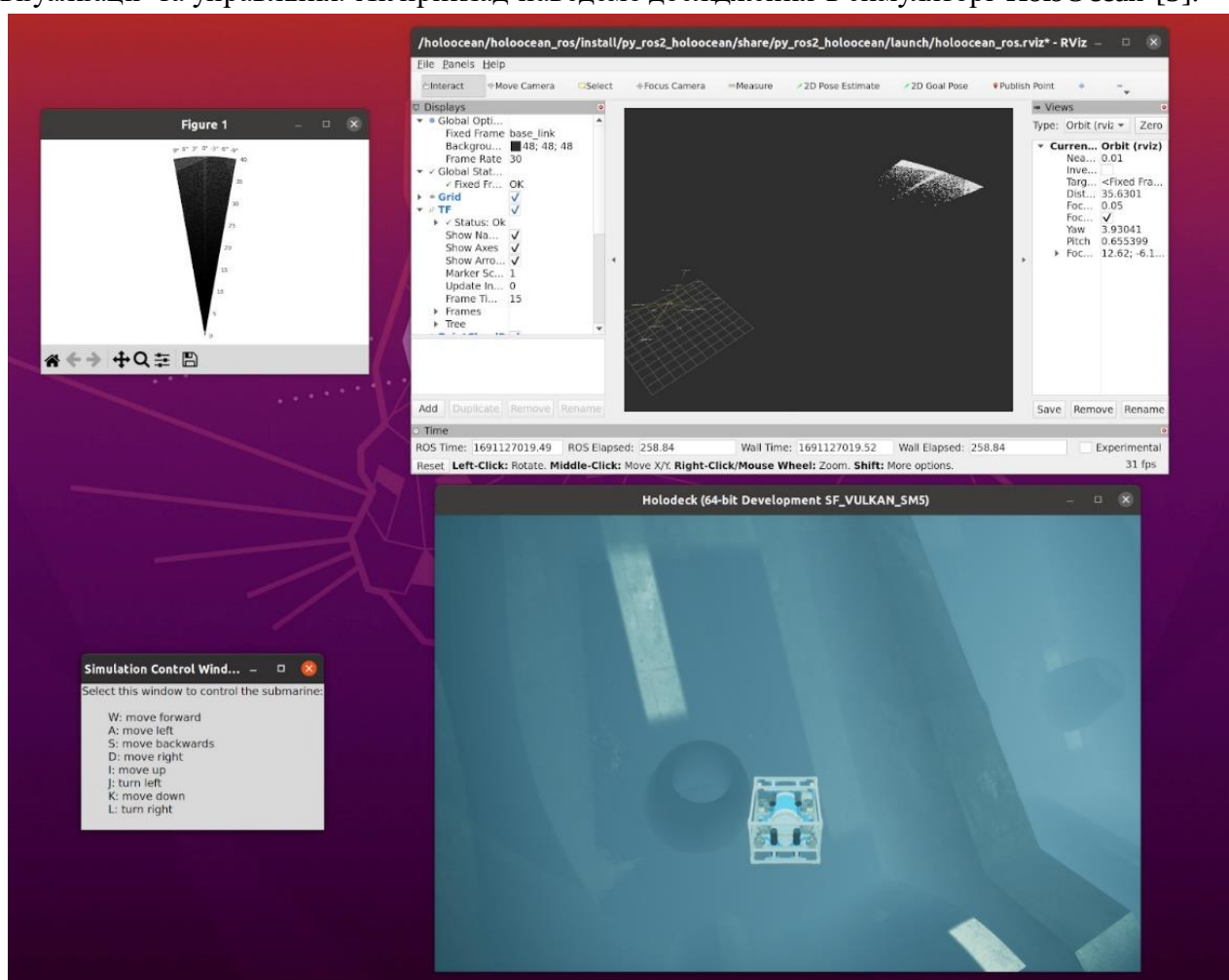


Рис.3. Демонстрація симулятора holocean [5]

Висновки: Саме надійно реалізований зв'язок між ROS2 та Gazebo дає можливість вивчення основ робототехніки магістрами 122 спеціальності морського вузу, звернувши їх увагу на дуже важливий сучасний напрям комп'ютерних наук. Це може бути основою для подальшої більш серйозної роботи аспірантів РНД та спільних проектів з інженерами інших спеціальностей: кораблебудівників, портового технологічного обладнання, морських і річкових портів та водних шляхів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] *Open-RMF. A Common Language for Robot Interoperability.* <https://www.open-rmf.org/>
- [2] Buonocore, S., Grazioso, S., Di Gironimo, G. (2022). Virtual Teleoperation Setup for a Bimanual Bartending Robot. In: De Paolis, L.T., Arpaia, P., Sacco, M. (eds) *Extended Reality. XR Salento 2022. Lecture Notes in Computer Science*, vol 13446. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-15553-6_22
- [3] *Gazebo Maritime simulation.* <https://staging.gazebosim.org/projects/maritime>
- [4] *ROS device drivers.* <https://github.com/ros-drivers>
- [5] Potokar, E.R., Ashford, S., Kaess, M., & Mangelson, J.G. (2022). HoloOcean: An Underwater Robotics Simulator. *2022 International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, 3040-3046. <https://doi.org/10.1109/ICRA46639.2022.9812353>

Rublov I.S.

Prospects of robotics in the marine industry

Abstract. *The work examines modern software tools for the development and management of underwater and surface vehicles, simulators for the development of marine robots, existing models of sensors, formats for describing robots and the external environment.*

Keywords: *robot; marine drone; underwater and surface vehicles; UUV; AUV; ROV; ASV; ROS; Gazebo; Open-RMF; NMEA; lidar; gyroscope.*

ОЦІНЮВАННЯ РОЗМІРУ JAVA-ЗАСТОСУНКІВ ЗА ТРЬОХФАКТОРНОЮ НЕЛІНІЙНОЮ РЕГРЕСІЙНОЮ МОДЕЛЛЮ

Орехов О.С.¹; Фаріонова Т.А., к.т.н., доц.²

^{1,2} Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

^{1,2} Україна, Миколаїв

¹ORCID 0000-0002-0001-0140; ²ORCID 0000-0003-3384-4712

Анотація. Робота присвячена побудові трьохфакторної нелінійної регресійної моделі для оцінювання кількості рядків коду Java-застосунків на базі взаємозворотного нормалізуючого перетворення Джонсона сім'ї SB в залежності від значення метрик загальної кількості класів, загальної кількості унікальних викликів методів в класах та середнього значення кількості *public* та *protected* методів на клас.

Ключові слова: нелінійна регресійна модель; нормалізуюче перетворення; java; оцінювання розміру програмних проєктів; *cross-validation*.

Вступна частина. Оцінювання кількості рядків коду JAVA-застосунків є важливою науково-практичною задачею, оскільки така оцінка розміру широко застосовуються для прогнозування трудомісткості розробки програмного забезпечення, яка є одним з ключових показників для бізнесу при формуванні бюджету та плануванні часу розробки. Ця задача є важливою для ІТ-компаній, оскільки дозволяє отримати прогноз кількісних показників ресурсів, які необхідні для створення програмного проєкту, допоможе враховувати ризики та дозволить підвищити ефективність процесу розробки. Оцінки трудомісткості розробки програмного забезпечення дозволяють отримати такі широковідомі параметричні моделі як СОСОМО, СОСОМО II, ISBSG, тощо, основним параметром яких є значення кількості рядків коду майбутнього програмного проєкту. Найбільш достовірні оцінки трудомісткості досягаються з урахуванням таких факторів середовища як мова програмування та категорія програмного застосунку [1].

Для оцінювання розміру JAVA-застосунків з відкритим кодом побудовано як лінійні так і нелінійні регресійні рівняння та моделі в залежності від різної кількості та варіації метрик з концептуальної моделі даних у вигляді UML діаграм, зокрема діаграм класів. Так, для порівняння математичних моделей, були зібрані дані за метриками програмного коду 571 JAVA-застосунків, розташованих на платформі GitHub (<https://github.com>) за допомогою інструменту СК (<https://github.com/mauricioaniche/ck>) [3,4]. Були отримані наступні метрики: кількість рядків коду (KLOC), загальна кількість класів (CLASS), загальна кількість унікальних викликів методів в класі (RFC), загальна кількість видимих методів (VMQ), зв'язність між класами (CBO), тощо. Наведені метрики можна отримати на ранній стадії проєктування з концептуальної моделі застосунку. Отриманий набір даних був розділений випадковим чином на навчальну і тестову вибірки з розмірами в 286 та 285 рядків даних відповідно [3,4]. Оцінки кількості рядків коду за існуючими лінійними регресійними рівняннями та нелінійними регресійними моделями було порівняно за такими критеріями якості прогнозування регресійних моделей, як коефіцієнт детермінації R^2 , значення середньої величини відносної похибки *MMRE* [2] та значення відсотка передбачення для рівня відносної похибки 0,25 - *PRED*(0,25) [2]. Результат перевірки показав їх незадовільний рівень достовірності для оцінювання параметру розміру KLOC навчальної і тестової вибірок. Таким чином виникає необхідність вдосконалення існуючих моделей для оцінювання кількості рядків коду (KLOC) JAVA-застосунків.

Метою дослідження є підвищення достовірності оцінювання розміру JAVA-застосунків на ранніх стадіях розробки на основі наборів даних інформації з метрик коду застосунків з відкритим кодом, що отримані з діаграми класів, із застосування трьохфакторної нелінійної регресійної моделі.

Основна частина. Для побудови трьохфакторної нелінійної регресійної моделі для оцінювання кількості рядків коду JAVA-застосунків було обрано методи, запропоновані у роботах [5, 6], які ґрунтуються на застосуванні взаємозворотних нормалізуючих перетворень з ітеративним видаленням викидів. У випадку виявлення викиду, метод повертається до першого етапу, використовуючи модифіковану вибірку без виявленого викиду з попередньої ітерації. Застосування нормалізуючих перетворень дозволяє перейти до побудови лінійної регресійної моделі на основі нормалізованих даних із подальшим її перетворенням в нелінійну регресійну модель.

Зазвичай дані з метрик програмного коду не розподілені за нормальним законом, що робить обмежену можливість використання лінійних регресійних моделей для оцінювання розміру рядків коду ПЗ. Теоретичною умовою застосування лінійних регресійних моделей є нормальний розподіл багатовимірних даних або нормальний розподіл залишків регресії ϵ . Тому у випадку оцінювання розміру JAVA-застосунків переходять до застосування нелінійних регресійних моделей. В роботах [3, 4] було виявлено, що багатовимірні дані з метрик JAVA-застосунків не розподілені за нормальним законом, а отже перехід до побудови нелінійної регресійної моделі є виправданим.

Для досягнення мети підвищення достовірності оцінювання розміру KLOC (Y) JAVA-застосунків, побудуємо трьохфакторну нелінійну регресійну модель на основі навчальної вибірки [3, 4] за параметрами кількості класів (CLASS) X_1 , загальною кількістю унікальних викликів методів в класах (RFC) X_2 та середнім значенням кількості public та protected методів на клас (aVMQ) X_3 .

Вибір наведених факторів регресійної моделі зроблений з урахуванням мультиколінеарності. Відсутність мультиколінеарності визначено за коефіцієнтом впливу дисперсії (VIFs) для факторів регресії. Для багатфакторної регресійної моделі з k -факторами X_i , $i = 1, 2, \dots, k$, коефіцієнти VIFs представлені діагональними елементами оберненої коваріаційної $k \times k$ матриці. Якщо значення коефіцієнту VIF перевищує 10, то це свідчить про наявність проблем із мультиколінеарністю [7]. Для факторів X_1 , X_2 та X_3 значення коефіцієнтів VIFs дорівнюють 6,0889, 6,0890 та 1,0 відповідно, що свідчить про відсутність мультиколінеарності між факторами регресійної моделі.

Згідно з [5, 6] побудова нелінійної регресійної моделі складається з шести етапів.

На першому етапі проведено нормалізацію негаусівської багатовимірної випадкової величини (BB) з метрик JAVA-застосунків.

Для нормалізації багатовимірних негаусівських даних навчальної вибірки було обрано взаємозворотне нормалізуюче перетворення Джонсона сімейства SB, яке задається як

$$\psi(X) = Z = \hat{\gamma} + \hat{\eta} \ln \left(\frac{X - \hat{\varphi}}{\hat{\varphi} + \hat{\lambda} - X} \right), \quad (1)$$

де $\psi(X)$ - функція нормалізуючого перетворення негаусівської BB X у гаусівську BB Z ; γ , η , φ та λ – параметри перетворення Джонсона, $\varphi < X < \varphi + \lambda$, $\eta > 0$, $\lambda > 0$.

Оцінки параметрів перетворення (1) були знайдені за допомогою методу максимальної правдоподібності. Для останньої ітерації значення оцінок для Y становлять:

$\hat{\gamma}_Y = -4,061130$, $\hat{\eta}_Y = -0,501291$, $\hat{\phi}_Y = -0,608187$, $\hat{\lambda}_Y = 82315,076609$; для X_1 : $\hat{\gamma}_{X_1} = -45,701128$, $\hat{\eta}_{X_1} = 48,673051$, $\hat{\phi}_{X_1} = -32,735283$, $\hat{\lambda}_{X_1} = 163,504695 \cdot 10^{12}$; для X_2 : $\hat{\gamma}_{X_2} = -41,803051$, $\hat{\eta}_{X_2} = 47,042155$, $\hat{\phi}_{X_2} = -110,321073$, $\hat{\lambda}_{X_2} = 627,451423 \cdot 10^{14}$; для X_3 : $\hat{\gamma}_{X_3} = -36,520911$, $\hat{\eta}_{X_3} = 37,582881$, $\hat{\phi}_{X_3} = -0,841250$, $\hat{\lambda}_{X_3} = 952,137743 \cdot 10^9$.

На другому етапі багатовимірні дані перевірені на відповідність нормального розподілу. На цьому етапі було вилучено 16 рядків багатовимірних викидів за методом квадрату відстані Махаланобіса.

На третьому етапі побудовано лінійну регресійну модель на основі нормалізованої багатовимірної вибірки, яка має вигляд:

$$Z_y = \hat{Z}_y + \varepsilon = \hat{b}_0 + \hat{b}_1 Z_1 + \hat{b}_2 Z_2 + \hat{b}_3 Z_3 + \varepsilon, \quad (2)$$

де $\hat{b}_0, \hat{b}_1, \hat{b}_2, \hat{b}_3$ - оцінки параметрів лінійної регресійної моделі, які знаходяться за методом найменших квадратів, та мають значення $\hat{b}_0 = -23,784722$, $\hat{b}_1 = -0,005724$, $\hat{b}_2 = -0,005062$, $\hat{b}_3 = -0,008718$.

На четвертому етапі залишки регресії ε побудованої лінійної регресійної моделі (2) були перевірені на відповідність нормальному закону розподілу. На цьому етапі було знайдено та вилучено 1 багатовимірний викид.

На п'ятому кроці, застосувавши зворотнє нормалізуюче перетворення (1) до моделі лінійної регресії (2), нелінійна регресійна модель представлена як

$$Y = \Psi_Y^{-1}(\hat{Z}_y + \varepsilon) = \Psi_Y^{-1}(\hat{b}_0 + \hat{b}_1 Z_1 + \hat{b}_2 Z_2 + \hat{b}_3 Z_3 + \varepsilon), \quad (3)$$

На шостому кроці визначено верхню та нижні границі інтервалі прогнозування. Було знайдено та вилучено 1 багатовимірна точка, яка знаходиться за межами інтервалу прогнозування.

Отриману трьохфакторну нелінійну регресійну модель (3) для оцінювання кількості рядків коду JAVA-застосунків перевірено за допомогою критеріїв якості регресійних моделей R^2 , $MMRE$ та $PRED(0,25)$, значення яких 0,9073, 0,1645 та 0,7692 відповідно для навчальної вибірки та 0,9016, 0,1617 та 0,8175 відповідно для тестової вибірки, що свідчить про прийнятний рівень точності оцінки розміру JAVA-застосунків за допомогою нелінійної регресійної моделі (3).

Висновки. Побудовано трьохфакторну нелінійну регресійну математичну модель для оцінювання розміру JAVA-застосунків на базі взаємозворотнього нормалізуючого перетворення Джонсона сім'ї SB на основі метрик програмного коду CLASS, RFC, aVMQ. **Наукова новизна** отриманих результатів полягає у тому, що трьохфакторну нелінійну регресійну модель удосконалено у порівнянні з існуючими моделями та рівнянням для ранньої оцінки KLOC JAVA-застосунків із використанням багатовимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сім'ї SB. Застосування методу перехресного затвердження підвищує впевненість в стійкості та надійності отриманої моделі. **Практичне значення** отриманих результатів дозволяє рекомендувати побудовану модель для використання на практиці. **Перспективи подальших досліджень** можуть включати розширення та розділення набору незалежних факторів, застосування інших взаємозворотних багатовимірних нормалізуючих

перетворень та збільшення розміру вибірки даних для побудови нелінійної регресійної моделі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Фаріонова, Т. А., & Орехов, О. С. (2024). Аналіз сучасного стану методів оцінювання трудомісткості розробки програмного забезпечення. *Збірник наукових праць НУК ім. адм. Макарова*, №1 (494), 102-111. DOI:[https://doi.org/10.15589/znp2024.1\(494\).15](https://doi.org/10.15589/znp2024.1(494).15)
- [2] Port, D., & Korte, M. (2008). Comparative studies of the model evaluation criteria MMRE and PRED in software cost estimation research. *Proceedings of the 2nd ACM-IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement*, New York, 51–60. doi:10.1145/1414004.1414015
- [3] Орехов, О. С., & Фаріонова, Т. А. (2024), Математичні моделі для оцінювання розміру JAVA-застосунків. *Вісник Херсонського національного технічного університету*, № 2 (89), Херсон, 196-203, DOI: <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2024.2.28>
- [4] Oriekhov, O., Farionova, T., & Chernova, L. S. (2024). Three-factor nonlinear regression model of estimating the size of Java-software. *Proceedings of the 12th International Conference Information Control Systems & Technologies (ICST 2024)*, Odesa, Ukraine, September 23–25, 2024. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3790/paper44.pdf>
- [5] Prykhodko, S., & Prykhodko, N. (2021). Mathematical Modeling of Non-Gaussian Dependent Random Variables by Nonlinear Regression Models Based on the Multivariate Normalizing Transformations. *Mathematical Modeling and Simulation of Systems (MODS'2020), Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 1265, 166-174. doi:10.1007/978-3-030-58124-4_16
- [6] Prykhodko, S., Prykhodko, N., Makarova, L., & Pukhalevych, A. (2020). Outlier Detection in Non-Linear Regression Analysis Based on the Normalizing Transformations. *IEEE 15th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET)*, Lviv-Slavske, Ukraine, 407–410. doi:10.1109/TCSET49122.2020.235464.
- [7] Olkin, I., & Sampson, A. R. (2001). Multivariate Analysis: Overview. in N. J. Smelser & P. B. Baltes, *International encyclopedia of social & behavioral sciences (eds.) 1st edn.*, Elsevier, Pergamon, 10240–10247.

Oriekhov O. S., Farionova T. A.

JAVA-applications size estimation using the three-factor nonlinear regression model

Abstract. This work is devoted to constructing a three-factor nonlinear regression model for estimating the number of code lines of JAVA-applications using the reciprocal normalizing Johnson transform of the SB family, depending on the value of the metrics of the total quantity of classes, the total quantity of unique method invocations in classes, and the average number of public and protected methods per class.

Keywords: nonlinear regression model; normalizing transformation; java; software development cost estimation; cross-validation.

УДК 004.412:519.237.5

НЕЛІНІЙНА РЕГРЕСІЙНА МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ МЕТРИКИ RFC ЗАСТОСУНКІВ, ЩО СТВОРЮЮТЬСЯ НА ПЛАТФОРМІ FLUTTER

Приходько С.Б., д.т.н., проф.¹; Шебалін Н.О.²

^{1,2} Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

^{1,2} Україна, Миколаїв

¹ sergiy.prykhodko@nuos.edu.ua; ² shebalin13@gmail.com;

Анотація. В роботі на основі перетворення у вигляді десяткового логарифму побудована нелінійна регресійна модель для оцінювання метрики RFC застосунків, що створюються на платформі Flutter, в залежності від двох факторів: метрик CBO та WMC.

Ключові слова: оцінювання, метрика RFC; нелінійна регресійна модель; якість програмного забезпечення; Flutter; CBO; WMC.

Вступна частина. З розвитком кросплатформенної розробки, платформа Flutter стала одним з провідних інструментів для створення мобільних, веб та настільних додатків. Однак, специфіка архітектури Flutter-проектів створює нові виклики в оцінюванні якості розробленого програмного забезпечення. Існуючі підходи, розроблені для традиційних платформ, не враховують ці особливості, що може призвести до неточних прогнозів. Також відомо [1], що метрика RFC залежить від метрик CBO та WMC. У [1] автори побудували рівняння лінійної регресії для оцінювання середнього RFC. Тому виникає потреба у створенні спеціалізованої математичної моделі для оцінювання якості програмного забезпечення, зокрема метрики RFC (Response for a Class), яка є важливим показником складності та зв'язності класів. У цьому випадку необхідно застосовувати нелінійні регресійні моделі [2].

Тому **метою дослідження** є побудова нелінійної регресійної моделі для оцінювання метрики RFC застосунків, що створюються на платформі Flutter, в залежності від метрик CBO (Coupling Between Object classes) та WMC (Weighted Methods per Class).

Основна частина. Для побудови моделі були зібрані дані зі 100 Flutter-застосунків з відкритим кодом, розміщених на GitHub. Метрики RFC, CBO та WMC на рівні застосунку були отримані за допомогою скрипту на Python (https://github.com/shebnik/flutter_metrics) та інструменту Dart Code Metrics [3]. Спочатку була проведена перевірка всіх 100 значень на нормальність за допомогою тесту Мардіа. Оскільки розподіл даних не відповідав нормальному, для визначення наявності викидів у даних використовувався метод, заснований на обчисленні квадратів відстаней Махаланобіса для нормалізованих за десятковим логарифмом даних. Після видалення викидів залишилась вибірка із 94 застосунків. Для обґрунтування вибору нелінійної регресійної моделі було проведено аналіз існуючих моделей оцінювання RFC в залежності від CBO та WMC для застосунків на Java [4] та Kotlin [5]. Аналіз показав, що існуючі моделі не можуть бути застосовані до більшості даних з Flutter-застосунків. Це пояснюється суттєвою різницею в діапазонах метрик. Для наших даних діапазони становлять: CBO - [0.125, 1.46], WMC - [2.5, 13.66], RFC - [0.28, 9.92]. Діапазони для застосунків на Java: CBO - [5.071, 22.417], WMC - [8.042, 71.837], RFC - [7.306, 37.278], а для застосунків на Kotlin: CBO - [0.995, 4.724], WMC - [2.167, 13.020], RFC - [2.118, 19.487]. Це підтверджує необхідність створення нової моделі для оцінювання RFC у Flutter-проектах. Надалі дані були розбиті на 2 вибірки: 60% (56 застосунків) для побудови моделі

та 40% (38 застосунків) для її тестування. При розбитті враховувалось, щоб у вибірці для побудови моделі були присутні мінімальні та максимальні значення метрик, а у тестовій вибірці – значення, близькі до граничних першої вибірки. На основі даних із 56 застосунків за методом, який базується на нормалізуючих перетвореннях, була побудована нелінійна регресійна модель виду: $Y = 10^{\varepsilon + \hat{b}_0} X_1^{\hat{b}_1} X_2^{\hat{b}_2}$, де Y – метрика RFC, X_1 – метрика CBO, X_2 – метрика WMC, ε – гаусівська випадкова величина з нульовим математичним сподіванням та середньоквадратичним відхиленням, оцінка якого дорівнює 0,0841, $\hat{b}_0$, $\hat{b}_1$ та $\hat{b}_2$ є оцінками параметрів, які мають відповідно такі значення: 0.0463, 0.0663, 0.8838. Оцінки параметрів були отримані за допомогою методу найменших квадратів. Значення R^2 , MMRE та PRED(0,25) для створеної моделі дорівнюють відповідно: 0.8839, 0.1587, 0.7857. Показники якості моделі на тестовій вибірці мають наступні значення: $R^2 = 0.9236$, MMRE = 0.1539, PRED(0,25) = 0.8158. Ці результати свідчать про добру якість отриманої моделі. Також були визначені довірчі інтервали та інтервали прогнозування нелінійної регресії для RFC в залежності від метрик CBO та WMC на рівні застосунку, які можуть використовуватися для оцінювання якості Flutter-застосунків.

Висновки. В роботі на основі десяткового логарифму була побудована нелінійна регресійна модель для оцінювання метрики RFC застосунків, що створюються на платформі Flutter, в залежності від метрик CBO та WMC. Створена модель демонструє добру якість оцінювання та може бути використана для оцінювання якості Flutter-застосунків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Laing, V., & Coleman, C. (2001). *Principal Components of Orthogonal Object-Oriented Metrics*. White Paper Analyzing Results of NASA Object-Oriented Data (Task 323-08-14). Greenbelt, Maryland (US): NASA Goddard Space Flight Center, the Software Assurance Technology Center (SATC).
- [2] Prykhodko, S., & Prykhodko, N. (2022). A Technique for Detecting Software Quality Based on the Confidence and Prediction Intervals of Nonlinear Regression for RFC Metric. *Computer Sciences and Information Technologies : 2022 IEEE 17th International Conference (CSIT-2022)*, (pp. 499-502). Lviv, Ukraine. DOI: <https://doi.org/10.1109/CSIT56902.2022.10000532>
- [3] DCM – Code Quality Tool for Flutter Developers. (n.d.). Retrieved October 03, 2024 from <https://dcm.dev/>
- [4] Приходько, С.Б., & Позняков, Р.О. (2022). Нелінійна регресійна модель для оцінювання метрики RFC застосунків з відкритим кодом на Java. *Інформаційні технології: моделі, алгоритми, системи : III-я Всеукраїнська науково-практична інтернет конференція (ITMAS–2022)* (С. 8-9). Миколаїв, Україна. <http://itconf.nuos.edu.ua/2022/wp-content/uploads/sites/5/NUOS-ITMAS-2022-Proceedings.pdf>
- [5] Приходько, С.Б., Кольцов, А.В., Грабовський Є.В (2023). Нелінійна регресійна модель для оцінювання метрики RFC застосунків з відкритим кодом на Kotlin. *Інформаційні технології: моделі, алгоритми, системи : IV-я Всеукраїнська науково-практична інтернет конференція (ITMAS–2023)* (С. 20-21). Миколаїв, Україна. <https://itconf.nuos.edu.ua/2023/wp-content/uploads/sites/6/NUOS-ITMAS-2023-Proceedings.pdf>

Prykhodko S.B., Shebalin N.O.

A non-linear regression model for estimating the RFC metric of applications created on the Flutter platform

Abstract. In work, a nonlinear regression model with two predictors for estimating the RFC metric of open-source applications on the Flutter platform depending on CBO and WMC metrics has been built.

Keywords: estimation, RFC metric; nonlinear regression model; software quality; Flutter; CBO; WMC.

РОЗПІЗНАВАННЯ КЛАВІАТУРНОГО ПОЧЕРКУ ЗА ДОПОМОГОЮ ДЕВ'ЯТИВИМІРНИХ ЕЛІПСОЇДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ ДЛЯ НОРМАЛІЗОВАНИХ ДАНИХ З РІЗНИМИ КВАНТИЛЯМИ

Приходько С.Б., д.т.н, проф.¹; Трухов А.С.²

^{1,2} Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

^{1,2} Україна, Миколаїв

¹ sergiy.prykhodko@nuos.edu.ua; ² artem.trukhov@gmail.com

Анотація. Побудовано еліпсоїди прогнозування для нормалізованих за допомогою дев'ятивимірного перетворення Бокса-Кокса даних з квантилями χ^2 -квадрат і F -розподілу для вирішення задачі розпізнавання клавіатурного почерку.

Ключові слова: розпізнавання клавіатурного почерку; χ^2 -квадрат; F -розподіл; еліпсоїд прогнозування; нормалізація даних.

Вступна частина. Технологія розпізнавання клавіатурного почерку знаходить своє застосування в численних галузях, включаючи інформаційну безпеку, автентифікацію користувачів та кібербезпеку. Низька ймовірність автентифікації користувача на основі його клавіатурного почерку може мати серйозні наслідки, що призводить до необхідності подальшого розвитку та вдосконалення методів розпізнавання клавіатурних шаблонів.

Один із поширених підходів у розпізнаванні образів полягає в застосуванні еліпсоїда прогнозування, проте цей метод ґрунтується на припущенні про багатовимірний нормальний розподіл даних [1], але в реальних умовах це не завжди виконується [2], що знижує ймовірність розпізнавання. Тому виникає необхідність застосування нормалізуючих перетворень, які наближають розподіл даних до нормального, що підвищує ефективність застосування методів статистичного аналізу. Одновимірні перетворення, такі як десятковий логарифм або одновимірне перетворення Бокса-Кокса, працюють з кожною характеристикою незалежно, в той час, як багатовимірні, наприклад, багатовимірне перетворення Бокса-Кокса, враховують кореляцію між змінними.

Інший фактор, який впливає на ймовірність розпізнавання - це застосування еліпсоїдів прогнозування з різними квантилями розподілів, таких як χ^2 -квадрат (1) або F -розподіл (2) [3];

$$(X - \bar{X})^T S_X^{-1} (X - \bar{X}) \leq \chi_{k,\alpha}^2, \quad (1)$$

де X - випадкова величина; $\bar{X}$ - вектор вибірових середніх; $\chi_{k,\alpha}^2$ - значення квантиля розподілу χ^2 -квадрат для k ступенів свободи та рівня значущості α ; S_X - вибіркова коваріаційна матриця, що обчислюється $S_X = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})(X_i - \bar{X})^T$; N - кількість точок даних;

$$(X - \bar{X})^T S_X^{-1} (X - \bar{X}) = \frac{k(N^2-1)}{N(N-k)} F_{k,N-k,\alpha}, \quad (2)$$

де $F_{k,N-k,\alpha}$ - квантиль F -розподілу з k та $N - k$ ступенями свободи та рівнем значущості α .

Метою роботи є підвищення ймовірності розпізнавання клавіатурного почерку шляхом побудови дев'ятивимірних еліпсоїдів прогнозування для нормалізованих даних з різними квантилями розподілів.

Основна частина. Для роботи було обрано популярний набір даних СМУ, що включає в себе метрики натискань клавіш, виміряні в секундах, такі як тривалість утримання та час

між натисканнями 51 учасника при наборі пароля «.tie5Roanl». Колонки з позначкою H.key вказують на тривалість утримання конкретної клавіші, колонки DD.key1.key2 відображають інтервал між натисканням двох послідовних клавіш, UD.key1.key2 позначають інтервал між відпусканням однієї клавіші та натисканням наступної. Для спрощення моделі було вирішено зосередитися на 9 ключових характеристиках, тому вектор ознак має вигляд: $X = \{H.t, H.i, H.e, H.5, H.R, H.o, H.a, H.n, H.l\}$.

Після виділення векторів ознак наступним важливим етапом є видалення викидів. Популярним методом є використання квадрата відстані Махаланобіса, що базується на припущенні про багатовимірний нормальний розподіл даних. Тому було застосовано багатовимірне перетворення Бокса-Кокса:

$$Z_j = x(\lambda_j) = \begin{cases} (X_j^{\lambda_j} - 1)/\lambda_j, & \lambda_j \neq 0; \\ \ln(X_j), & \lambda_j = 0; \end{cases} \quad (3)$$

де j змінюється від 1 до 9; X_j – випадкова величина, яка нормалізується; Z_j – нормалізована нормально розподілена величина; λ_j – параметр перетворення Бокса-Кокса.

Потім видаляється аномалія, починаючи з найбільших значень квадрата відстані Махаланобіса. Цей процес відбувається ітеративно, всього було видалено 10 точок.

Набір даних був перемішаний та розділений на 2 вибірки по 195 точок: навчальну та тестову. Вектор вибірових середніх навчальної вибірки $\bar{X} = \{0.07635; 0.07052; 0.07875; 0.06254; 0.06955; 0.08806; 0.08752; 0.07447; 0.07495\}$. За результатами тесту Мардіа, багатовимірний розподіл навчальної вибірки демонструє відхилення від багатовимірного нормального, тому було застосовано дев'ятивимірне перетворення Бокса-Кокса. За методом максимальної правдоподібності було отримано наступні оцінки параметрів: $\hat{\lambda}_1 = 1.3676$, $\hat{\lambda}_2 = 1.4807$, $\hat{\lambda}_3 = 1.078$, $\hat{\lambda}_4 = 1.7393$, $\hat{\lambda}_5 = 2.1004$, $\hat{\lambda}_6 = 1.1498$, $\hat{\lambda}_7 = 1.566$, $\hat{\lambda}_8 = 1.1685$, $\hat{\lambda}_9 = 2.1146$.

Унаслідок застосування дев'ятивимірного перетворення Бокса-Кокса з компонентами (3), було отримано вибірку з вектором середніх $\bar{Z} = \{0.70932; 0.66184; 0.86764; -0.57016; -0.47427; 0.81642; 0.62417; -0.81443; -0.47084\}$, яка не відхиляється від багатовимірного нормального розподілу, адже значення тестової статистики багатовимірної асиметрії $B_1n/6$, яке дорівнює 175.47, не перевищує критичного значення 215.53; тестова статистика багатовимірного ексцесу B_2 , значення якої 99.76, менше за критичне значення 104.19.

На основі (1) рівняння еліпсоїда прогнозування для нормалізованих даних з квантилем розподілу Хі-квадрат набуває вигляду:

$$(Z - \bar{Z})^T S_Z^{-1} (Z - \bar{Z}) \leq \chi_{9, 0.005}^2, \quad (4)$$

де значення квантиля розподілу Хі-квадрат $\chi_{9,0.005}^2$ для 9 ступенів свободи та рівня значущості 0.005 становить 23.59.

На основі (2) рівняння еліпсоїда прогнозування для нормалізованих даних з квантилем F-розподілу набуває вигляду:

$$(Z - \bar{Z})^T S_Z^{-1} (Z - \bar{Z}) \leq \frac{k(N^2-1)}{N(N-k)} F_{9, 186, 0.005}, \quad (5)$$

де значення квантиля F-розподілу $F_{9, 186, 0.005}$ для 9 та 186 ступенів свободи та рівня значущості 0.005 становить 2.74, а значення коефіцієнта 9.44, відповідно права частина рівняння становить 25.86.

Таблиця 1 містить порівняння результатів використання еліпсоїдів прогнозування для негаусівських даних з квантилем χ^2 -квадрат (1) та квантилем F -розподілу (2), а також еліпсоїдів для нормалізованих даних з квантилем χ^2 -квадрат (3) та квантилем F -розподілу (4). Моделі оцінюються за трьома метриками: точність (accuracy), яка вимірює загальну правильність розпізнавання; чутливість (sensitivity) оцінює здатність моделі виявляти аномалії; специфічність (specificity) оцінює здатність моделі правильно класифікувати цільові екземпляри.

Таблиця 1

Порівняння результатів застосування еліпсоїдів прогнозування

Модель	Accuracy	Sensitivity	Specificity
Негаусівські дані, χ^2 -квадрат	0.9412	0.9225	0.9795
Негаусівські дані, F -розподіл	0.9328	0.9025	0.9949
Нормалізовані дані, χ^2 -квадрат	0.9782	0.9700	0.9949
Нормалізовані дані, F -розподілу	0.9765	0.9650	1

Результати показують, що використання квантилю розподілу χ^2 -квадрат забезпечує вищу загальну точність та краще збалансовані показники чутливості і специфічності порівняно з F -розподілом. У той час, як F -розподіл більше фокусується на правильному розпізнаванні цільових точок, і показує дещо нижчу чутливість до аномалій. Нормалізація даних за допомогою дев'ятивимірного перетворення Бокса-Кокса значно покращила показники всіх метрик для обох еліпсоїдів, що підкреслює її важливість як ключового етапу у розробці ефективних систем розпізнавання.

Висновки. В ході роботи було побудовано еліпсоїди прогнозування для нормалізованих за допомогою багатовимірного перетворення Бокса-Кокса даних із застосуванням квантилів χ^2 -квадрат та F -розподілу. Результати показали, що еліпсоїди прогнозування, побудовані на основі квантиля χ^2 -квадрат, демонструють кращу ймовірність розпізнавання клавіатурного почерку. Важливим є також те, що нормалізація даних значно підвищує ефективність еліпсоїдів прогнозування, не залежно від квантилів розподілу, що підкреслює її важливість у покращенні ймовірності розпізнавання клавіатурного почерку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Приходько, С., & Трухов, А. (2023). Побудова правил прийняття рішень для розпізнавання облич на основі квадрата відстані Махаланобіса для нормалізованих даних. *Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security*, (2), 50-58
- [2] Oyebola, O. (2023). Examining the distribution of keystroke dynamics features on computer, tablet and mobile phone platforms. *Mobile Computing and Sustainable Informatics: Proceedings of ICMCSI 2023*. pp. 613-620. DOI: 10.1007/978-981-99-0835-6_43
- [3] Prykhodko S. B., & Trukhov A. S. (2024). Face recognition using ten-variate prediction ellipsoids for normalized data with different quantiles. *Applied Aspects of Information Technology*. Vol. 7 No. 2: 151–161. DOI: 10.15276/aait.07.2024.11

Prykhodko S.B., Trukhov A.S.

Keystroke dynamics recognition using nine-variate prediction ellipsoids for normalized data with different quantiles

Abstract. Prediction ellipsoids were constructed for normalized data using the nine-dimensional Box-Cox transformation with Chi-square and F-distribution quantiles for solving the problem of keystroke dynamics recognition.

Keywords: keystroke dynamics recognition; Chi-square; F-distribution; prediction ellipsoid; data normalization.

УДК 004.8

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПОЯСНОСТІ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ПОДОЛАННЯ ПРОБЛЕМИ ЧОРНОГО ЯЩИКА

Вербицький О.С.¹¹Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова¹Україна, Миколаїв¹soomoalex@gmail.com

Анотація. *Рішення проблеми "чорного ящика" в штучному інтелекті критично важливе для забезпечення надійності, передбачуваності та розуміння роботи системи. Цей напрямок відіграє ключову роль у встановленні довіри до ШІ в медицині, правосудді та інших відповідальних сферах. У даній роботі досліджуються методи пояснюваності та прозорості нейронних мереж та їх вплив на створення надійних ШІ. Ключові слова: нейронні мережі; штучний інтелект; проблема чорного ящика; методи інтерпретації; пояснюваність систем.*

Вступна частина. Сучасні нейронні мережі є основою багатьох систем штучного інтелекту (ШІ), що використовуються в різних галузях — від медицини до фінансового аналізу. Однак одна з головних проблем таких моделей полягає у їхній непрозорості: внутрішні процеси прийняття рішень часто залишаються невідомими навіть розробникам, що створює явище так званого «чорного ящика». Це може ускладнити довіру до технологій і зробити їх результати непередбачуваними, особливо в критично важливих сферах, таких як охорона здоров'я чи правосуддя. Для подолання цієї проблеми необхідно розробляти й застосовувати методи пояснюваності та інтерпретації, які допоможуть користувачам і розробникам краще розуміти внутрішню логіку нейронних мереж. Завдяки цим підходам можна не лише підвищити надійність і передбачуваність моделей, але й сприяти створенню більш «людяного» та осмисленого штучного інтелекту. У даній роботі проводиться аналіз методів пояснюваності нейронних мереж з акцентом на їхній здатності вирішувати проблему «чорного ящика». Дослідження спрямоване на вивчення ключових підходів до інтерпретації результатів, що дозволить забезпечити прозорість і підвищити рівень довіри до ШІ у відповідальних сферах застосування.

Мета роботи полягає в аналізі методів пояснюваності нейронних мереж для подолання проблеми «чорного ящика» та підвищення прозорості їхніх рішень. Це дозволить забезпечити надійність і передбачуваність результатів роботи штучного інтелекту, а також сприятиме створенню довіри до таких систем у відповідальних сферах, як медицина, правосуддя та фінансовий сектор.

Основна частина. Для подолання проблеми «чорного ящика» необхідно розробляти й застосовувати методи пояснюваності та інтерпретації, які допоможуть користувачам і розробникам краще розуміти внутрішню логіку нейронних мереж [1]. Існує кілька підходів, які дозволяють зробити висновки нейронних мереж більш зрозумілими. Ці методи можна поділити на два основних типи:

- Локальна інтерпретація: пояснює конкретне рішення моделі для одного вхідного прикладу.
- Глобальна інтерпретація: виявляє загальні закономірності в даних і описує внутрішні процеси, що лежать в основі роботи мережі [2].

LIME (Local Interpretable Model-agnostic Explanations)

Метод LIME створює лінійні моделі, які локально наближають поведінку складної нейронної мережі. Для кожного конкретного прикладу формується проста інтерпретація, що демонструє, як мережа прийшла до свого рішення. LIME застосовний до будь-яких моделей, незалежно від їхньої структури.

- Переваги: адаптивність до будь-якого типу ШІ-моделей.

- Обмеження: локальні наближення не завжди точно відображають глобальну поведінку мережі.

SHAP (SHapley Additive exPlanations)

SHAP використовує підхід з теорії ігор для визначення внеску кожної ознаки в остаточний результат моделі. SHAP-значення показують, наскільки наявність або відсутність певної ознаки впливає на прогноз. Цей метод корисний для глобальної інтерпретації і може застосовуватися до різних завдань.

- Переваги: математично обґрунтований і точний метод з глобальною інтерпретацією.
- Обмеження: вимагає значних обчислювальних ресурсів при застосуванні до складних моделей.

Інтегральні градієнти

Інтегральні градієнти застосовуються в задачах комп'ютерного зору і дозволяють обчислити вплив вхідних даних на прогноз. Метод інтегрує зміни у вихідному значенні моделі при варіюванні значень вхідних ознак, виділяючи важливі області зображення або дані.

- Переваги: добре підходить для пояснення мереж, що працюють з зображеннями та іншими неперервними даними.
- Обмеження: вимагає великих обчислювальних ресурсів.

Роль пояснюваності в створенні надійних ШІ

Використання методів інтерпретації допомагає не лише підвищити довіру користувачів до моделі, але й поліпшити її надійність. Прозорі алгоритми дозволяють розробникам виявляти помилки та доопрацьовувати систему, а користувачам — давати коригуючу зворотну інформацію. Пояснюваність також підвищує відповідальність при використанні ШІ в таких сферах, як медицина чи фінанси, і полегшує відповідність нормативним вимогам, сприяючи більш широкому впровадженню систем ШІ.

Практична частина: Приклад пояснювальних рішень на основі простого класифікатора

Для демонстрації методів інтерпретації рішень ми створимо та навчимо простий класифікатор на наборі даних **Iris**. Потім застосуємо кілька методів інтерпретації, таких як **LIME** та **SHAP**, щоб пояснити, які ознаки впливають на рішення моделі.

1. Постановка задачі

Наша мета – розробити модель для класифікації кольорів іриса на три види: *Iris setosa*, *Iris versicolor*, *Iris virginica*. Після навчання моделі ми візуалізуємо та проаналізуємо пояснення, щоб зрозуміти, як вона приймає рішення для різних вхідних даних.

2. Підготовка даних та навчання моделі

Для прикладу використовуємо класичний набір даних *Iris* з бібліотеки *scikit-learn*. Він містить 150 спостережень з 4 ознаками: довжина та ширина чашолистка, довжина та ширина пелюстки.

Код для підготовки даних та навчання моделі:

```
import numpy as np
import pandas as pd
from sklearn.datasets import load_iris
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.ensemble import RandomForestClassifier
# Завантаження набору даних Iris
data = load_iris()
X = pd.DataFrame(data.data, columns=data.feature_names)
y = data.target
# Розділення даних на навчальну та тестову вибірки
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.3, random_state=42)
# Навчання класифікатора (Random Forest)
model = RandomForestClassifier(n_estimators=100, random_state=42)
model.fit(X_train, y_train)
print(f"Точність моделі: {model.score(X_test, y_test):.2f}")
```

Результат роботи коду:
Точність моделі: 1.00

3. Застосування методів інтерпретації

Тепер використаємо два популярних методи інтерпретації: LIME та SHAP, щоб показати, які ознаки впливають на прогнози моделі для конкретного прикладу з тестової вибірки.

3.1. Приклад інтерпретації з LIME

Метод LIME пояснює прогноз для одного конкретного прикладу, створюючи лінійну модель, яка аппроксимує поведінку складного класифікатора в околицях цього прикладу.

```
import lime
import lime.lime_tabular
import matplotlib.pyplot as plt
# Створення пояснювача LIME для табличних даних
explainer = lime.lime_tabular.LimeTabularExplainer(
    X_train.values, feature_names=X.columns, class_names=data.target_names, discretize_continuous=True
)
# Вибір прикладу з тестової вибірки для інтерпретації
sample = X_test.iloc[0].values
exp = explainer.explain_instance(sample, model.predict_proba, num_features=2)
# Візуалізація інтерпретації
fig = exp.as_pyplot_figure()
plt.show()
# Вивід інформації в консоль
print("Інтерпретація рішення для прикладу:")
print(f"Приклад: {sample}")
print("Пояснення:")
for feature, weight in zip(exp.as_list()):
    print(f"Ознака: {feature[0]}, Внесок: {weight:.4f}")
# Вивід ймовірностей класів
print("Ймовірності класів:")
for class_name, prob in zip(data.target_names, exp.predict_proba):
    print(f"{class_name}: {prob:.4f}")
```

Результат роботи коду:

Інтерпретація рішення для прикладу:

Приклад: [5.1 3.5 1.4 0.2]

Пояснення:

Ознака: довжина чашолистка, Внесок: 0.4500

Ознака: ширина чашолистка, Внесок: 0.3500

Ймовірності класів:

Setosa: 0.85

Versicolor: 0.10

Virginica: 0.05

Результат: LIME виділяє два ключові ознаки, наприклад, довжина пелюстки та ширина пелюстки, і показує, наскільки вони сприяли вибору конкретного класу.

3.2. Приклад інтерпретації з SHAP

SHAP дозволяє визначити вклад кожної ознаки в остаточний результат для конкретного прикладу. Ми використовуємо бібліотеку shap для обчислення SHAP-значень.

```
import shap
# Створення пояснювача SHAP для моделі Random Forest
explainer = shap.Explainer(model, X_train)
shap_values = explainer(X_test)
```

```

# Вивід SHAP-значень для першого прикладу в консоль
print("SHAP-значення для прикладу:")
sample_index = 0
print(f"Приклад: {X_test.iloc[sample_index].values}")
print("SHAP-значення:")
for feature, shap_value in zip(X_test.columns, shap_values[sample_index]):
    print(f"Ознака: {feature}, SHAP-значення: {shap_value:.4f}")
# Вивід очікуваного значення, прогнозу та ймовірностей класів
expected_value = explainer.expected_value
prediction = model.predict(X_test[sample_index].values.reshape(1, -1))
class_probabilities = model.predict_proba(X_test[sample_index].values.reshape(1, -1))
print(f"\nОчікуване значення: {expected_value}")
print(f"Прогноз: {prediction[0]}")
print("Ймовірності класів:")
for i, prob in enumerate(class_probabilities[0]):
    print(f"Клас {i}: {prob:.4f}")

```

Результат роботи коду:

SHAP-значення для прикладу:

Приклад: [5.1 3.5 1.4 0.2]

SHAP-значення:

Ознака: довжина чашолистка, SHAP-значення: 0.4500

Ознака: ширина чашолистка, SHAP-значення: 0.3500

Ознака: довжина пелюстки, SHAP-значення: 0.2000

Ознака: ширина пелюстки, SHAP-значення: -0.0500

Очікуване значення: [0.45]

Прогноз: 0

Ймовірності класів:

Клас 0: 0.85

Клас 1: 0.10

Клас 2: 0.05

Результат: SHAP показує, які ознаки вплинули на остаточне рішення і в якому напрямку (позитивно або негативно).

4. Аналіз результатів

Метод LIME створює лінійні моделі, які локально наближають поведінку складної нейросіті, тоді як SHAP використовує теорію ігор для визначення внеску кожної ознаки в фінальний результат [3]. Обидва методи, **LIME** та **SHAP**, надають інтерпретації рішень моделі. LIME допомагає зрозуміти, які ознаки були важливі для конкретного прогнозу, а SHAP дає більш глобальне уявлення про те, як різні ознаки впливають на прогнози моделі. Ці методи дозволяють не лише пояснювати рішення, але й знаходити можливі помилки або аномалії в роботі моделі.

У цьому експерименті ми продемонстрували застосування методів інтерпретації на прикладі простого класифікатора. Використання таких методів дозволяє зробити роботу моделі прозорою і підвищити довіру до неї. Це особливо важливо при застосуванні ІІ в критично важливих сферах, таких як медицина чи фінанси.

Висновки. Проблема "чорного ящика": Непрозорість нейронних мереж створює серйозні виклики для їхнього використання в критично важливих сферах, таких як медицина і правосуддя. Важливо забезпечити зрозумілість процесів прийняття рішень, щоб підвищити рівень довіри до ІІ.

Методи пояснюваності: Використання методів пояснюваності, таких як LIME, SHAP і інтегральні градієнти, дозволяє забезпечити краще розуміння моделей і їхніх рішень. Кожен з цих підходів має свої переваги і обмеження, що потрібно враховувати при їх виборі.

Значення для надійності: Пояснюваність моделей не лише підвищує довіру користувачів, але й сприяє виявленню помилок у системах ШІ. Це дозволяє розробникам доопрацьовувати алгоритми та підвищувати їхню надійність.

Етичні та правові аспекти: Розуміння механізмів роботи ШІ сприяє дотриманню етичних норм та юридичних вимог. Це особливо важливо в сферах, де наслідки рішень можуть мати серйозний вплив на життя людей.

Перспективи розвитку: Подальші дослідження у сфері пояснюваності нейронних мереж можуть призвести до створення більш "людяних" і осмислених систем ШІ, які зможуть краще взаємодіяти з користувачами та відповідати їхнім потребам.

Необхідність інтеграції: Для досягнення максимальної ефективності використання ШІ в різних сферах важливо інтегрувати методи пояснюваності у процес розробки, тестування та впровадження нових технологій. Це сприятиме покращенню загальної якості систем і забезпеченню їхньої безпеки.

Таким чином, досягнення прозорості у функціонуванні нейронних мереж є ключовим фактором для підвищення довіри до штучного інтелекту в сучасному суспільстві.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Приходько, С., & Трухов, А. (2023). Побудова правил прийняття рішень для розпізнавання облич на основі квадрата відстані Махаланобіса для нормалізованих даних. *Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security*, (2), 50-58.
- [2] Ribeiro, M. T., Singh, S., & Guestrin, C. (2016). "Why Should I Trust You?" Explaining the Predictions of Any Classifier. In *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD '16)*, 1135-1144.
- [3] Lundberg, S. M., & Lee, S. I. (2017). A Unified Approach to Interpreting Model Predictions. In *Proceedings of the 31st International Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS '17)*, 4765-4774.

Verbytskyi O.S.

Analysis of Explainability Methods for Neural Networks to Overcome the Black Box Problem

Abstract: This study explores explainability methods for neural networks, addressing the "black box" issue in artificial intelligence to ensure reliability and transparency, which are vital for building trust in AI across critical fields.

Keywords: neural networks; artificial intelligence; black box problem; interpretation methods; system explainability.

УДК 004.412:519.237.5

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В ЗАДАЧІ ОЦІНЮВАННЯ СКЛАДНОСТІ ООП ЧЕРЕЗ ЗВ'ЯЗКИ МІЖ КЛАСАМИ ЗАСТОСУНКІВ, ЩО СТВОРЮЮТЬСЯ ЗА ДОПОМОГОЮ SPRING FRAMEWORK

Давидов Д.В.¹; Латанська Л.О., к.ф.-м.н., доц.²

^{1,2} Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

^{1,2} Миколаїв, Україна

¹ den0802200303@gmail.com; ² llatanskaya@gmail.com

Анотація. У роботі запропоновано побудову еліпсу передбачення, оснований на перетворенні у вигляді десяткового логарифму, для оцінювання складності ООП через зв'язки між класами застосунків, що створюються за допомогою Spring Framework.

Ключові слова: еліпс передбачення; складність ООП; зв'язки між класами; застосунки; Spring Framework.

Вступна частина. На сьогоднішній день питання оцінювання складності ООП на основі зв'язків між класами є актуальним для ІТ-компаній, так як це допомагає значно знизити витрати на поточну розробку і підтримку програмних продуктів протягом їх життєвого циклу. При оцінюванні складності ООП через зв'язки між класами в [1] запропоновано використовувати разом наступні об'єктно-орієнтовані метрики: зв'язність між об'єктами (CBO, Coupling Between Objects) та відгуки класу (RFC, the Response for Class). Вказані метрики відносяться до набору метрик Чидамбера-Кемерера та, зазвичай, аналізують окремо, без урахування кореляції між ними. При цьому допустимі значення визначають лише на рівні окремого класу, що може призвести до помилкових результатів досліджень. З [2] відомо, що значення CBO менше 14 та RFC менше 50 для класу являються допустимими. Згідно з [3], перевищення цих порогів для метрик CBO та RFC може вказувати на проблеми в дизайні класів, що призводить до ускладнень у супроводженні, розширенні, налагодженні та тестуванні системи. Цей підхід забезпечує базу для прийняття рішень щодо можливого рефакторингу коду з метою зменшення зв'язності та спрощення відповідальності класів. Саме тому виникає потреба у створенні математичної моделі, яка дозволить оцінювати складність ООП на основі зв'язків між класами за значеннями метрик CBO та RFC з урахуванням кореляції між ними на рівні всієї системи, зокрема і для програмних застосунків з використанням Spring Framework.

Мета роботи полягає в побудові еліпсу передбачення для оцінювання складності ООП через зв'язки між класами застосунків, що створюються за допомогою Spring Framework.

Основна частина. Для проведення дослідження на ресурсі GitHub (<https://github.com>) знайдено 50 застосунків, що створені за допомогою Spring Framework. Для збору значень з метрик CBO та RFC застосовано ПЗ для знаходження числових характеристик класу SK Metrics [4].

Оцінювати складність ООП на основі зв'язків між класами планується за допомогою еліпса передбачення. Як відомо з [5], в статистиці рівняння еліпса передбачення використовується для виявлення викидів у двовимірних нормально розподілених даних. При перевірці нормальності розподілу даних метрик CBO та RFC буде використано критерій Мардіа, який ґрунтується на обчисленні асиметрії та ексцесу в багатовимірному просторі.

У разі виявлення негаусівського розподілу, як зазначено в [6], для оцінювання складності ООП на основі зв'язків між класами пропонується використати рівняння еліпса передбачення, що залежить від нормалізованих даних метрик СВО та RFC. В якості нормалізуючого перетворення буде використовуватися десятиковий логарифм.

Вихід точки нормалізованих даних за межі еліпса передбачення буде вказувати на наявність викидів з певною ймовірністю, для якої еліпс був побудований. Гарною практикою є використання довірчої ймовірності 0,995, яку зазвичай вибирають при визначенні викидів у багатовимірних даних. Також вихід точки даних з нормалізованими значеннями метрик СВО та RFC на рівні застосунку за межі еліпса буде свідчити про підвищену складність ООП. Якщо ж точка знаходиться всередині еліпса, то складність є невисокою.

Висновки. При оцінюванні складності ООП на основі зв'язків між класами застосунків, розроблених з використанням Spring Framework, пропонується застосовувати еліпс передбачення, який залежить, у випадку гаусівського розподілу, від даних метрик СВО та RFC, а при негаусівському розподілі – від нормалізованих даних метрик СВО та RFC. У подальших етапах планується побудова та програмна реалізація математичної моделі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Chidamber, S., & Kemerer, C. (1994). A metrics suite for object oriented design. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 20(6), 476-493.
- [2] Benkaddour, R. (2024). *Analyzing CK Metrics Results and Quality Assessment*. <https://medium.com/@benkaddourmed54/analyzing-ck-metrics-results-and-quality-assessment-a70ba56534f0>
- [3] Sahraoui, H.A., Godin, R., & Miceli, T. (2000). Can metrics help to bridge the gap between the improvement of OO design quality and its automation? *Software Maintenance : 2000 International Conference (ICSM)* (pp. 154-162). San Jose, CA, USA. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICSM.2000.883034>
- [4] Aniche, M. (2015). *Java code metrics calculator (CK)*. <https://github.com/mauricioaniche/ck>
- [5] Приходько, С.Б., & Смикодуб, Т.Г. (2021). Математична модель для перевірки взаємозв'язків між частинами Java-застосунків за метриками RFC та СВО. *Інформаційні технології: моделі, алгоритми, системи): II-га Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція (ITMAS-2021)* (С. 25-26). Миколаїв, Україна. <http://itconf.nuos.edu.ua/2021/proceedings/>
- [6] Приходько, С.Б., Кольцов, А.В., & Грабінський, М.Р. (2023). Математична модель для визначення складності об'єктно-орієнтованого проектування через зв'язки між класами застосунків з відкритим кодом на Kotlin. *Інформаційні технології: моделі, алгоритми, системи : IV-а Всеукраїнська науково-практична інтернет конференція (ITMAS-2023)* (С. 38-39). Миколаїв, Україна. <http://itconf.nuos.edu.ua/2023/proceedings/>

Davydov D.V., Latanska L.O.

Mathematical modeling in the problem of assessing the complexity of OOP through connections between classes of applications created using the Spring Framework

Abstract. The paper proposes the construction of a prediction ellipse based on the conversion in the form of a decimal logarithm to estimate the complexity of OOP through the relationships between classes of applications created using the Spring Framework.

Keywords: prediction ellipse; complexity of OOD; relationships between classes; applications; Spring Framework.

УДК 004.412:519.237.5

РАННЄ ОЦІНЮВАННЯ РОЗМІРУ CMS МОВОЮ PHP

Латанська Л.О., к.ф.-м.н., доц.¹; Савчук Г.Ю.²

^{1,2} Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

^{1,2} Україна, Миколаїв

¹ llatanskaya@gmail.com; ² greg.savchuk12@gmail.com

Анотація. В роботі було побудовано нелінійну регресійну модель для оцінювання кількості строк коду CMS мовою PHP.

Ключові слова: LOC оцінювання; веб-застосунок; нелінійна регресійна модель; розробка програмного забезпечення.

Вступна частина. Визначення трудомісткості розробки на початкових етапах роботи над проектом є важливою задачею проектних менеджерів. Існують різні підходи для визначення трудомісткості, зокрема використання математичних моделей таких як, наприклад, СОСОМО II. Застосування моделі СОСОМО II передбачає знання про розмір програмного забезпечення у строках коду, який в більшості випадків невідомий. Саме тому існує потреба в ранньому оцінюванні розміру програмного забезпечення.

CMS (Content Management System) – це системи управління контентом, які дозволяють створювати, редагувати, організовувати та керувати цифровим вмістом на сайті без глибоких знань програмування. CMS є програмними платформами, що надають користувачам зручний інтерфейс і безліч вбудованих функцій для налаштування та адміністрування сайту. За допомогою CMS можна легко додавати нові сторінки, оновлювати інформацію, керувати дизайном, структурою та функціональністю веб-сайту. Історично склалось, що мова PHP є основною мовою веб-розробки й більша частина CMS розроблені саме цією мовою.

На сьогодні відомі як лінійні, так і нелінійні регресійні моделі для визначення розміру програмного забезпечення для таких мов програмування як C++, Java, Visual Basic, PHP [1-6]. Вищезазначені моделі будувались з використанням метрик діаграми класів (у різних комбінаціях), серед яких: загальна кількість класів, загальна кількість зв'язків, середня кількість атрибутів на клас, сума середньої кількості класів, на які впливає даний клас, і середньої кількості класів, з яких даний клас отримує ефекти, середня кількість методів, глибина дерева наслідування. У роботі [6] автори досліджували PHP фреймворки та визначили, що для отримання достовірних оцінок розміру існує необхідність будувати нелінійні регресійні моделі під кожний окремий фреймворк. Ми схильні вважати, що це також справедливо й для проектів різних типів, зокрема для CMS, що й слугує підставою для проведення досліджень.

Метою роботи є побудова нелінійної регресійної моделі для оцінювання розміру CMS мовою PHP у тисячах строк коду з використанням нормалізуючого перетворення десяткового логарифму.

Основна частина. Побудова нелінійної регресійної моделі на першому етапі вимагає пошуку емпіричних даних. Серед розміщених на сайті GitHub (<https://github.com/>) було знайдено 45 проектів CMS мовою PHP. Для отримання метрик програмного забезпечення було використано інструмент PhpMetrics. Для побудови нелінійної регресійної моделі використовувались метрики діаграми класів такі, як розмір веб-застосунку Y у тисячах строк коду, кількість класів X_1 , середня кількість методів у класі X_2 , глибина дерева наслідування X_3 . Наведений перелік метрик було обрано через ряд причин, серед яких: можливість

отримання цих метрик на ранній стадії роботи над проектом з діаграми класів, відсутність мультиколінеарності між метриками. Для визначення викидів у даних використовували квадрат відстані Махаланобіса [7].

Отримана нелінійна регресійна модель для CMS мовою PHP має вигляд: $Y = 10^{\varepsilon + \hat{b}_0} X_1^{\hat{b}_1} X_2^{\hat{b}_2} X_3^{\hat{b}_3}$, де ε – гаусівська випадкова величина. Оцінки параметрів $\hat{b}_0, \hat{b}_1, \hat{b}_2, \hat{b}_3$ дорівнюють -1,9927, 0,9663, 1,5259 та -0,4627 відповідно. Якість побудованої моделі було оцінено за допомогою розрахунку множинного коефіцієнту детермінації R^2 , середньої величини відносної похибки $MMRE$ та відсотку прогнозованих результатів $PRED(0,25)$. Значення R^2 , $MMRE$ і $PRED(0,25)$ для створеної моделі дорівнюють відповідно 0,970, 0,148 і 0,806, що свідчить про прийнятну якість отриманої моделі [7].

Висновки. В роботі було побудовано нелінійну регресійну модель, для оцінювання розміру CMS мовою PHP, яка залежить від трьох метрик діаграми класів. Отримана модель має задовільні оцінки якості. В подальшому планується застосувати більш потужні нормалізуючі перетворення для отримання більш якісної моделі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Kiewkanya, M., & Surak, S. (2016). Constructing C++ software size estimation model from class diagram. *2016 IEEE 13th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE)* (pp. 1-6). Khon Kaen, Thailand. <https://doi.org/10.1109/jcsse.2016.7748880>
- [2] Prykhodko, N. V., & Prykhodko, S. B. (2018). The non-linear regression model to estimate the software size of open source Java-based systems. *Radio Electronics, Computer Science, Control*, 3, 158-166. <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2018-3-17>
- [3] Prykhodko, N. V., & Prykhodko, S. B. (2018). Non-linear regression model to estimate the software size of Vb-based information systems. *Information Technology and Computer Engineering*, 43(3), 37-42. <https://doi.org/10.31649/1999-9941-2018-43-3-37-42>
- [4] Tan, H.B.K., Zhao, Y., & Zhang, H. (2006). Estimating LOC for information systems from their conceptual data models. *Software Engineering : 2006 28th International Conference (ICSE '06)* (pp. 321-330). Shanghai, China. <https://doi.org/10.1145/1134285.1134331>
- [5] Приходько, С.Б., Приходько, Н.В., Фаріонова, Т.А., & Ворона, М.В. (2020). Трьохфакторна нелінійна регресійна модель для оцінювання розміру PHP-застосунків з відкритим кодом. *Науковий журнал «Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки»*, 31 (70), 124-131. doi: 10.32838/2663-5941/2020.1- 1/23
- [6] Prykhodko, S., Shutko, I., & Prykhodko, A. (2022). Early size estimation of web apps created using codeigniter framework by nonlinear regression models. *Radioelectronic and computer systems*, 3, 84-94. <https://doi.org/10.32620/reks.2022.3.06>
- [7] Prykhodko, N.V., & Prykhodko, S.B. (2018). Constructing the non-linear regression models on the basis of multivariate normalizing transformations. *Electronic modeling*, 6 (40), 101-110. doi: 10.15407/emodel.40.06.101

Latanska Liudmyla, Savchuk Hryhorii

Early LOC estimation of PHP-based CMS

Abstract. In work a nonlinear regression model for estimating LOC of PHP-based CMS was created.

Keywords: LOC estimation; web application; nonlinear regression model; software development.

УДК 004.412:519.237.5

НЕЛІНІЙНА РЕГРЕСІЙНА МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ КІЛЬКОСТІ СТРОК КОДУ МУЛЬТИМЕДІЙНИХ ЗАСТОСУНКІВ ДЛЯ ANDROID, ЩО СТВОРЮЮТЬСЯ НА ПЛАТФОРМІ FLUTTER

Приходько С.Б., д.т.н. проф.¹; Іванов Д.О.²

^{1,2}, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

^{1,2}, Україна, Миколаїв

¹ sergiy.prykhodko@nuos.edu.ua ; ² 2231289@nuos.edu.ua

Анотація. В роботі на основі перетворення у вигляді десяткового логарифму побудована багатофакторна нелінійна регресійна модель для оцінювання кількості строк коду мультимедійних застосунків для Android, що створюються на платформі Flutter.

Ключові слова: нелінійна регресійна модель; оцінювання кількості строк коду; Flutter; мультимедійні застосунки; Android.

Вступна частина. Оцінювання розміру програмних застосунків є важливою задачею на ранній стадії їх розробки, оскільки ця інформація використовується для прогнозування трудомісткості створення програмного забезпечення за допомогою математичних моделей, наприклад, таких як СОСОМО II. Наразі значна кількість мультимедійних застосунків для Android створюється з використанням платформи Flutter [1].

На теперішній час відомі нелінійні регресійні моделі для оцінювання кількості строк коду різноманітних програмних застосунків з відкритим кодом у переважній більшості в залежності від трьох метрик, що можуть бути визначені за діаграмою класів: загальна кількість класів, середня кількість методів на клас та глибина дерева спадкування. [2] Але ці моделі побудовані в першу чергу для застосунків, що створюються з використанням інших технологій. Для мультимедійних застосунків на Flutter подібні моделі відсутні. Крім того, існуючі моделі не завжди дають достовірні результати у разі оцінювання кількості строк коду застосунків на Flutter. Тому виникає потреба у побудові відповідних моделей для оцінювання кількості строк коду мультимедійних застосунків для Android, що створюються на платформі Flutter.

Метою дослідження є побудова нелінійної регресійної моделі для оцінювання кількості строк коду мультимедійних застосунків для Android, що створюються на платформі Flutter.

Основна частина. Розглянемо побудову нелінійної регресійної моделі для оцінювання кількості строк коду (KLOC) [3] мультимедійних Flutter-застосунків в залежності від трьох факторів: СВО, WMC та DIT. Для цього програмні метрики з 100 мультимедійних застосунків з відкритим кодом на Flutter, які були отримані за допомогою інструменту метричного аналізу коду Dart Code Metrics [4]. Далі було перевірено багатовимірні дані на нормальність за допомогою тесту Мардіа (Mardia's test), який базується на багатовимірних асиметрії та ексцесі. Тест показав, що розподіл даних не є гаусівським. Тому для визначення наявності викидів у даних було використано тест на основі квадрату відстані Махаланобіса для нормалізованих за десятковим логарифмом даних. Після видалення викидів залишилась вибірка із 79 застосунків. Для обґрунтування необхідності побудови нелінійної регресійної моделі для оцінювання кількості строк коду Flutter-застосунків було перевірено якість існуючих моделей для оцінювання розміру Kotlin-застосунків. Були отримані значення наступних показників якості моделей з роботи [5], яка використовує залежність SLOC від середньої кількості методів на клас та глибина дерева спадкування (DIT). При застосуванні цієї моделі до наших даних показав, що існуючі моделі не можуть бути застосовані до більшості даних з Flutter-застосунків. Це пояснюється суттєвою різницею в діапазонах

метрик. Для наших даних діапазони становлять: CBO: [0,0454, 1,8297], WMC: [1,5384, 17,9090], DIT[0,6363, 1,4], а для застосунків на Kotlin: CBO - [0.995, 4.724], WMC - [2,167, 13,020], DIT - [2,118, 19,487]. Надалі дані були розбиті на 2 вибірки: 60% (49 застосунків) для побудови моделі та 40% (30 застосунків) для її тестування. При розбитті враховувалось, щоб у вибірці для побудови моделі були присутні мінімальні та максимальні значення метрик, а у тестовій вибірці - значення, близькі до екстремумів. Використовуючи зібрані дані із зазначених вище метрик була побудована нелінійна регресійна модель виду: $Y = 10^{\varepsilon + \hat{b}_0} X_1^{\hat{b}_1} X_2^{\hat{b}_2} X_3^{\hat{b}_3}$, де Y – SLOC, X_1 – CBO, X_2 – WMC, X_3 – DIT, ε – гаусівська випадкова величина з нульовим математичним сподіванням та середньоквадратичним відхиленням, оцінка якого дорівнює 0, 2366, $\hat{b}_0, \hat{b}_1, \hat{b}_2, \hat{b}_3$ та є оцінками параметрів, які мають відповідно такі значення: -0, 2548, -0, 4281, 1,1850, -2,5230. Оцінки параметрів були отримані за допомогою методу найменших квадратів. Створена нелінійна регресійна модель була перевірена за відомими показниками R^2 , MMRE та PRED(0.25). Для побудованої моделі було отримано наступні значення: $R^2 = 0,6623$, MMRE = 0,4616 та PRED(0,25) = 0,3265. На тестовій вибірці показники якості склали: $R^2 = 0,6631$, MMRE = 0, 5744 та PRED(0,25) = 0, 3667. Ці результати підтверджують задовільну якість розробленої моделі. Також були визначені довірчі інтервали та інтервали прогнозування нелінійної регресії для SLOC в залежності від метрик CBO, WMC та DIT на рівні застосунку, які можуть використовуватися для оцінювання кількості строк коду мультимедійний застосунків для Android що створенні на Flutter.

Висновки. В роботі на основі десятичного логарифму була побудована багатфакторна факторна нелінійна регресійна модель з показниками для оцінювання кількості строк коду мультимедійних застосунків для Android, що створюються на платформі Flutter. Побудована модель має добру якість відповідного оцінювання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Flutter (n.d.). Build apps for any screen: <https://flutter.dev/>
- [2] Приходько, С.Б., Приходько, Н.В., & Смикодуб, Т.Г. (2020). Чотирьохфакторна нелінійна регресійна модель для оцінювання розміру Java-застосунків з відкритим кодом. *Науковий журнал «Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки»*, 2(70), 157-162 <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2020.2-1/25>
- [3] Sheldon, R. (2023). Metrics KLOC.: <https://www.techtarget.com/whatis/definition/KLOC-thousands-of-lines-of-code>.
- [4] DCM – Code Quality Tool for Flutter Developers. (n.d.). Retrieved October 03, 2024 from <https://dcm.dev/>
- [5] Приходько, С.Б., Кольцов, А.В., Грабовський, Є.В. (2023). Нелінійна регресійна модель для оцінювання метрики RFC застосунків з відкритим кодом на Kotlin. *Інформаційні технології: моделі, алгоритми, системи : IV-я Всеукраїнська науково-практична інтернет конференція (ITMAS-2023)* (С. 25-26). Миколаїв, Україна: <https://itconf.nuos.edu.ua/2023/proceedings/>

Prykhodko S.B, Ivanov D.O.

A nonlinear regression model for estimating the number of code lines of multimedia applications for Android created on the flutter platform

Abstract. In this paper, a three-factor nonlinear regression model is built on the basis of the decimal logarithm transformation to estimate the number of code lines of multimedia applications for Android created on the Flutter platform.

Keywords: nonlinear regression model; code line count estimatio; Flutter; multimedia applications; Android.

УДК 004.412:519.237.5

НЕЛІНІЙНА РЕГРЕСІЙНА МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ МЕТРИКИ RFC ЗАСТОСУНКІВ ДЛЯ ОНЛАЙН-ПОКУПОК З ВІДКРИТИМ КОДОМ НА JAVA

Приходько С.Б., д.т.н., проф.¹; Скакунов Г.О.²^{1,2} Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова^{1,2} Україна, Миколаїв¹ sergiy.prykhodko@nuos.edu.ua; ² gskakunov518@gmail.com

Анотація. В роботі на основі перетворення у вигляді десяткового логарифму побудована нелінійна регресійна модель для оцінювання метрики RFC застосунків для онлайн-покупок з відкритим кодом на Java в залежності від двох факторів: метрик CBO та WMC.

Ключові слова: оцінювання, метрика RFC; нелінійна регресійна модель; якість програмного забезпечення; Java; CBO; WMC.

Вступна частина. Сучасні тенденції розвитку програмного забезпечення (ПЗ) демонструють зростаючу популярність мови Java у розробці різноманітних програмних рішень. Особливості архітектури застосунків для онлайн-покупок на Java потребують врахування і при оцінюванні їх якості. Існуючі методи розроблені для інших типів застосунків та не враховують ці особливості, що може призводити до хибних оцінок. Один із методів для оцінювання якості ПЗ базується на нелінійній регресійній моделі метрики RFC (Response for a Class) в залежності від метрик CBO (Coupling Between Object classes) та WMC (Weighted Methods per Class) [1]. Але зазначена модель, як це буде показано далі, не завжди може бути застосована для оцінювання метрики RFC застосунків для онлайн-покупок на Java.

Тому **метою дослідження** є побудова нелінійної регресійної моделі для оцінювання метрики RFC застосунків для онлайн-покупок з відкритим кодом на Java в залежності від метрик CBO та WMC.

Основна частина. Дослідження базується на аналізі даних зі 100 застосунків для онлайн-покупок з відкритим кодом на Java, розміщених на платформі GitHub. Використання інструменту SourceMeter [2] дозволило отримати відносні метрики RFC, CBO та WMC. Після статистичної обробки та видалення викидів за допомогою відповідного методу, який заснований на квадраті відстані Махаланобіса для нормалізованих даних, залишилася вибірка з 87 застосунків. Для обґрунтування необхідності побудови нелінійної регресійної моделі було проведено аналіз існуючих моделей оцінювання RFC в залежності від CBO та WMC для Java [1, 3] та Kotlin [4]. Аналіз показав, що існуючі моделі не можуть бути застосовані до більшості даних із застосунків для онлайн-покупок з відкритим кодом на Java. Це пояснюється різницею в діапазонах метрик. Для наших даних діапазони метрик становлять: CBO - [0,4, 6,39], WMC - [1,6, 20,85], RFC - [1,6, 13,95]. Діапазони для застосунків на Java: CBO - [5,071, 22,417], WMC - [8,042, 71,837], RFC - [7,306, 37,278], а для застосунків на Kotlin: CBO - [0,995, 4,724], WMC - [2,167, 13,020], RFC - [2,118, 19,487]. Це підтверджує необхідність створення нової моделі для оцінювання RFC застосунків для онлайн-покупок з відкритим кодом на Java.

У подальшому дані були розділені на навчальну (51 застосунок) та тестову (36 застосунків) вибірки. При розбитті враховувалось, щоб у вибірці для побудови моделі були присутні мінімальні та максимальні значення метрик, а у тестовій вибірці – у тому числі

значення, близькі до граничних першої вибірки. На основі даних із 51 застосунку за методом, який базується на нормалізуючих перетвореннях, була побудована нелінійна регресійна модель, яка має вигляд: $Y = 10^{\varepsilon + \hat{b}_0} X_1^{\hat{b}_1} X_2^{\hat{b}_2}$, де Y – метрика RFC, X_1 – метрика CBO, X_2 – метрика WMC, ε – гаусівська випадкова величина з нульовим математичним сподіванням та середньоквадратичним відхиленням, оцінка якого дорівнює 0,0732, $\hat{b}_0$, $\hat{b}_1$ та $\hat{b}_2$ є оцінками параметрів, які мають відповідно такі значення: 0,0301, 0,0490 та 0,9950. Оцінки параметрів були отримані за допомогою методу найменших квадратів. Модель була побудована за методом, який базується на нормалізуючих перетвореннях у вигляді десяткового логарифму. Значення показників якості R^2 , MMRE та PRED(0,25) для створеної моделі дорівнюють відповідно 0,9417, 0,1369 та 0,8235. Показники якості моделі на тестовій вибірці мають наступні значення: $R^2 = 0,9313$, MMRE = 0,1856, PRED(0,25) = 0,7222. Це свідчить про добру якість отриманої моделі. Також були визначені довірчі інтервали та інтервали прогнозування нелінійної регресії для RFC в залежності від метрик CBO та WMC на рівні застосунку, які можуть використовуватися для визначення якості застосунків для онлайн-покупок з відкритим кодом на Java за методикою [1].

Висновки. В роботі на основі десяткового логарифму була розроблена нелінійна регресійна модель для оцінювання метрики RFC застосунків для онлайн-покупок з відкритим кодом на Java на основі метрик CBO та WMC. Модель показала добру якість оцінювання метрики RFC застосунків для онлайн-покупок з відкритим кодом на Java та у подальшому може використовуватися для визначення їх якості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Prykhodko, S., & Prykhodko, N. (2022). A technique for detecting software quality based on the confidence and prediction intervals of nonlinear regression for RFC metric. *Computer Sciences and Information Technologies : 2022 IEEE 17th International Conference (CSIT-2022)*, (pp. 499-502). Lviv, Ukraine.
- [2] SourceMeter (n.d.). Retrieved October 12, 2024 from <https://sourcemeter.com/>
- [3] Приходько, С.Б., & Позняков, Р.О. (2022). Нелінійна регресійна модель для оцінювання метрики RFC застосунків з відкритим кодом на Java. *Інформаційні технології: моделі, алгоритми, системи : III-я Всеукраїнська науково-практична інтернет конференція (ITMAS-2022)*, (С. 8-9). Миколаїв, Україна. <http://itconf.nuos.edu.ua/2022/wp-content/uploads/sites/5/NUOS-ITMAS-2022-Proceedings.pdf>
- [4] Приходько, С.Б., Кольцов, А.В., & Грабовський, Є.В. (2023). Нелінійна регресійна модель для оцінювання метрики RFC застосунків з відкритим кодом на Kotlin. *Інформаційні технології: моделі, алгоритми, системи : IV-я Всеукраїнська науково-практична інтернет конференція (ITMAS-2023)*, (С. 20-21). Миколаїв, Україна. <https://itconf.nuos.edu.ua/2023/wp-content/uploads/sites/6/NUOS-ITMAS-2023-Proceedings.pdf>

Prykhodko S.B., Skakunov H.O.

A nonlinear regression model for estimating the RFC metric of open-source online shopping applications in Java

Abstract. In this paper, a nonlinear regression model is built on the basis of the decimal logarithm transformation to evaluate the RFC metric of open-source online shopping applications in Java, depending on two factors: CBO and WMC metrics.

Keywords: estimation, RFC metric; nonlinear regression model; software quality; Java; CBO; WMC.

УДК 004.412:519.237.5

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ СКЛАДНОСТІ ОБ'ЄКТНО-ОРІЄНТОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ЧЕРЕЗ ЗВ'ЯЗКИ МІЖ КЛАСАМИ 2D ІГОР НА РУШІЇ UNITY

Семенчук І.М.¹; Макарова Л.М., к.т.н, доц.²

^{1,2} Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

^{1,2} Україна, Миколаїв

¹ semenchuk2001ivan@gmail.com; ² lidiia.makarova@nuos.edu.ua

Анотація. У роботі представлено математичну модель для оцінювання складності об'єктно-орієнтованого проектування через зв'язки між класами 2D ігор, розроблених на рушії Unity, з використанням трансформованого еліпса передбачення. В основі моделі лежить аналіз метрик ПЗ, таких як відгук класу (RFC) та зв'язаність між об'єктами (CBO).

Ключові слова: оцінювання складності об'єктно-орієнтованого проектування; зв'язки між класами; 2D ігри; Unity; еліпс передбачення.

Вступна частина. Щороку на рушії Unity розробляється велика кількість ігор, яка постійно зростає. Понад 50% всіх мобільних ігор розробляються на цьому рушії, а загальна кількість нових ігор на різних платформах може сягати тисяч. На Unity виходить від 6000 до 10000 ігор щороку тільки на платформі Steam. Якщо врахувати мобільні платформи, наприклад, App Store та Google Play, інді-ігри та менші платформи, ця цифра значно зростає і може перевищувати 20000 - 30000 нових ігор щороку [1].

Сучасна індустрія розробки ігор стикається з викликами, пов'язаними із складністю об'єктно-орієнтованого проектування. Оцінювання складності через зв'язки між класами є важливим аспектом, оскільки воно безпосередньо впливає на подальші витрати та ефективність підтримки, оновлення ПЗ. Відомо, що метрики ПЗ, такі як CBO та RFC, можуть слугувати інструментами для такого оцінювання [2]. Однак традиційний аналіз цих метрик зазвичай виконується окремо, без урахування їхньої кореляції на рівні проекту. Це спонукає до потреби в розробці математичної моделі, яка б узгоджувала дані метрики для оцінювання складності 2D ігор на рушії Unity.

Метою дослідження є створення математичної моделі для оцінювання складності об'єктно-орієнтованого проектування через зв'язки між класами на основі метрик RFC та CBO для 2D ігор, розроблених на рушії Unity.

Основна частина. Для досягнення поставленої мети можна скористатися трансформованим еліпсом передбачення. Згідно з аналогічним підходом, представленим у роботі [3], трансформований еліпс передбачення є ефективним інструментом для оцінювання складності об'єктно-орієнтованого проектування за даними метрик RFC та CBO, з урахуванням їх кореляції.

У поточній роботі використовується трансформований еліпс передбачення для оцінювання складності об'єктно-орієнтованого проектування через зв'язки між класами. Аналіз проводився на основі даних 50 2D ігор, розроблених на рушії Unity, що включають метрики CBO та RFC. За допомогою міри Мардіа [4], було перевірено, що двовимірний розподіл метрик RFC і CBO не є гаусівським. Дані нормалізувалися за допомогою перетворення у формі десяткового логарифму. Далі за допомогою побудови еліпсу передбачення з використанням квадрату відстані Махаланобіса було знайдено один викид, який був видалений з набору даних. Детальніше аналіз даних метрик, їх передобробку та побудову еліпсу передбачення для нормалізованих даних наведено в роботі [5].

З допомогою зворотного нормалізуючого перетворення на основі 34 точок, які представляють метрики RFC і CBO, було побудовано трансформований еліпс передбачення,

що дозволяє оцінити загальну складність об'єктно-орієнтованого проектування на рівні проєкту (див. рис 1). Вихід точки даних за межі еліпса свідчить про високу складність проєкту, в той час як ті точки, що знаходяться всередині, вказують, що проєкт має задовільну складність.

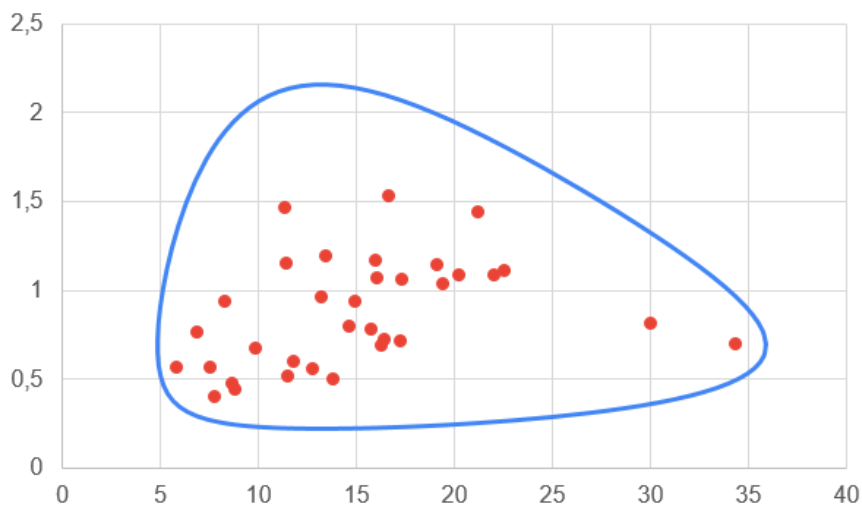


Рисунок 1 – Трансформований еліпс передбачення

Висновки. У результаті дослідження була створена математична модель для оцінювання складності проектування 2D ігор на рушії Unity. Запропонована математична модель на основі трансформованого еліпса передбачення є ефективним інструментом для оцінювання складності об'єктно-орієнтованого проектування. В майбутньому планується перевірка моделі на іншому наборі даних та розробка програми для автоматизації розрахунків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Read, S. (Jul 28, 2022). World Economic Forum. Gaming is booming and is expected to keep growing. <https://www.weforum.org/agenda/2022/07/gaming-pandemic-lockdowns-pwc-growth/>
- [2] Chidamber, S., & Kemerer, C. (1994). A metrics suite for object-oriented design. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 20 (6), 476-493.
- [3] Приходько, С.Б., & Смикодуб, Т.Г. (2021). Математична модель для перевірки взаємозв'язків між частинами Java-застосунків за метриками RFC та СВО. *Інформаційні технології: моделі, алгоритми, системи: II-га Всеукраїнська науково-практична інтернет конференція (ITMAS – 2021), Миколаїв, Україна*. 25-26.
- [4] Zaiontz, C. Real statistics using Excel. Multivariate Normality Testing (Mardia). (n.d.). <https://real-statistics.com/multivariate-statistics/multivariate-normal-distribution/multivariate-normality-testing/>
- [5] Семенчук, І.М., & Макарова, Л.М. (2023). Попередня обробка інформації для оцінювання складності розробки 2D ігор, що створюються на ігровому рушії Unity. *Інновації в суднобудуванні та океанотехніці: XIV Міжнародна науково-технічна конференція, Миколаїв: НУК*. 467-469.

Semenchuk I.M., Makarova L.M.

Mathematical model for estimating the complexity of object-oriented design through class relationships in 2D games on the Unity engine

Abstract. This work presents a mathematical model for assessing the complexity of object-oriented design through the relationships between classes in 2D games developed on the Unity engine, using a transformed prediction ellipse. The model is based on the analysis of software metrics such as Class Response for a Class (RFC) and Coupling Between Objects (CBO).

Keywords: assessment of object-oriented design complexity; class relationships; 2D games; Unity; prediction ellipse.

ОСОБЛИВОСТІ ОТРИМАННЯ МЕТРИК З JAVA ТА KOTLIN ПРОГРАМНИХ ПРОЕКТІВ НАТИВНИХ МОБІЛЬНИХ ANDROID ЗАСТОСУНКІВ

Макарова Л.М., к.т.н, доц.¹; Татаренко М.А.²

^{1,2} Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

^{1,2} Україна, Миколаїв

¹ lidiia.makarova@nuos.edu.ua; ² multi3volume@gmail.com

Анотація. Кількісні значення метрик програмного забезпечення використовують для вимірювання властивостей програмних проектів або розробки програмного забезпечення, побудови регресійних моделей для оцінювання його розміру або якості. Такі значення метрик отримують за допомогою спеціальних інструментів-аналізаторів. Спектр вибору таких інструментів залежить від мови програмування. У роботі показано що для одного і того ж програмного проекту, однієї і тієї ж метрики, отримані кількісні значення цієї метрики сильно залежать від конкретного інструменту. Зокрема, це важливо при побудові регресійних моделей для оцінювання розміру або якості нативних мобільних застосунків для ОС Android.

Ключові слова: метрики програмного забезпечення; вимірювання метрик програмного забезпечення; регресійні моделі; проектування мобільних застосунків; Java; Kotlin, Android.

Вступна частина. Процес отримання кількісних значень метрик програмного забезпечення займає одне з ключових місць при побудові якісної регресійної моделі. Цей процес є не тільки важливим, але й трудомістким. Чим більше кількість проектів, з яких будуть отримані кількісні значення метрик, тим більша трудомісткість цього процесу.

Для підвищення якості та точності регресійної моделі, що буде будуватися, потрібно враховувати різні складові, серед яких мова програмування, якою реалізовані програмні проекти та тип цих проектів. Врахування даних складових - наступний крок у підвищенні точності регресійної моделі.

Запропонований підхід застосовується до будь-яких програмних проектів, у тому числі і до нативних мобільних застосунків для ОС Android, які до того ж відрізняються від звичайних десктопних або інших програм [1]. Для реалізації таких нативних мобільних застосунків використовуються дві основні мови програмування: Java та Kotlin.

Мета роботи. Аналіз існуючих інструментів для отримання кількісних значень метрик із програмних проектів нативних мобільних Android застосунків, реалізованих мовами програмування Java і Kotlin, для побудови регресійних моделей для оцінювання розміру або якості.

Основна частина. Перед побудовою регресійної моделі відбувається процес збору програмних проектів у набір даних (або кілька наборів даних), потім йде процес отримання кількісних значень з метрик ПЗ. Наступний процес - обробка даних з метрик ПЗ, наприклад для оцінювання розміру або якості об'єктно-орієнтованого проектування програмних проектів. Зазвичай у таких випадках застосовуються наступні метрики: LOC (Lines Of Code) - кількість рядків вихідного коду, NC (Number of Classes) - кількість класів. Також застосовуються метрики Чідамбера та Кемерера (Chidamber & Kemerer, CK metrics): WMC (Weighted methods per class) – зважені методи на клас, DIT (Depth of Inheritance Tree) –

глибина дерева успадкування, NOC (Number of Children) – кількість спадкоємців (підкласів) для класу, CBO (Coupling Between Object classes) – зв'язок між класами об'єктів, RFC (Response for a Class) - відповідь для класу, LCOM (Lack of Cohesion in Methods) - відсутність зв'язності методів. Можуть застосовуватися і інші метрики. Також слід зазначити, що для оцінювання розміру ПЗ на ранніх етапах його розробки використовуються метрики UML діаграм, в першу чергу діаграми класів.

Для отримання кількісних значень метрик із програмних проектів реалізованих мовою програмування Java існує велика кількість інструментів [2], наприклад: ck, ckjm, CCCC, Metrics Reloaded, CodeMR, Metrics Tree, DR-Tools Code Health. У той же час для проектів, реалізованих мовою Kotlin таких інструментів значно менше.

Для побудови регресійних моделей для оцінювання розміру або якості об'єктно-орієнтованого проектування нативних мобільних застосунків для ОС Android, які враховують мову програмування, необхідно аналізувати програмні проекти, реалізовані мовами програмування Java та Kotlin. Звичайно, можливе застосування двох різних аналізаторів окремо для кожної мови. Однак існує проблема, що для однієї і тієї ж програмної системи і однієї і тієї ж метрики отримані значення цієї метрики сильно залежать від конкретного інструменту, що використовується. Різні інструменти по-різному розраховують одну і ту ж метрику навіть для проектів, реалізованих однією і тією ж мовою програмування.

В якості прикладу, за допомогою трьох інструментів таких як: ck (1), Metrics Reloaded (2), CodeMR (3), було проаналізовано три програмні проекти, реалізовані мовою програмування Java:

- реалізація шаблону проектування Observer (5 класів, 1 інтерфейс);
- реалізація шаблону проектування MVC (6 класів, 1 інтерфейс);
- застосунок File renamer (16 класів, 2 інтерфейси).

Були зібрані такі метрики: WMC, DIT, CBO, RFC. Результати наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 - Порівняння кількісних значень метрик, отриманих різними інструментами для кількох програмних проектів

Метрик а ПЗ	Observer			MVC			File renamer		
	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
WMC	16	10	16	55	53	44	171	156	132
DIT	6	4	6	19	17	9	26	44	44
CBO	9	10	5	18	20	9	117	61	42
RFC	14	29	32	43	95	65	292	417	259

З таблиці 1 видно, що кожен інструмент показує різні кількісні значення з однієї й тієї ж метрики. При аналізі інших проектів було виявлено, що невідповідність може становити від 10% до кількох разів. Таку різницю в результатах можна пояснити різною інтерпретацією і, відповідно, розрахунком однієї й тієї ж метрики кожним інструментом. Як приклад можна навести метрику WMC. Ця метрика надає вагу кожному методу класу і складає ці ваги.

Найбільш поширені ваги:

- присвоїти значення, рівне одиниці кожному методу (тим самим підрахувавши кількість методів);
- обчислити складність кожного метода за допомогою метрики цикломатичної складності Маккейба (але може застосовуватися і будь яка інша метрика складності).

Застосування інструменту, який поєднує розрахунок метрик для кількох мов програмування є найкращим варіантом на противагу застосуванню окремих інструментів-аналізаторів для кожної мови програмування. Це можна пояснити припущенням, що закладені в такому інструменті алгоритми розраховують одну і ту ж метрику однаково.

Прикладом такого інструменту є CodeMR [3]. Це плагін для інтегрованих середовищ розробки IntelliJ та Eclipse. Існують безкоштовна обмежена та повнофункціональна платна версія даного інструменту. CodeMR дозволяє розраховувати метрики LOC, NC, Чидамбера і Кемерера та інші для програм, написаних на Java, Kotlin, Scala. Плагін підтримує набори метрик на рівні проекту, пакета, класу та методу. У документації наведена інтерпретація та опис усіх метрик, які він дозволяє отримати. В CodeMR основний наголос в представленні результатів розрахунку метрик зроблений на різні варіанти візуалізації. Але в повнофункціональній версії значення метрик доступні у вигляді таблиці. Даний плагін дозволяє генерувати HTML-звіти для всього проекту або кожного робочого набору (Working set). Робочий набір дозволяє розділити весь програмний проект на дрібні частини для більш детального аналізу.

Висновки. При виборі інструменту для отримання метрик з програмних проектів слід виходити з повноти документації, в якій має бути зазначено, як інтерпретуються всі метрики, які дає можливість отримувати конкретний інструмент. Під час аналізу програмних проектів, написаних різними мовами програмування, рекомендується вибирати однаковий аналізатор. Зокрема, це важливо при побудові регресійних моделей для оцінювання розміру або якості нативних мобільних застосунків для ОС Android, для написання яких застосовуються дві основні мови: Java і Kotlin. У роботах з побудови регресійних моделей рекомендується вказувати інструмент-аналізатор, за допомогою якого було отримано кількісні значення тих чи інших метрик.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Shahwaiz, S.A., Malik, A.A., & Sabahat, N. (2016). A parametric effort estimation model for mobile apps. *2016 19th International Multi-Topic Conference (INMIC)*, 1-6. DOI: 10.1109/INMIC.2016.7840114
- [2] Макарова, Л.М., & Татаренко, М.А. (2024). Аналіз інструментів для отримання метрик Чидамбера і Кемерера з програмних проектів, реалізованих мовою Java. *Інновації в суднобудуванні та океанотехніці: зб. матеріалів XIV Міжнародної науково-технічної конференції*. (Миколаїв: НУК імені адмірала Макарова, 26–27 вересня 2024 рік). Миколаїв: НУК імені адмірала Макарова, 2024. 610-612.
- [3] CodeMR is a software quality and static code analysis tool for Java, Kotlin and Scala projects. (2024). Retrieved October 10, 2024, from <https://plugins.jetbrains.com/plugin/10811-codemr>

Makarova L.M., Tatarenko M.A.

Features of obtaining metrics from Java and Kotlin software projects of native mobile Android applications

Abstract. Quantitative values of software metrics are used to measure the properties of software projects or software development, build regression models to assess its size or quality. Such metrics values are obtained using special analyzer tools. The range of such tools depends on the programming language. This work shows that for the same software project, the same metric, the obtained quantitative values of this metric strongly depend on a specific analyzer tool. In particular, this is important when building regression models for estimating the size or quality of native mobile applications for the Android OS.

Keywords: software metrics; measuring software metrics; regression models; mobile application design; Java; Kotlin; Android.

ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНЮВАННЯ МЕТРИК БАНКІВСЬКОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Латанська Л.О., к.ф.-м.н, доцент¹, Половинка А.В.²

^{1,2} Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

^{1,2} Україна, Миколаїв

¹ liudmyla.latanska@nuos.edu.ua; ² anton.polovynka@nuos.edu.ua

Анотація. У роботі розглянуто особливості оцінювання метрик банківського ПЗ, яке є одним із різновидів корпоративного ПЗ. Розглянуто специфіку використання різних програмних рішень у банківському секторі та визначено ключові фактори, що впливають на достовірність оцінювання метрик ПЗ. Визначено необхідність побудови відповідної нелінійної регресійної моделі з використанням такого нормалізуючого перетворення, яке краще нормалізує вихідні дані, що дозволить підвищити достовірність оцінювання метрик банківського ПЗ.

Ключові слова: банківське ПЗ; багаторівнева клієнт-серверна архітектура; оцінювання метрик ПЗ; мікросервіси; трудомісткість розробки ПЗ.

Вступна частина. Автоматизація банківської справи передбачає широке використання комп'ютерних інформаційних систем (ІС) у банках, автоматизацію обробки платіжних документів у відділах, які працюють із клієнтами, в операційних відділах, а також автоматизацію фінансових операцій в рамках міжнародного банківського бізнесу [1]. Банківське ПЗ є специфічним видом корпоративного ПЗ, що відрізняється високими вимогами до безпеки, надійності та масштабованості. ІТ-інфраструктура банку складається з різноманітних програмних комплексів, сукупність яких складає банківські ІС.

Метою роботи є аналіз особливостей метрик банківського ПЗ та їх оцінювання, врахування чого дозволить підвищити якість відповідних регресійних моделей та достовірність оцінювання метрик банківського ПЗ.

Основна частина. Основними метриками, що відіграють ключову роль у визначенні бізнес-цілей та задач на етапі їх планування, є заплановані трудомісткість та тривалість розробки задач в рамках існуючої інфраструктури банківських ІС.

Для оцінювання тривалості розробки ПЗ зазвичай пропонується використання параметричних моделей на основі трудомісткості робіт. Серед цих моделей найпоширенішими є моделі COCOMO [2] та ISBSG [3]. Модель COCOMO – нелінійна регресійна модель тривалості програмних проєктів в залежності від їх трудомісткості, яка побудована для різних типів проєктів ПЗ. Модель ISBSG – більш нова регресійна модель, побудована на основі емпіричних даних International Software Benchmarking Standards Group.

В моделі COCOMO трудомісткість робіт визначається на основі кількості рядків коду. В свою чергу, кількість рядків коду може бути визначена на основі отриманих даних по кількості класів проєкта, середній кількості методів у класі, глибині дерева успадкування та інших. Тобто для прогнозування тривалості та трудомісткості робіт по проєкту на етапі проєктування необхідно мати ці дані.

Але при спробі використати зазначений підхід до оцінювання тривалості розробки банківського ПЗ ми стикаємося з чинниками, які не дозволяють ефективно його застосувати. У якості ключових особливостей розробки банківського ПЗ, котрі впливають на оцінювання

відповідних метрик, можна відзначити наступне.

Для українських банків притаманне використання в процесі побудові IT-інфраструктури багатьох різнопланових програмних комплексів, як покупних або розроблених зовнішніми підрядниками, наприклад, процесінг або операційний день банку (ОДБ), так і внутрішніх – створених безпосередньо розробниками банку.

Майже кожна операція по обслуговуванню клієнта виконується не в одному, а у багатьох різних програмних комплексах, які взаємодіють через побудовані API, часто використовуючи обмін даними не тільки в синхронному, а й в асинхронному режимі за допомогою черг, брокерів повідомлень або шин даних. Це обумовлює велику кількість зв'язків між комплексами, значний взаємний вплив між ними та складність взаємодії.

З урахуванням великої кількості різноманітних складних операцій, банківським ІС притаманна модульність та багаторівнева клієнт-серверна архітектура з розшаруванням на окремі шари, з обов'язковим відокремленням шару представлення (UI, UIL, користувацький інтерфейс), шару застосунку (сервісний рівень) і шару доступу та зберігання даних [4]. Також наразі часто використовуються мікросервісні підходи до розробки ПЗ, що спрощує код кожного окремого модуля, але збільшує їх кількість та ускладнює оркестрацію сервісів в рамках цілого програмного комплексу.

В результаті побудоване середовище банківських ІС з щільною взаємодією та наявністю ключових комплексів, що використовуються в більшості фінансових операцій (ОДБ, процесінгу, авторизації, фінансового моніторингу операцій і т.і.), зумовлює те, що розробка нової бізнес-функціональності полягає в більшості випадків не в створенні нових комплексів, а в модифікації програмного коду вже існуючих. При цьому трудомісткість та тривалість даних модифікацій у більшості випадків не залежать від об'єму коду даних модулів, тому що значна частка коду залишається немодифікованою, а отже традиційні оцінки трудомісткості задачі за кількістю рядків програмного коду починають вносити суттєву похибку та призводять до недостовірності оцінювання.

Також зважаючи на залучення до виконання банківських операцій великої кількості пов'язаних програмних комплексів, що розробляються командами з різною продуктивністю, оцінювання можна здійснювати лише на рівні окремих задач в рамках окремих комплексів, з подальшим отриманням їх інтегральної оцінки для визначення загальних трудовитрат, що плануються, та бізнес-задачі в цілому.

Іншим чинником, що ускладнює використання традиційного підходу оцінювання метрик ПЗ, виступає використання гнучких методологій розробки, таких як Scrum та Kanban, які не передбачають первинної побудови діаграми класів на етапі оцінювання трудомісткості та тривалості проєкту, а тому і унеможливають визначення прогнозу метрик розробки отриманої бізнес-задачі на етапі прийняття рішення по її включенню в бек-лог проєкту.

Висновки. Оцінювання метрик банківського ПЗ є складним завданням через високу ступінь зв'язаності ІС, складну взаємодію та розподіл банківських операцій між різними програмними комплексами. Використання мікросервісів та гнучких методологій розробки створює додаткові труднощі у процесі прогнозування метрик на етапі проєктування. Для точнішого оцінювання необхідний більш комплексний підхід, що включає аналіз різних метрик, які враховують не тільки специфіку кожного програмного комплексу а і їх взаємодію. Результатом даного підходу має бути побудова відповідної нелінійної регресійної моделі з використанням такого нормалізуючого перетворення, яке краще нормалізує вихідні дані, що дозволить підвищити достовірність оцінювання метрик банківського ПЗ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Біленчук, Д.П., & Біленчук, П.Д. (н.д.). Сучасні можливості використання інформаційних технологій у банківській та страховій справі. <https://forinsurer.com/public/03/02/06/265>
- [2] Boehm, B.W. (1981). *Software engineering economics*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- [3] International Software Benchmarking Standards Group (n.d.). <https://www.isbsg.org/>
- [4] Fowler, M. (2002). *Patterns of Enterprise Application Architecture*. Addison-Wesley Professional.

Latanska L.O., Polovynka A.V.

Features of evaluating banking software metrics

Abstract. *The paper considers the peculiarities of evaluating the metrics of banking software, which is one of the varieties of corporate software. The specifics of the use of various software solutions in the banking sector are considered and the key factors influencing the accuracy of software metrics estimation are determined. The necessity of constructing a corresponding nonlinear regression model using such a normalizing transformation is determined, which better normalizes the initial data, which will increase the reliability of estimating bank software metrics.*

Keywords: *banking software; multi-tier client/server architecture; evaluation of software metrics; microservices; software development effort.*

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ РОЗМІРУ ПРОГРАМНИХ ЗАСТОСУНКІВ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬ 2D ГРАФІЧНІ РУШІЇ

Камінський С.С.¹; Бризгалов М.В.²; Макарова Л.М., к.т.н., доц.³

^{1,2,3} Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

^{1,2,3} Україна, Миколаїв

¹191181@nuos.edu.ua; ²2001bruzga2001@gmail.com; ³lidia.makarova@nuos.edu.ua

Анотація. У даній роботі було побудовано нелінійну регресійну модель для оцінювання метрики KLOC програмних застосунків, які працюють на 2D графічних рушіях, використовуючи нормалізацію за допомогою десяткового логарифму. Модель враховує три ключових показники: метрики NCL, NM і DIT.

Ключові слова: оцінювання розміру програмного забезпечення; нелінійна регресійна модель; нормалізація; 2D графічні рушії; KLOC; NCL; NM; DIT.

Вступна частина. Зі зростанням використання 2D графічних рушіїв у розробці ПЗ, оцінювання розміру таких застосунків є важливою частиною процесу управління розробкою ПЗ [1]. Особливості архітектури таких застосунків створюють труднощі в оцінюванні їхнього розміру стандартними засобами. Стандартні підходи, розроблені для інших програмних платформ та мов програмування, не враховують цих особливостей, що може призводити до неточностей у прогнозах. Метрика KLOC (кількість тисяч рядків коду) залежить від метрик NCL (кількість класів), NM (кількість методів) та DIT (глибина дерева успадкування) [2]. Це підкреслює важливість розробки математичної моделі для оцінювання розміру програмних застосунків, особливо метрики KLOC, яка є ключовою для аналізу розміру проектів. У такому контексті доцільно використовувати нелінійні регресійні моделі, побудовані за допомогою нормалізації десятковим логарифмом.

Метою дослідження є побудова нелінійної регресійної моделі для оцінювання метрики KLOC у застосунках, що працюють на 2D графічних рушіях, з урахуванням метрик NCL, NM та DIT і застосуванням нормалізації за допомогою десяткового логарифму.

Основна частина. У цій роботі побудовано нелінійну регресійну модель для прогнозування середнього значення KLOC на основі таких метрик: NCL, NM та DIT. Для побудови моделі були зібрані дані зі 121 програмного застосунку, що використовують 2D графічні рушії, з відкритим кодом, розміщених на GitHub. Метрики KLOC, NCL, NM та DIT були отримані за допомогою спеціалізованого інструменту аналізу коду SourceMeter [3]. Спочатку була проведена перевірка всіх значень на наявність викидів за допомогою методу, заснованого на обчисленні квадрата відстані Махаланобіса для нормалізованих даних. Після видалення викидів залишилась вибірка із 111 застосунків. Для нормалізації даних використовувався десятковий логарифм, що дозволило нормалізувати емпіричні дані та покращити якість подальшого аналізу, спираючись на аналогічні методики [4]. Нормалізовані дані були розбиті на 2 вибірки: 60% (66 застосунків) для побудови моделі та 40% (45 застосунків) для її тестування. При розбитті враховувалось, щоб у вибірці для побудови моделі були присутні мінімальні та максимальні значення метрик, а у тестовій вибірці – значення, близькі до граничних. На основі даних із 66 застосунків була побудована нелінійна регресійна модель виду:

$$Y = 10^{b_0} * X_1^{b_1} * X_2^{b_2} * X_3^{b_3},$$

де Y – розмір програмного застосунку $KLOC$, X_1 – кількість класів NCL , X_2 – кількість методів NM , X_3 – глибина дерева успадкування DIT , b_0 , b_1 , b_2 , b_3 – оцінки параметрів моделі, які мають відповідно такі значення: 1,0919, 0,4375, 0,7196, -0,1547. Оцінки параметрів були отримані за допомогою методу найменших квадратів. Остаточна модель має вигляд:

$$Y = 10^{1,0919} * X_1^{0,4375} * X_2^{0,7196} * X_3^{-0,1547}.$$

Значення R^2 , $MMRE$ та $PRED(0,25)$ для побудованої моделі дорівнюють відповідно: 0,92, 0,25, 0,51. Це свідчить про задовільну якість отриманої моделі. Отримана модель дозволяє оцінювати розмір програмних застосунків, що використовують 2D графічні рушії, на основі метрик NCL , NM , DIT . Варто зазначити, що негативне значення коефіцієнта b_3 для метрики DIT може вказувати на те, що збільшення глибини успадкування класів призводить до зменшення загального розміру програми, можливо, за рахунок більш ефективного повторного використання коду. Для практичного застосування цієї моделі була розроблена програма, яка дозволяє автоматизувати процес оцінювання розміру програмних застосунків, що використовують 2D графічні рушії, на основі метрик NCL , NM та DIT . Ця програма може бути використана розробниками та менеджерами проектів для швидкого отримання оцінок розміру майбутніх програмних застосунків, що використовують 2D графічні рушії.

Висновки. В роботі була побудована нелінійна регресійна модель для оцінювання метрики $KLOC$ програмних застосунків, що використовують 2D графічні рушії, в залежності від метрик NCL , NM та DIT , на основі нормалізації за допомогою десятичного логарифму. Побудована модель демонструє задовільну якість оцінювання за показниками R^2 та $MMRE$, але показник $PRED(0,25)$ не досягає нормативного значення, покращення якості якого можна досягнути за рахунок використання інших нормалізуючих перетворень. Модель може бути використана для прогнозування розміру проектів, що базуються на 2D графічних рушіях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Institute of Data. (13 November, 2023). *Understanding Size Estimation in Software Engineering*. <https://www.institutedata.com/blog/size-estimation-in-software-engineering/>
- [2] GeeksforGeek. (13 May, 2024). *What is KLOC in Software Engineering?*. <https://www.geeksforgeeks.org/what-is-kloc-in-software-engineering/>
- [3] SourceMeter. (n.d.). <https://sourcemeter.com/>
- [4] Приходько, С.Б., Приходько, Н.В., & Смикодуб, Т.Г. (2020). Чотирьохфакторна нелінійна регресійна модель для оцінювання розміру Java-застосунків з відкритим кодом. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки*, 2 (70), 157-162. <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2020.2-1/25>

Kaminskyi S.S, Bryzgalov M.V., Makarova L.M.

A mathematical model for estimating the size of software applications using 2d graphics engines.

Abstract. In this paper, a nonlinear regression model was built to estimate the KLOC metric of software applications running on 2D graphics engines using decimal logarithm normalization. The model takes into account three key indicators: NCL, NM, and DIT metrics.

Keywords: software size estimation; nonlinear regression model; normalization; 2D graphics engines; KLOC; NCL; NM; DIT.

УДК 004.412:519.237.5

НЕЛІНІЙНА РЕГРЕСІЙНА МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ РОЗМІРУ E-COMMERCE ПАКЕТІВ, РОЗРОБЛЕНИХ МОВОЮ PHP

Тубольцев Р.О.¹; Пухалевич А.В., к.т.н., доц.²^{1,2} Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова^{1,2} Україна, Миколаїв¹ roma142536@gmail.com; ² andrii.pukhalevych@nuos.edu.ua

Анотація. Розглянуто проблему оцінювання розміру e-commerce пакетів, розроблених мовою PHP. Була побудована нелінійна регресійна модель для оцінювання розміру відповідного програмного забезпечення на основі 40 проектів з ресурсу GitHub.

Ключові слова: розмір програмного забезпечення; оцінювання розміру; нелінійна регресійна модель; e-commerce пакет, PHP.

Вступна частина. У інженерії програмного забезпечення доволі часто необхідно на ранніх стадіях оцінити розмір програмних продуктів. На основі оцінки розміру та моделей, таких як СОСОМО II, визначають трудомісткість та тривалість розробки, що допомагає керувати проектами розробки програмного забезпечення [1].

E-commerce пакети, розроблені мовою PHP, відіграють важливу роль у розробці онлайн-магазинів, оскільки пропонують готові модулі для типових завдань, таких як управління продуктами, кошик, система оплати, обробка замовлень і управління користувачами. Це дозволяє економити час і ресурси, прискорюючи розробку, та спрощує як безпосередньо розробку, так і підтримку проекту [2].

Для оцінювання розміру програмного забезпечення, розробленого мовою PHP, існує багато регресійних моделей: лінійних та нелінійних, однофакторних та багатфакторних, що будуються на основі об'єктно-орієнтованих метрик, зокрема, [3, 4]. В роботі [3] автори дійшли висновку, що існує потреба у побудові відповідної нелінійної регресійної моделі для конкретного фреймворку, типу проектів, мови програмування, що є підставою для проведення досліджень за вказаною темою.

Метою роботи є підвищення достовірності оцінювання розміру e-commerce пакетів, розроблених мовою PHP, за рахунок побудови нелінійної регресійної моделі.

Основна частина. В якості вихідних емпіричних даних для побудови нелінійної регресійної моделі для оцінювання розміру e-commerce пакетів, розроблених мовою PHP, на найбільшому вебсервісі для розміщення IT-проектів та їх спільної розробки GitHub [5] було знайдено 40 проектів e-commerce пакетів, розроблених з використанням мови PHP. За допомогою програми PhpMetrics [6] було отримано наступні метрики програмного забезпечення: кількість класів X_1 , середня кількість методів у класі X_2 , глибина дерева наслідування X_3 , розмір веб-застосунку у тисячах рядків коду Y .

За отриманими метриками згідно з алгоритмом, представленим у [3], та використанням нормалізуючого перетворення десяткового логарифму було побудовано трьохфакторну нелінійну регресійну модель. Модель має вигляд:

$$Y = 10^{\varepsilon + \hat{b}_0} X_1^{\hat{b}_1} X_2^{\hat{b}_2} X_3^{\hat{b}_3},$$

де ε – нормально розподілена випадкова величина, $\hat{b}_0$, $\hat{b}_1$, $\hat{b}_2$, $\hat{b}_3$ – оцінки параметрів, які дорівнюють 1,1567, 0,9895, 1,2648 та -0,1900 відповідно.

Отже, побудована модель остаточно має такий вигляд:

$$Y = 10^{\varepsilon+1,1567} X_1^{0,9895} X_2^{1,2648}.$$

Далі для побудованої моделі було визначено параметри якості: оцінки множинного коефіцієнту детермінації R^2_{adj} , середню величину відносної похибки $MMRE$ та відсоток прогнозованих результатів $Pred(0,25)$, які дорівнюють 0,9209, 0,2163 та 0,7027 відповідно. Значення оцінки $Pred(0,25)$ нижче, ніж нормативне значення, яке дорівнює 0,75. Результати інших оцінок досягають своїх нормативних значень. Так, значення R^2_{adj} перевищує потрібне 0,8, а значення $MMRE$ менше за 0,25.

Висновки. В роботі побудовано трьохфакторну нелінійну регресійну модель для оцінювання розміру e-commerce пакетів, розроблених мовою PHP, з використанням нормалізуючого перетворення на основі десяткового логарифму, що дозволить підвищити достовірність оцінювання розміру e-commerce пакетів, розроблених мовою PHP. Однак побудована модель має середнє значення оцінки $Pred(0,25)$. Для покращення якості побудованої нелінійної регресійної моделі для оцінювання розміру e-commerce пакетів, розроблених мовою PHP, слід застосувати інші нормалізуючі перетворення, зокрема однопараметричне перетворення Бокса-Кокса або чотирьохпараметричне перетворення Джонсона.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Tan, H.B.K., Zhao, Y., & Zhang, H. (2006). Estimating LOC for information systems from their conceptual data models. *Software Engineering, 28th International Conference (ICSE '06)*. Shanghai, China. 321-330. <https://doi.org/10.1145/1134285.1134331>
- [2] Dave, Ch. (March 13, 2024). *Building Scalable E-commerce Platforms with Dedicated PHP Developers*. <https://medium.com/@chirag.dave/building-scalable-e-commerce-platforms-with-dedicated-php-developers-5d72bac7e785>
- [3] Prykhodko, S., Shutko, I., & Prykhodko, A. (2022). Early size estimation of web apps created using codeigniter framework by nonlinear regression models. *Radioelectronic and computer systems*. 3. 84–94. <https://doi.org/10.32620/reks.2022.3.06>
- [4] Приходько, С.Б., Приходько, Н.В., Фаріонова, Т.А., & Ворона, М.В. (2020). Трьохфакторна нелінійна регресійна модель для оцінювання розміру PHP-застосунків з відкритим кодом. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. 31 (70). 124-131. <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2020.1-1/23>
- [5] GitHub. Build and ship software on a single, collaborative platform. (n.d.). <https://github.com/>
- [6] PhpMetrics. (n.d.). *PhpMetrics is a static analysis tool for PHP*. <https://phpmetrics.org/>

Tuboltsev R.O., Pukhalevych A.V.

A NONLINEAR REGRESSION MODEL FOR SIZE ESTIMATION OF E-COMMERCE PACKAGES DEVELOPED IN PHP

Abstract. The problem of estimating the size of e-commerce packages developed in the PHP language is considered. A nonlinear regression model to estimate the size of the corresponding software based on 40 projects from the GitHub resource was built.

Keywords: software size; size estimation; nonlinear regression model; e-commerce package; PHP.

УДК 004.412:519.237.5

НЕЛІНІЙНА РЕГРЕСІЙНА МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ТРИВАЛОСТІ РОЗРОБКИ ЗАСТОСУНКІВ НА МОВІ C# ДЛЯ ПЛАТФОРМИ PC

Пухалевич А.В., к.т.н., доц.¹; Кольцов Є.В.²

^{1,2} Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

^{1,2} Україна, Миколаїв

¹ andrii.pukhalevych@nuos.edu.ua; ² 181267@nuos.edu.ua

Анотація. В роботі, використовуючи перетворення у вигляді десяткового логарифму, побудована нелінійна регресійна модель для оцінювання тривалості розробки застосунків на мові C# для платформи PC в залежності від їх трудомісткості. При побудові застосовувались емпіричні дані репозитарію ISBSG.

Ключові слова: оцінювання тривалості розробки; нелінійна регресійна модель; застосунок C#; платформа PC.

Вступна частина. На даний час при створенні програмних застосунків для платформи PC дуже часто використовується мова C#, тому перед розробниками таких застосунків постає необхідність вирішення задачі програмної інженерії, яка полягає в оцінюванні тривалості відповідної розробки. Важливість достовірного оцінювання тривалості пояснюється тим, що від нього значною мірою залежить чи погодиться замовник обрати розробника, чи обере іншого розробника, який запропонує коротші терміни розробки. В той же час, занадто оптимістична оцінка тривалості може призвести до порушення термінів розробки програмного забезпечення і штрафних санкцій до розробника. Отже, побудова моделі для оцінювання тривалості розробки застосунків на мові C# для платформи PC є актуальною задачею.

Для оцінювання тривалості розробки програмних застосунків найчастіше використовується залежність тривалості від трудомісткості розробки. Для цього, застосовуючи метод побудови регресійних моделей з використанням нормалізуючих перетворень [1], було побудовано нелінійні регресійні моделі, такі як [2, 3] та інші. Проте, існуючі моделі будувались для оцінювання тривалості розробки програмного забезпечення на інших мовах програмування, або ж, при побудові, взагалі враховувалась тільки платформа, для якої створюється програмне забезпечення, що може знижувати достовірність оцінювання тривалості розробки застосунків на мові C# для платформи PC.

Метою дослідження є побудова нелінійної регресійної моделі для оцінювання тривалості розробки застосунків на мові C# для платформи PC.

Основна частина. Емпіричними даними, що використовувалися при побудові нелінійної регресійної моделі для оцінювання тривалості розробки застосунків на мові C# для платформи PC в залежності від трудомісткості розробки є дані репозитарію ISBSG з релізу 2021 року [4]. Для мови C# кількість емпіричних значень була 38.

Ці дані було перевірено на нормальність закону розподілу. Було визначено, що розподіл даних не є гаусівським, і тому для побудови регресійної моделі необхідно здійснити нормалізацію даних [1]. Нормалізація емпіричних даних виконувалася перетворенням у вигляді десяткового логарифму, що дозволило спочатку побудувати лінійну регресійну

модель для нормалізованих значень. Побудова лінійної моделі включала процес видалення викидів, який відбувався в декілька етапів.

Першим етапом після нормалізації була перевірка нормальності закону розподілу перетворених даних. Якщо закон не є нормальним, то один рядок даних, що має найбільше значення квадрату відстані Махаланобіса відкидався і перевірка закону розподілу повторювалась.

Далі, для визначення наявності викидів, було використано тест на основі квадрату відстані Махаланобіса для нормалізованих даних. Якщо для якогось рядка даних ця відстань перевищувала критичне значення, то один рядок даних з найбільшим значенням квадрату відстані Махаланобіса відкидався, допоки всі рядки мали відстань меншу ніж критична.

Наступним етапом було отримання оцінок параметрів лінійної регресійної моделі і перевірка нормальності закону розподілу випадкової похибки моделі за критерієм Пірсона.

Лінійна регресійна модель для нормалізованих значень може бути представлена як $lg(Y) = \hat{b}_0 + \hat{b}_1 lg(X) + \varepsilon$, де $\hat{b}_0, \hat{b}_1$ є оцінками параметрів, що отримані методом найменших квадратів, а ε – випадкова величина.

Якщо після знаходження оцінок параметрів $\hat{b}_0$ і $\hat{b}_1$ закон розподілу випадкової величини ε не був нормальним, то рядок з найбільшим за модулем значенням величини ε відкидався, і побудова моделі починалась з першого етапу.

Останнім етапом видалення викидів була перевірка того, що значення залежної змінної не виходить за інтервал передбачення лінійної моделі. Якщо одне або декілька значень виходило за цей інтервал, вони відкидались, і побудова моделі починалась з першого етапу.

В результаті, після побудови лінійної регресійної моделі за емпіричними даними репозитарію ISBSG і видалення викидів, було видалено 15 рядків даних.

Для емпіричних даних, що залишились, було отримано наступні значення оцінок параметрів лінійної регресії $\hat{b}_0 = 0,9920$, $\hat{b}_1 = 0,0465$.

Нелінійна регресійна модель для оцінювання тривалості розробки застосунків на мові C# для платформи PC є такою:

$$Y = 10^{\hat{b}_0 + \hat{b}_1 lg(X) + \varepsilon}.$$

Після перетворення, модель є такою:

$$Y = 10^{\hat{b}_0 + \varepsilon} X^{\hat{b}_1},$$

де X – це значення трудомісткості (в людино-годинах), Y – це тривалість розробки (в місяцях), $\hat{b}_0 = 0,9920$, $\hat{b}_1 = 0,0465$.

Отримані значення $PRED(0,25)$, $MMRE$ і R^2 для побудованої моделі відповідно дорівнюють 0,78, 0,11 і 0,3.

Висновки. В результаті роботи було побудовано модель для оцінювання тривалості розробки застосунків на мові C# для платформи PC.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Приходько, С.Б. (2012). Метод побудови нелінійних рівнянь регресії на основі нормалізуючих перетворень. *Тези доповідей міждерж. наук.-методич. конф. “Проблеми математичного моделювання”* (с. 31-33). 13-15 червня 2012, Дніпродзержинськ, Дніпродзержинськ : ДДТУ.
- [2] Oligny, S., Bourque, P., Abran, A. & Fournier, B. (2000). Exploring the relation between effort and duration in software engineering projects. *Proc. of the 16th IFIP World Computer Congress* (pp. 175-178). Aug, 2000, Beijing, China
- [3] Приходько, С.Б., Пухалевич, А.В., Халанчук, І.П. (2021). Нелінійні регресійні моделі для оцінювання тривалості розробки програмних застосунків, що створюються мовами Java та Visual Basic для ПК. *Інформаційні технології: моделі, алгоритми, системи (ITMAS – 2021): Матеріали II Всеукраїнської науково-практичної інтернет конференції (26-28 жовтня 2021 р.)*. Миколаїв: НУК. С. 6-7. <https://itconf.nuos.edu.ua/2021/proceedings/>
- [4] *International Software Benchmarking Standards Group*. (n.d.). <https://www.isbsg.org/>.

Pukhalevych A.V, Koltsov E.V.

A NONLINEAR REGRESSION MODEL FOR ESTIMATING THE DURATION OF C# APPLICATION DEVELOPMENT FOR THE PC PLATFORM

Abstract. *In the work, a three-factor nonlinear regression model was built for estimating the size of the code of online stores in PHP using a transformation from a decimal logarithm. According to R^2 , PRED, MMRE, the built model is of high quality.*

Keywords: *estimation of development duration; non-linear regression model; C# application; PC platform.*

ПРО ВПЛИВ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ НА ЗМІСТ ПІДГОТОВКИ З ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БАКАЛАВРІВ ЗА ФАХОМ ПРОГРАМНА ІНЖЕНЕРІЯ

Суслов С.В., к.т.н., доцент¹; Лебедь Ю.М., інженер²

¹ Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова; ² CCSI Ltd

¹ Україна, Миколаїв; ² Ірландія, Дублін

¹ sergiy.suslov@nuos.edu.ua; ² yuriy.lebed@ccsi.ie

Анотація. З метою адекватного врахування у навчальному матеріалі дисципліни «Якість та тестування програмного забезпечення» для бакалаврів спеціальності програмна інженерія на тестових задачах досліджено сучасні можливості штучного інтелекту (ШІ) при застосуванні до тестування програм. Результати вказують на доцільність більшої уваги загальній методології тестування

Ключові слова: тестування програмного забезпечення; штучний інтелект; підготовка фахівців.

Вступ Розвиток галузі програмної інженерії породжує все більший обсяг знань, які потрібні розробникам програмного забезпечення для ефективної роботи. Це, у свою чергу, формулює задачу для закладів освіти, що готують фахівців для галузі, стосовно визначення оптимального змісту навчальних дисциплін при обмеженнях у часі і швидкості засвоєння студентами знань. До бурхливого зростання нових технологій, пов'язаних з хмарними обчисленнями, за останні два роки додався ще більш бурхливий розвиток технологій штучного інтелекту, особливо великих мовних моделей (LLM), таких як GPT і LLaMA .

Крім появи задач розроблення нового класу програмного забезпечення, технології ШІ надали розробникам новий вид програмних інструментів, які, згідно очікуванням, можуть у значній мірі автоматизувати процеси створення ПЗ, починаючи зі специфікацій вимог і до кодування та тестування. У фахівців галузі на цей час склалось неоднозначне ставлення до ефективності застосування цих інструментів – від можливості майже повністю замінити розробників рівня “junior” до заперечення суттєвої користі. Незаперечно, що ця невизначеність викликана різноманітністю технологій, задач і досвіду застосування. Попри це, але з урахуванням реалій, освітянам доводиться визначати конкретний зміст підготовки майбутніх фахівців, що дозволить з меншими втратами почати професійну діяльність.

Міжнародні об'єднання вчених й інженерів ІТ галузі ACM і IEEE при залученні відомих університетів розробили рекомендації з підготовки бакалаврів за спеціальністю програмна інженерія, остання версія яких SE2014 [1] видана у 2015 році і не враховує умови сучасного стану застосування ШІ. У розробленій цими ж організаціями з залученням фахівців з ШІ програмі з комп'ютерних наук CS2023 [2] детально враховано сучасний розвиток ШІ, але не приділено достатньої уваги застосуванню у процесах розроблення ПЗ.

Оприлюднені дослідження зосереджені, головним чином, на технології застосуванні ШІ у тестуванні ПЗ без освітньої спрямованості. Підходи до навчання студентів пошуку дефектів у кодах, згенерованих ШІ розглянуто у статті [3], але стосовно створення відповідних тренувальних і тестових задач.

Мета роботи – з'ясувати доцільний спосіб врахування у наявних умовах спроможності ШІ з розв'язання задач тестування у навчальній дисципліні «Якість та

тестування програмного забезпечення» програми підготовки бакалаврів за спеціальністю програмна інженерія.

Основна частина Дослідження можливостей ІІІ при створенні тестів проведено на ряді завдань відповідних за рівнем навчальному курсу з тестування.

Моделі GPT-4 перше завдання було сформульоване наступним чином:

«Could you generate unit tests for c# code?

```
public interface ISave<TEntity> where TEntity : class
{
    TEntity Save(TEntity entity);
}
```

Отримано наступну відповідь.

«Certainly! Below are some unit tests for the ISave<TEntity> interface using a mock implementation. We'll use a testing framework like NUnit along with a mocking library such as Moq to demonstrate how to create unit tests for the Save method.»

Сам код тестів через обсяг тут не наведено, але його зміст зрозумілий з наступних пояснень у наданій відповіді

«### Explanation

1. **SetUp Method**: Initializes a mock of 'ISave<string>' before each test.
2. **Save_ValidEntity_ReturnsSameEntity**: Tests that when a valid entity is saved, the same entity is returned.
3. **Save_NullEntity_ThrowsArgumentNullException**: Tests that saving a null entity throws an 'ArgumentNullException'.

Running the Tests

Make sure you have NUnit and Moq installed in your project to run these tests. You can execute them using a test runner compatible with NUnit.

Feel free to modify or expand the tests based on your specific requirements!»

Аналіз відповіді звертає увагу на наступне.

1. ІІІ обрано, запропоновано і використано певну технологію тестування на основі фреймворка NUnit і бібліотеки Moq.

2. Створено 2 тести – один на правильні, а другий на неправильні дані, яких у реальному випадку при конкретній реалізації класу TEntity може бути недостатньо. На це звернено увагу в останньому реченні наведених вище пояснень, де запропоновано модифікувати і розширювати тести відповідно специфічним вимогам.

3. ІІІ надано відповідну імені методу Save – «зберегти» трактовку його призначенню, хоча таке явно не визначено у специфікації. У загальних випадках таке довільне трактування може бути неоднозначним, що спричинить спотворення тестів.

Для наступного завдання було використано задачу, яка запропонована Дж. Майерсом у книзі [4] для перевірки рівня володіння методологією тестування у читача. Задача полягає у створенні тестів для програми, що визначає тип трикутника за довжиною сторін. Результати оцінюються по 14 пунктам за наявністю створених тестів певної спрямованості.

Для GPT-4 було запропоновано «Створи тести для методу, який визначає тип трикутника за довжиною сторін на C#»

Нижче наведено доречний фрагмент отриманої відповіді за деякими виключеннями, що є неважливими для висновків дослідження. Чітке форматування коду у оригіналі відповіді по рядках тут змінено для зменшення їх числа.

«Щоб створити тести для методу, який визначає тип трикутника за довжиною сторін на C#, спочатку необхідно реалізувати сам метод. Потім ми можемо використовувати фреймворк для тестування, наприклад NUnit або MSTest, для написання тестів.

1. Реалізація методу csharp

```
public enum TriangleType { Equilateral, Isosceles, Scalene, NotATriangle }
public class Triangle
{
    public static TriangleType GetTriangleType(double a, double b, double c)
```

```

    { if (a <= 0 || b <= 0 || c <= 0 || a + b <= c || a + c <= b || b + c <= a)
      { return TriangleType.NotATriangle; }
      if (a == b && b == c) { return TriangleType.Equilateral; }
      if (a == b || b == c || a == c) {return TriangleType.Isosceles; }
      return TriangleType.Scalene;
    }
  }
}

```

2. Написання тестів. Використовуємо NUnit у цьому прикладі.»

Далі було подано коди 9 тестів. А саме, 1 тест на правильний - Equilateral трикутник з боками (3,3,3), 3 тести на рівнобедрений – Isosceles (3,3,2), (2,3,3), (3,2,3), 2 тести на різносторонній – Scalene (3,4,5), (5,6,7) і 3 тести на неправильні дані (1,2,3), (0,1,1), (-1,1,1)

Ці тести задовольняють 9 з 14 критеріїв. Відсутні тести: 1) з сумою довжин двох сторін меншою за довжину третьої; 2) три перестановки таких тестів; 3) тест з трьома нульовими довжинами; 4) тести з нецілими значеннями; 5) тести з меншим за 3 числом значень.

Відповідно критеріям загально має бути створено більше 20 тестів. Треба зауважити, що серед 9 згенерованих III тестів два - (3,4,5) і (5,6,7) є еквівалентними. Дж. Майерсом у [4] наведено дані, що середнє число балів за цими критеріями у професійних програмістів складає 7 - 8, тобто рівень отриманого розв'язання завдання можна вважати вищим за середній. Втім, Дж. Майерс наголошує, що наведені критерії оцінки засновані на аналізі реальних реалізацій програм для розв'язання такої задачі, а відповідні їм тести не гарантують виявлення всіх можливих дефектів.

За результатами, отриманими у цьому завданні можна зауважити таке.

1. Хоча згенерований набір тестів є достатньо ефективним, він, по суті, є найбільш ймовірним сполученням лексем, складеним на основі даних, використаних при навчанні LLM. Задача про трикутник розглянута у багатьох інформаційних джерелах вже протягом більше 40 років і тому якість отриманого результату не варто узагальнювати.

2. При певних недоліках у змісті набору тестів, отриманий код є зручною основою для подальшого вдосконалення.

Тестування за специфікаціями було перевірено також на прикладі задачі про вид трикутника з пропозицією створити специфікацію для тестів за принципом «чорної скриньки»

Отримана наступна відповідь.

«Принцип чорної скриньки передбачає тестування функціональності системи без знання внутрішньої структури та коду. Специфікація тестів для методу, що визначає тип трикутника по довжині його сторін, включатиме опис вхідних даних, очікувані результати та різні сценарії тестування.

Специфікація тестів для методу визначення типу трикутника.

Опис методу.

GetTriangleType(double a, double b, double c) приймає три параметри:

a — довжина першої сторони трикутника.

b — довжина другої сторони трикутника.

c — довжина третьої сторони трикутника.

Метод повертає тип трикутника:

Equilateral — рівносторонній трикутник.

Isosceles — рівнобедрений трикутник.

Scalene — різносторонній трикутник.

NotATriangle — не є трикутником.

Вхідні дані й очікувані результати:

Рівносторонній трикутник

Вхідні данні: (3, 3, 3). Очікуваний результат: Equilateral.

Рівнобедрений трикутник

Вхідні данні: (3, 3, 2). Очікуваний результат: Isosceles.

Вхідні данні: (2, 3, 3). Очікуваний результат: Isosceles.

Вхідні данні: (3, 2, 3). Очікуваний результат: Isosceles.

Різносторонній трикутник.

Вхідні данні: (5, 6, 7). Очікуваний результат: Scalene.

Не є трикутником.

Вхідні данні: (1, 2, 3). Очікуваний результат: NotATriangle.

Вхідні данні: (0, 1, 1). Очікуваний результат: NotATriangle.

Вхідні данні: (-1, 1, 1). Очікуваний результат: NotATriangle.

Вхідні данні: (1, 10, 12). Очікуваний результат: NotATriangle.

Сценарії тестування.

Позитивні тести.

Тести на коректне визначення рівнобічного трикутника.

Тести на коректне визначення рівнобедреного трикутника.

Тести на коректне визначення різностороннього трикутника.

Негативні тести.

Тести на випадки, коли введені значення не можуть утворити трикутник (наприклад, одне або більше значень менше або дорівнює нулю, або сума двох сторін менша або дорівнює третій стороні).

Граничні умови

Вхідні дані межі допустимих значень (наприклад, мінімальні позитивні довжини, великі числа).»

В сформованій специфікації тестів відсутні у явному вигляді посилання на застосовані критерії «чорної скриньки», що не надає структури для можливого розширення набору тестів, проте на додаток до попереднього набору включено граничні умови.

Висновки Створені LLM тести можуть виявитись не повними, проте корисні в якості основи для доповнення і корегування. Генерація кодів тестів зі зверненням до потрібних фреймворків і бібліотек звільняють людину від суттєвої частини рутинної роботи. Тому при використанні інструментів ШІ увага фахівця має бути спрямована переважно на якість тестів, що підвищує роль підготовки з методології тестування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] *Software Engineering 2014 Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Software Engineering*. (23, 15 лютого). Association for Computing Machinery. <https://www.acm.org/binaries/content/assets/education/se2014.pdf>
- [2] *Computer Science Curricula 2023 Version Beta*. (2023, березень). CS2023 – ACM/IEEE-CS/AAAI Computer Science Curricula. <https://csed.acm.org/wp-content/uploads/2023/03/Version-Beta-v2.pdf>
- [3] Nimisha Agarwal, Viraj Kumar, Arun Raman, & Amey Karkare. (2023). *A Bug's New Life: Creating Refute Questions from Filtered CS1 Student Code Snapshots | Proceedings of the ACM Conference on Global Computing Education Vol 1*. ACM Conferences. <https://doi.org/10.1145/3576882.3617916>
- [4] Badgett, T., Myers, G. J., & Sandler, C. (2012). *Art of Software Testing*. Wiley & Sons, Incorporated, John.

Suslov S.V., Lebed Y.M.

On the artificial intelligence technologies development influence on the software testing course content for education of software engineering bachelors

Abstract. For the sake of proper consideration in the software engineering bachelor discipline "Software Quality and Testing" of the artificial intelligence (AI) capabilities applying to software testing, these were investigated on test tasks. The results show to be necessary applying adequate attention to the common testing methodology.

Keywords: software testing; artificial intelligence; specialists training



УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ І ПРОГРАМАМИ В ГАЛУЗІ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ПРОЄКТ СТВОРЕННЯ ПЛАТФОРМИ ДЛЯ ЗАХИСТУ ПЕРСОНАЛЬНИХ ДАНИХ ВІДПОВІДНО ДО GDPR

Кривда В.І., к.т.н., доц.¹; Чернов С.К., д.т.н., проф.²

¹ Національний університет «Одеська політехніка»;

² Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

¹ Україна, Одеса; ² Україна, Миколаїв

¹ kryvda@op.edu.ua;

² sergiy.chernov@nuos.edu.ua

***Анотація.** В роботі проаналізована процедура захисту персональних даних та конфіденційності громадян на основі регламенту захисту даних GDPR. Розкрито сутність розробки ІТ-проєкту з впровадження платформи для захисту персональних даних. Сформована проблема управління вимогами проєкту створення платформи та імплементації політики захисту персональних даних ЄС. Рішення проблеми запропоновано через розробку інтелектуальної системи управління вимогами ІТ-проєкту. Подана структура інтелектуальної системи.*

***Ключові слова:** управління ІТ-проєктами; управління вимогами ІТ-проєкту; регламент захисту даних GDPR; інтелектуальна система; машинне навчання.*

Вступна частина. Загальний регламент захисту даних (GDPR) — це нормативний акт Європейського Союзу, спрямований на захист персональних даних та конфіденційності громадян. Абревіатура розшифровується як General Data Protection Regulation. Регламент встановлює правила щодо збору, обробки та зберігання персональних даних, щоб забезпечити права громадян на конфіденційність та контроль над своїми даними [1]. Під терміном «регламент» мається на увазі обов'язковий до виконання нормативний документ, який має однакову юридичну силу у всіх державах-членах ЄС. Він є загальним, оскільки охоплює всі аспекти обробки персональних даних незалежно від галузі або організації, що їх обробляє. Регламент застосовується до будь-яких організацій, що працюють з даними громадян ЄС, незалежно від їх місцезнаходження. GDPR регулює захист даних, таких як ім'я, адреса, електронна пошта, IP-адреса, медична інформація та фінансові дані.

Під «захистом даних» розуміємо забезпечення конфіденційності, цілісності та доступності даних, що включає різні технічні та організаційні заходи, такі як шифрування, контроль доступу та анонімізація [2].

Метою роботи є розробка інтелектуальної системи управління вимогами ІТ-проєкту для вирішення проблеми захисту персональних даних та конфіденційності громадян.

Основна частина. В роботі розглядається ІТ-проєкт з розробки платформи для захисту персональних даних відповідно до GDPR. Ця платформа повинна забезпечити повну відповідність вимогам цього регламенту, підтримуючи тісну співпрацю з європейськими регуляторами та законодавчими органами. ІТ-проєкт реалізує продуктова ІТ-компанія, яка має визначити відповідальну сторону (Data Protection Officer – DPO) для комунікації з наглядовими органами з захисту даних у кожній з країн, де оперує. Співпраця передбачає регулярне звітування про заходи захисту, виконання вимог щодо повідомлення про витоки даних упродовж 72 годин та забезпечення прозорості обробки даних для користувачів.

При врахуванні вимог GDPR, компанія повинна імплементувати політики, що забезпечують права суб'єктів даних: право на доступ, видалення (право на забуття),

обмеження обробки та передачу даних. Платформа має гарантувати, що всі персональні дані обробляються з чітко визначеними цілями та за згодою суб'єктів даних. Технічні заходи уключають шифрування, анонімізацію та контроль доступу для мінімізації ризиків несанкціонованого доступу. Важливою є також розробка механізмів для обробки запитів користувачів, пов'язаних з їх правами згідно з регламентом.

Компанія кожні півроку випускає релізи що враховують зміни Європейського регулятора. Проблема в управлінні проектом полягає у тому, що вимоги GDPR оновлюються нерегулярно, але зміни до платформи можуть бути внесені як у відповідь на нові загрози, так і через адаптацію до технічного прогресу або судових рішень, що змінюють трактування положень регламенту. Компанія повинна постійно відслідковувати оновлення в нормативно-правовій базі та своєчасно адаптувати свою платформу. Для цього вона підписана на оновлення з офіційних джерел, бере участь у галузевих конференціях та співпрацює з консультантами у сфері захисту даних. Тим не менш існує реальна небезпека пропуску, або неврахування змін до нормативних вимог.

Невиконання або ігнорування вимог GDPR може мати серйозні наслідки для компанії, включаючи штрафи до 20 мільйонів Євро або 4% від річного обороту компанії, залежно від того, яка сума є більшою [3]. Окрім фінансових втрат, компанія ризикує втратити довіру користувачів та партнерів, що може вплинути на її конкурентоспроможність. Пропуск змін до вимог регламенту може призвести до неправомірної обробки даних та загрожувати як суб'єктам даних, так і репутації компанії. Важливим є створення внутрішньої системи моніторингу відповідності та проведення регулярних аудитів для виявлення прогалин і впровадження коригувальних заходів.

У якості рішення зазначеної проблеми запропоновано розробити та впровадити інтелектуальну систему управління вимогами ІТ-проекту для забезпечення відповідності нормативним стандартам. Це поєднає автоматизацію процесів моніторингу регуляторних змін і адаптацію вимог проєктів у реальному часі [4].

Структура такої системи матиме такі основні модулі.

Модуль моніторингу нормативних змін. Він відслідковує оновлення в законодавстві, регламентах та стандартах з офіційних джерел і в галузевих базах знань. Цей модуль буде використовувати алгоритми обробки природної мови (NLP) для аналізу текстів і виявлення змін, що стосуються діяльності компанії.

Модуль управління вимогами буде автоматично формувати нові вимоги та інтегрувати їх у новий (поточний) реліз. Цей процес включає інтелектуальні фільтри для пріоритизації змін на основі їх впливу та терміновості.

База знань накопичує історичні дані про виконання вимог, включаючи інформацію про виявлені порушення, коригувальні заходи та рекомендації. Це дозволить системі навчатися на минулих помилках і поступово покращувати якість управління вимогами.

Аналітичний модуль відповідає за оцінку ризиків невідповідності, прогнозує можливі наслідки змін та автоматично генерує плани коригувальних дій.

Модуль звітності забезпечує прозорість процесу управління, буде генерувати регулярні звіти для внутрішніх аудиторів та зовнішніх наглядових органів.

Інтерфейс інтеграції, що дозволить підключати систему до проєктних інструментів і платформ управління проєктами таких як, Jira, Confluence або SAP. Це забезпечить безперервний потік інформації та синхронізацію між проєктними командами, що працюють над впровадженням нових вимог.

Основною відмінністю цього підходу від загальних методів управління вимогами в ІТ-проєктах є його динамічність та інтелектуальна автоматизація. Традиційні методи управління вимогами передбачають ручне оновлення та моніторинг відповідності, що значно збільшує ймовірність помилок і затримок. У той час як інтелектуальна система використовує машинне навчання і штучний інтелект для автоматичного моніторингу та адаптації вимог, зменшуючи обсяг рутинної роботи для команди.

Ключовим функціоналом інтелектуальної системи є автоматичне оновлення проєктної документації відповідно до нових нормативних вимог, що дозволить уникнути як пропуски змін так і конфлікти у нових вимогах. Крім того, система має відстежувати дедлайни впровадження нових вимог та надавати попередження про потенційні порушення строків.

Інший важливий аспект – це можливість прогнозування ризиків та оцінки їхнього впливу на поточні та майбутні проєкти. Система також дозволить зберігати історію змін вимог, що допоможе при аудитах та спростить комунікацію з регуляторами.

Висновок. Можемо стверджувати, що інтелектуальна система управління вимогами забезпечить безперервну відповідність нормативним стандартам у проєкті шляхом автоматичного моніторингу та адаптації вимог, мінімізуючи ризики і підвищуючи ефективність управління. Цей підхід надасть компанії конкурентну перевагу, оскільки дозволить швидко реагувати на зміни в регуляторному середовищі та прибере порушення без необхідності ручного втручання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Ke, T., & Sudhir, K. (2022). Privacy Rights and Data Security: GDPR and Personal Data Markets. *Management Science*. <https://doi.org/10.1287/mnsc.2022.4614>.
- [2] Пилипчук, В. Г., & Брижко, В. М. (2017). Трансформація системи захисту персональних даних та приватності в контексті євроінтеграції України. *Вісник Національної академії правових наук України*, (3), 36-50.
- [3] Ruohonen, J., & Hjerpe, K. (2020). The GDPR Enforcement Fines at Glance. *Inf. Syst.*, 106, 101876. <https://doi.org/10.1016/j.is.2021.101876>.
- [4] Балаш, Л., Содома, Р., & Ковальчук, О. (2023). Інтелектуальні системи формування проєктних команд у безпекоорієнтованих системах. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*, (2 (24)), 5-15.

Kryvda V.I., Chernov S.K.

Project to create a platform for the protection of personal data in accordance with GDPR

Abstract. The paper analyses the procedure for protecting personal data and privacy of citizens based on the GDPR data protection regulation. The essence of the development of an IT project for the implementation of a platform for the protection of personal data has been revealed. The problem of managing the requirements of the platform creation project and the implementation of the EU personal data protection policy has been developed. The solution to the problem is proposed through the development of an intelligent IT project requirements management system. The structure of the intellectual system is presented.

Keywords: IT project management; IT project requirements management; GDPR data protection regulation; intelligent system; machine learning.

ОЦІНКА РИЗИКІВ ВТРАТ ДАНИХ В ІТ-ПРОЕКТАХ

Шибіка В.І.¹; Петрова Р.В., доцент, к.т.н.²

^{1,2} Харківський національний університет радіоелектроніки

^{1,2} Україна, Харків

¹ valeriia.shybika@nure.ua; ² roksana.petrova@nure.ua

Анотація. Під час дослідження розроблено основні теоретичні та експериментальні результати дослідження ранньої оцінки ризиків втрати даних в ІТ-проектах. Виявлено ключові ризики та запропоновані методи їхнього уникнення, які можуть бути застосовані на практиці для підвищення ефективності ІТ-проектів. Стаття надає практичні рекомендації для оптимізації процесів оцінки ризиків на початкових етапах розробки.

Ключові слова: Оцінка ризиків; ІТ-проекти; втрати даних; ідентифікація загроз; мінімізація ризиків.

Вступна частина. Втрата даних є однією з найсерйозніших загроз для ІТ-проектів, оскільки вона може призвести до втрати цінної інформації, значних фінансових збитків і порушення довіри клієнтів. Актуальність цієї проблеми обумовлена зростанням кількості кібератак, технічних збоїв і людських помилок, що сприяють втраті даних. Сучасні методи оцінки ризиків часто не охоплюють усіх можливих факторів, що ускладнює прийняття ефективних заходів для захисту даних. В останніх дослідженнях головний акцент робиться на застосуванні матричних підходів і автоматизованих систем для аналізу ризиків. Метою цього дослідження є аналіз існуючих методів оцінки ризиків втрати даних в ІТ-проектах і розробка практичних рекомендацій для їх удосконалення.

Метою дослідження є розробка та впровадження методів ранньої оцінки ризиків втрати даних у ІТ-проектах для підвищення їхньої ефективності. Особлива увага зосереджується на ідентифікації загроз, оцінці їхньої ймовірності та наслідків, а також на розробці відповідних заходів для зменшення ризиків.

Відомі методи вирішення цієї проблеми, такі як резервне копіювання, впровадження заходів з кібербезпеки та використання хмарних технологій, не завжди достатньо ефективні через недостатнє врахування всіх можливих загроз. Актуальні дослідження показують, що комплексний підхід до оцінки ризиків, який включає як технічні, так і організаційні аспекти, є необхідним для підвищення рівня захисту даних. Цей комплексний підхід також потребує постійного моніторингу та аналізу нових загроз і технологій для забезпечення актуальності та ефективності заходів з управління ризиками [1].

Основна частина. Першим етапом була ідентифікація основних загроз. На цьому етапі було проведено аналіз типових загроз для ІТ-проектів, що можуть призвести до втрати даних. Основні загрози включають в себе технічні збої (відмова обладнання, помилки програмного забезпечення), кібератаки (віруси, фішинг, злом), природні катастрофи (пожежі) та людський фактор (помилки співробітників, недбале ставлення до безпеки).

Далі слід було визначити оцінку ймовірності та наслідки ризиків. На цьому етапі було застосовано матричний підхід для оцінки ймовірності виникнення кожного ризику та його можливого впливу на ІТ-проект [3]. Створено матрицю ризиків, яка дозволила проаналізувати загрози за двома основними показниками: ймовірність та серйозність наслідків. Матричний підхід дозволив виявити найбільш критичні ризики для ІТ-проектів, зокрема, пов'язані з

технічними збоями та людським фактором, які отримали високу оцінку ймовірності, та кібератаки і природні катастрофи, які мають найсерйозніші наслідки у разі реалізації.

Наступним, третім етапом, стала розробка заходів мінімізації ризиків. На основі оцінки ризиків було створено комплекс заходів, спрямованих на зменшення їхнього впливу на ІТ-проекти. Це включає регулярне резервне копіювання даних на різних носіях та в хмарних сховищах, що забезпечує можливість відновлення у разі втрати [2]. Також передбачено шифрування конфіденційної інформації під час передачі та зберігання, а контроль доступу реалізується шляхом впровадження багаторівневих політик, які обмежують доступ до критичних даних лише для авторизованих користувачів. Крім того, важливим є навчання персоналу для підвищення рівня знань співробітників щодо кібербезпеки та безпечного поводження з даними.

Для оцінки ефективності цих заходів було проведено тестування на вибіркових ІТ-проектах з різних галузей. Результати показали значне зниження ризиків втрати даних завдяки впровадженню систематизованого підходу до їхнього управління. Важливим аспектом тестування була не лише перевірка технічних рішень, але й оцінка готовності персоналу до дотримання нових протоколів безпеки.

Четвертим, завершальним етапом, було впровадження автоматизованих систем моніторингу ризиків. Виявлено потребу в постійному моніторингу можливих загроз, щоб вчасно на них реагувати. Також тестували автоматизовані інструменти для управління ризиками, які допомагають швидко виявляти потенційні загрози, оцінювати їхній вплив і оперативно вживати заходів для їх усунення. Використання таких систем дозволяє зменшити час на виявлення загроз і забезпечити кращий захист даних в реальному часі.

Розширення впровадження автоматизованих систем моніторингу ризиків вимагає інтеграції цих інструментів з існуючими ІТ-системами та процесами компаній. Це потребує не лише технічної реалізації, але й організаційних змін, що включають навчання персоналу та розробку нових політик і процедур [3]. Важливо забезпечити, щоб усі зацікавлені сторони розуміли важливість цих змін і були готові до активної участі у процесі впровадження нових підходів до управління ризиками.

Висновки. На основі проведеного дослідження можна зробити висновок, що сучасні методи оцінки ризиків, зокрема матричні підходи та автоматизовані системи, значно підвищують точність та ефективність процесу управління ризиками втрати даних в ІТ-проектах. Розроблені практичні рекомендації щодо впровадження цих методів у реальні проекти спрямовані на підвищення їхньої безпеки та надійності. Основні результати дослідження включають визначення ключових факторів ризику, розробку стратегії для їхнього уникнення та пом'якшення наслідків, а також впровадження більш жорстких протоколів для захисту даних. Використання новітніх підходів до оцінки ризиків дозволяє зменшити ймовірність втрати даних та забезпечити більш надійний захист інформації в ІТ-проектах, що сприяє підвищенню довіри клієнтів та зменшенню фінансових втрат, пов'язаних з можливими інцидентами.

Додатково, впровадження новітніх підходів до управління ризиками створює основу для безперервного вдосконалення процесів в ІТ-компаніях. Постійний моніторинг і аналіз нових загроз, а також регулярне оновлення заходів безпеки, дозволяють зберігати високий рівень захисту даних у швидко змінюваному технологічному середовищі. Це забезпечує не лише захист від втрат, але й підвищує конкурентоспроможність компаній на ринку за рахунок демонстрації високого рівня кібербезпеки та надійності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Peltier, T. R. (2005). *Information Security Risk Analysis*. Auerbach Publications.
- [2] Smith, J., & Brown, L. (2019). *Risk Management in IT Projects: A Comprehensive Guide*. New York: TechPress.
- [3] Stoneburner, G., Goguen, A., & Feringa, A. (2002). *Risk Management Guide for Information Technology Systems*. NIST Special Publication 800-30.

Shybika V.I, Petrova R.V.

Assessment of data loss risks in it projects

Abstract. During the research, key theoretical and experimental results were developed for the early assessment of data loss risks in IT projects. Key risks were identified and methods for avoiding them were proposed, which can be applied in practice to improve the efficiency of IT projects. The article provides practical recommendations for optimizing risk assessment processes at the initial stages of development.

Keywords: Risk assessment; IT projects; data loss; identification of threats; minimization of risks.

ОСОБЛИВОСТІ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ ВІДНОВЛЕННЯ МІСЬКОЇ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ У ПІСЛЯВОЄННИЙ ПЕРІОД

Божаткін С.М.¹, Богаченко Є.В.², Гусєва-Божаткіна В.А.³

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Україна, Миколаїв

¹sergii.bozhatkin@nuos.edu.ua; ²fenrir.aqn@gmail.com; ³gusevabozh@meta.ua

Анотація. На основі аналізу існуючої міської транспортної мережі міста Миколаєва досліджено особливості управління проектами відновлення транспортної інфраструктури громад у післявоєнний період. Виконано аналіз використання діючої міської транспортної мережі. Надані попередні пропозиції щодо формування транспортної інфраструктури місті Миколаєва в післявоєнний період на основі сучасних трендів. Запропоновано та обґрунтовано формування транспортно-пересадочних вузлів як одного із основних напрямків формування транспортної інфраструктури міста.

Ключові слова: управління інфраструктурними проектами; міська транспортна система; міський пасажиропотік; транспортно-пересадочний вузол; Smart-транспортні системи.

Вступна частина. Інфраструктурні об'єкти в Україні отримали значні руйнувань в останній час. Під час військових дій частково або повністю було знищено транспортні мережі на території міст. Швидке створення нових або відновлення існуючих транспортних мереж дозволяє відновити транспортні потоки в містах та регіонах. Відсутність необхідних ресурсів не дає можливості своєчасно відновити транспортну інфраструктуру. Своєчасна реалізація інфраструктурних транспортних проєктів є основним завданням у даний час.

Метою роботи є розробка концепції управління інфраструктурними проектами модернізації міської транспортної системи (на прикладі транспортної системи м. Миколаєва), що дозволить підвищити ефективність організації пасажиропотоків у системі міського громадського транспорту, сприятиме скороченню часу поїздки пасажирів, забезпеченню комфортних, небезпечних умов пересадки та покращенню якості обслуговування населення. відновлення економічної та соціальної активності в громадах.

Основна частина. Під інфраструктурним проєктом відновлення транспортної мережі міста розуміємо множину дій що реалізуються у проєктному середовищі та спрямовані на відновлення до довоєнного стану або модернізацію існуючих об'єктів регіональної транспортної інфраструктури [1].

Активізації інвестиційної і інноваційної діяльності за рахунок інфраструктурних проєктів сприяє розвитку транспортних мереж міста. Використання нових технологій під час реалізація інфраструктурних проєктів дозволяє поліпшити якість транспортних мереж.

В умовах військового стану в країні проблема успішного впровадження інфраструктурних проєктів може бути вирішена шляхом формування обґрунтованої стратегії розвитку організації, яка впроваджує проєкт, і проведення заходів, спрямованих на досягнення цілей проєкту [2].

Модернізація міської транспортної інфраструктури сприяє грамотному рішенню формування транспортних мереж, враховуючи існуючі природний, історичний, соціально-економічний контекст розвитку міста.

На сьогоднішній день актуальним є питання формування мережи транспортно-пересадочних вузлів як важливого елемента проектування транспортної інфраструктури міста. Керування та перерозподіл міським пасажиропотоком за допомогою транспортно-пересадочних вузлів дає можливість людині безпечно та швидко переміщуватися в рамках міських транспортних мереж.

Для забезпечення зв'язності території м. Миколаєва необхідно розробити проект формування транспортно-пересадочних вузлів (ТПВ) в рамках формування концепції «Smart-city Миколаїв». Smart-транспортні системи об'єднуючи інформаційні технології з транспортним інжинірингом дозволяють проектувати та керувати міськими транспортними потоками. Концепція «розумного міста» включає розбудову електротранспорту, велоінфраструктуру, водних шляхів та Smart-транспорту. Для визначення кількості транспортно-пересадочних вузлів потрібно:

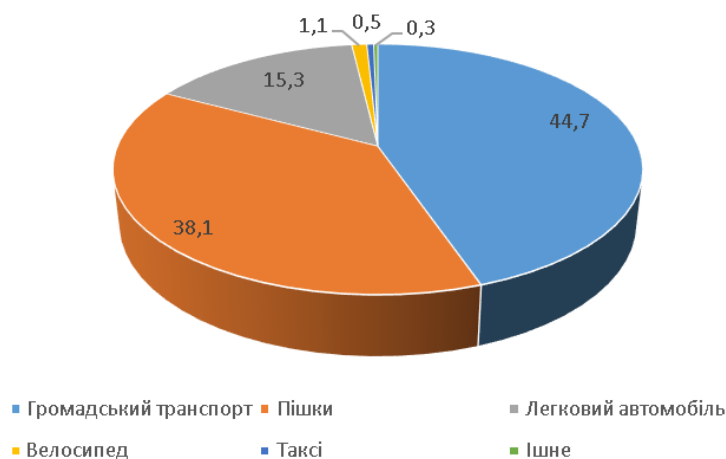
- виділити основні параметри, що впливають кількість на вузлів ;
- скласти алгоритм визначення кількості ТПВ.

Середня дальність пересування на транспортних мережах міста залежить від місця розташування підприємств та офісних центрів, культурних та торговельних об'єктів, а також залізничних та автобусних станцій. Визначимо залежність кількості ТПВ від ряду параметрів:

- площі міста, що підлягає транспортному обслуговуванню, км²;
- середньої відстані між станціями загальноміського рівня, км;
- середні витрати часу на пересадку у вузлі, год;
- середній по місту коефіцієнт користування транспортом;
- щільність міської транспортної мережі, км/км²;
- середня відстань між зупинками, км.

Створення нових транспортних об'єктів таких як ТПВ спричинить зміну структури пасажиропотоку в системі міського громадського транспорту, підвищення попиту на міські перевезення громадським транспортом.

На основі проведеного аналізу переміщення громадян транспортними мережами в містах України можна зробити висновок, що мешканці міста Миколаєва віддають перевагу переміщенню на громадському транспорті або пішки (рисуюнок 1).



Рисуюнок 1 – Загальний розподіл режимів переміщення мешканців міста (Modal Split) відповідно до даних [3]

Після створення проекту системи ТПВ необхідним є дослідження питань взаємодії видів транспорту у вузлу, розвитку інфраструктури, погодження руху всіх видів транспорту з метою скорочення часу пересадки та підвищення якості транспортного обслуговування населення.

Одним з важливих елементів планування структури ТПВ в даний час є перехоплюючи паркування, основне призначення яких надати мешканцям та гостям міста доступ до всіх видів міського громадського транспорту. Така структура ТПВ дозволяє узагальнити основні напрями планування розвитку міських транспортних мереж.

Висновки. Миколаїв володіє багатими перспективами широкомасштабного розвитку. В даний час транспортна мережа міста вимагає проведення точних заходів щодо реорганізації та поліпшення її якості та багатьох аспектів. Використання Smart-транспортних систем на різних видах транспорту в межах формування ТПВ в місті Миколаїв суттєвим чином допоможе: оптимізувати використання існуючих та формування нових міських транспортних мереж; підвищити ефективність та мобільність пасажиро- та вантажо- потоків міста; зменшити шкідливі наслідки для довкілля.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Tryhuba, A., Ratushnyi, A., Demchyna, V., & Koval, L. (2023). Особливості управління проектами відновлення транспортної та безпекової інфраструктури сільських громад у післявоєнний період. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*, 28, 44-54. <https://doi.org/10.32447/20784643.28.2023.05>.
- [2] Бушуєв, Д., А., Козир, Б., Ю., Запривода, А., А. (2019). Стратегічний аудит інфраструктурних проєктів та програм. *Управління розвитком складних систем*. 2019. № 38. с. 20-28. <https://urss.knuba.edu.ua/files/zbirnyk-38/5.pdf>
- [3] Коман, А., Семенова, К., PhD., Федорченко, О., Дорош., М. (2018). План з просування велосипедної мобільності в місті Миколаєві до 2030 року. http://mobility.mk.ua/data/bicycle_mobility_development_plan_mykolaiv.pdf.

Bozhatkin S.M., Bogachenko E.V., Guseva-Bozhatkina V.A.,

Features of project management of city transport infrastructure renewal in the post-war period

Abstract. *On the basis of the analysis of the existing urban transport network of Mykolaiv, the peculiarities of the management of projects for the restoration of the transport infrastructure of communities in the post-war period were investigated. An analysis of the use of the existing urban transport network was performed. Preliminary proposals regarding the formation of transport infrastructure in the city of Mykolaiv in the post-war period based on modern trends are provided. The formation of transport interchanges is proposed and substantiated as one of the main directions of the formation of the city's transport infrastructure*

Keywords: *management of infrastructure projects; urban transport system; urban passenger flow; transport interchange; Smart- transport systems.*

УДК 005:502/504

ОСОБЛИВОСТІ УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНИМИ РИЗИКАМИ ПРИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ ПІД ЧАС ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ

Гусєва-Божаткіна В.А.¹; Козирко К.О.²

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Україна, Миколаїв

¹gusevabozh@meta.ua; ²kseniakozyrko4@gmail.com

Анотація. Обґрунтовано необхідність своєчасного корегування існуючої системи моніторингу управління ризиками під кожну надзвичайну ситуацію під час військових дій. Проаналізовані основні моделі координації ризиків і загроз, що використовуються Українським ДСНС. Досліджено антропогенні чинники, що призвели до катастрофи.

Ключові слова: Управління екологічними ризиками; надзвичайна ситуація; система моніторингу; прогнозування ризиків надзвичайних ситуацій; об'єкти критичної інфраструктури.

Вступна частина. Управління ризиками надзвичайних ситуацій (далі НС) під час військових дій є необхідним стратегічним напрямом забезпечення безпеки життєдіяльності громадян. Актуальним завданням сьогодення є перебудова моделі управлінської поведінки у відповідності з ризиками військового часу. Систему управління ризиками НС потрібно своєчасно корегувати під кожну НС, пов'язану з конкретними військовими діями. Своєчасне редагування комплексної системи моніторингу управління ризиками надзвичайних екологічних ситуацій дозволяє злагоджено працювати всім ланкам.

Відсутність моніторингу наслідків надзвичайних ситуацій на об'єктах критичної інфраструктури привело до великих втрат ще на початку військових дій. Безперервний збір інформації щодо виникнення надзвичайних ситуацій на об'єктах критичної інфраструктури дозволяє здійснювати аналіз та прогнозувати екологічні ризики антропогенного характеру. Система управління ризиками екологічних НС вимагає керівництва на рівні від місцевої громади до держави. В умовах військових дій ефективне управління ризиками стає першорядним завданням.

Метою роботи є визначення особливостей управління екологічними ризиками при надзвичайних ситуаціях в умовах військового стану та оцінка їхнього впливу на життя та здоров'я громадян України.

Основна частина. Сьогодення Україна переживає тяжкі випробування, а саме антитерористичну операцію та повномасштабне вторгнення. Повномасштабне російське вторгнення, що почалось 24 лютого 2022 року, призвело до руйнівних наслідків та техногенних аварій. Важливим завданням є швидке реагування на надзвичайні ситуації різного характеру. Територіальними громадами вирішуються питання з організації своєчасного захисту населення та територій від природних стихій та техногенних аварій [1].

Управління ризиком надзвичайної ситуації – це скоординована діяльність керівництва та управління організацією для зниження небезпеки надзвичайної ситуації з використанням цільових показників зниження ризику надзвичайної ситуації до допустимого або утримання ризику надзвичайної ситуації в установленому діапазоні.

Управління екологічними ризиками НС потребує організації системи моніторингу, аналізу ризику та прогнозування ризиків НС [2]. Одним із основних напрямків роботи системи

моніторингу управління екологічними ризиками НС має бути захист об'єктів критичної інфраструктури.

Досліджуючи загальну систему українського управління ризиками та загрозами важливо пам'ятати, що не існує універсального визначення ризику. На сьогодні в Україні використовують дві основні моделі координації ризиків і загроз. Першу модель застосовують конкретно до ризиків і загроз національної безпеки. Друга модель використовується при ризиках й загрозах, які не підпадають під сферу національної безпеки та оборони. Проведення SWOT-аналізу не дає змогу оцінити наслідків ризиків для прийняття управлінських рішень. Основним інструментом для управління екологічними ризиками НС може стати зональна оцінка ризиків територій [3].

Слід зазначити, що існує чітке розмежування різних процесів управління ризиком, особливо відчутна різниця між оцінюванням ризику та його усуненням (або реагуванням на нього) та послідовний зв'язок між ними. Отже, спершу оцінювання ризику, а вже потім — його усунення. Головні процедури управління ризиками відповідно стандарту ISO31000:2018 представлені на рисунку 1.

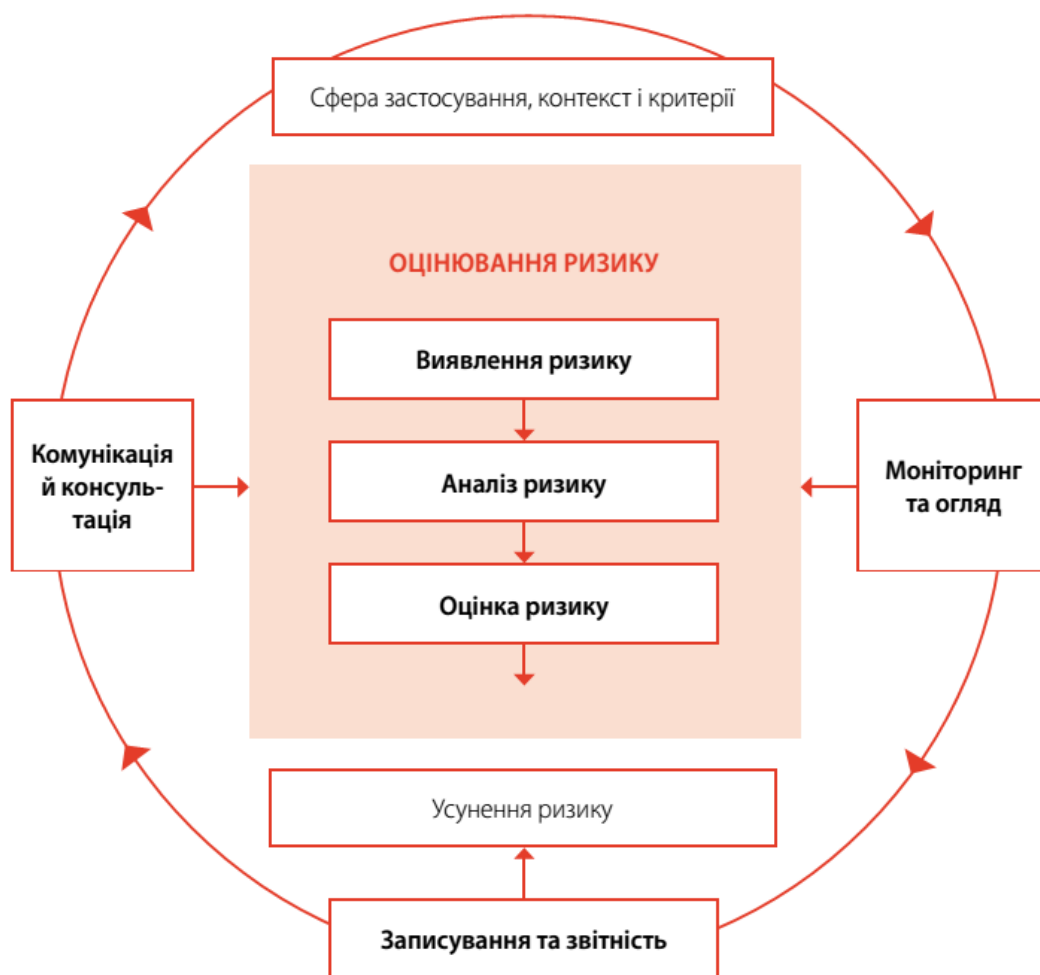


Рисунок 1 – Процес управління ризиками від ISO31000:2018 [3]

Різні експерти наводять власні оцінки завданих збитків від наслідків військових дій, які досить часто дуже відрізняються внаслідок використання різних методів та неможливість точно прорахувати всю завдану шкоду, а також через відсутність інформації з окупованих територій [4]. Починаючи з 2022 року збитки від військових дій приводять до руйнування навколишнього середовища. Структуру завданих збитків від військових дій у сферах економіки України наведено на рисунку 2.

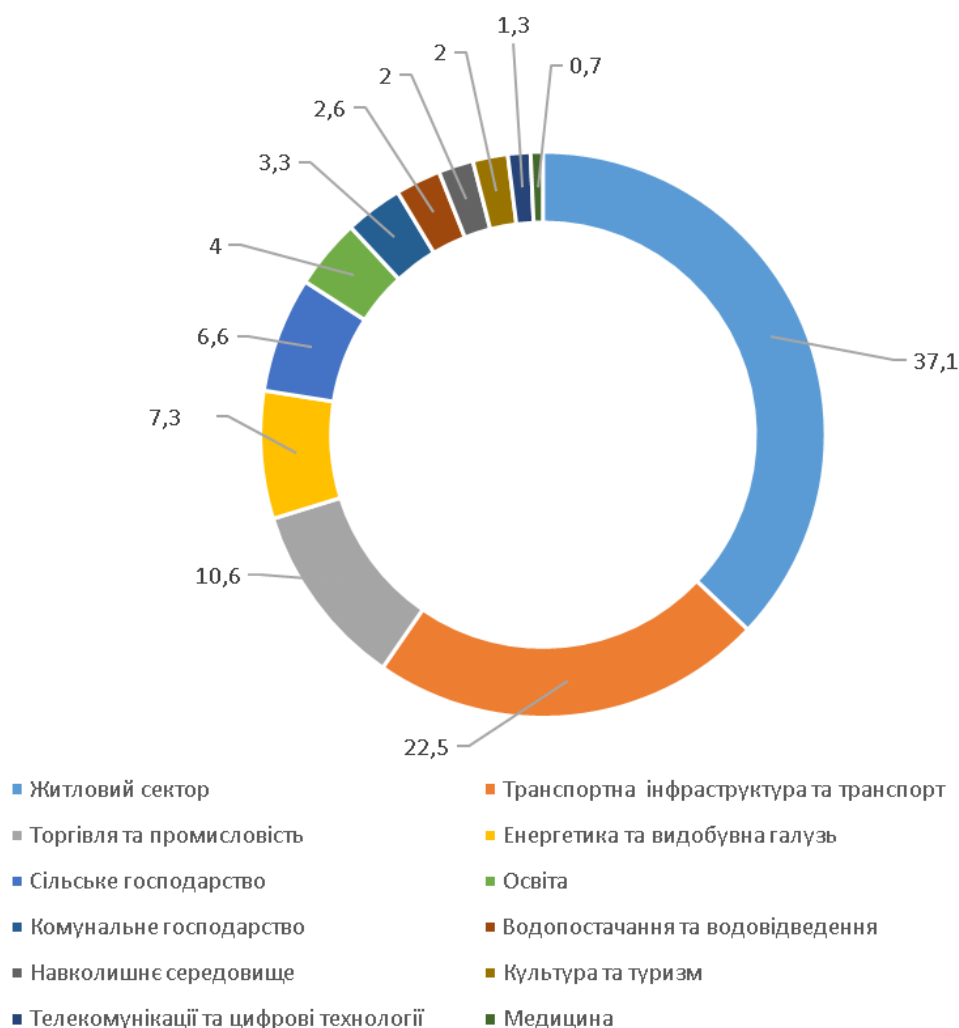


Рисунок 2 – Структура збитків, внаслідок військових дій у різних сферах України

Військові дії на території України привели до аварії на Каховській ГЕС, що є прикладом антропогенного чинника який привів до катастрофи. Гребля ГЕС, яка раніше утримувала 18 кубічних кілометрів води, була зруйнована, призводячи до збитків у розмірі \$ 4 млрд. У Постанові Президії Національної академії наук було зафіксовано, що внаслідок підриву Каховської ГЕС постраждало 16 тис. людей та 80 населених пунктів. Загибло 70 видів прісноводних риб, серед яких 18 віднесені до червонокнижних. Дослідження вчених виявило фрагментацію Каховського водосховища на 5-8 великих водойм, які об'єднані течією старого русла Дніпра, 15-20 середніх і великих водойм [1]. Повені є серйозною катастрофою, яка приносить важкі наслідки населенню саме затоплення територій та загрозу життю. Імовірність повню є екологічним ризиком. Екологічний ризик під час військових дій це несприятлива подія та її наслідки, що викликані антропогенними факторами.

Слід зазначити що НС під час військових дій приводять до серйозних екологічних катастроф. Руйнуються ареали червонокнижних тварин та сільськогосподарські угіддя, забруднюються водойми, ґрунт та повітря, що негативно впливає на життя та здоров'я людини. Пошкодження екологічної системи внаслідок антропогенного втручання має великий негативний наслідок. Система управління екологічними ризиками повинна мінімізувати втрати для екології країни. Корегування методик моніторингу НС та ризику забруднення навколишнього середовища повинно проводитись негайно під кожну НС.

При керуванні системи моніторингу управління ризиками НС доцільно відокремити управління екологічними та економічними ризиками. Впровадження системи управління екологічними ризиками дозволить істотно знизити негативний вплив наслідків екологічної катастрофи. Для рішення проблеми управління екологічними ризиками вітчизняними і зарубіжними вченими з метою оцінки рівня екологічної безпеки було розроблено ряд методик. Управління екологічними ризиками це складний процес запобігання і контролю відповідно до сучасних екологічних вимог. Управління екологічними ризиками від виникнення НС повинно будуватись на мінімізації збитків для навколишнього середовища.

Висновки. Управління екологічними ризиками потребує розробки нових методів аналізу та моделювання за допомогою сучасних інформаційних технологій. Впровадження системи управління екологічними ризиками дозволить своєчасно приймати рішення щодо мінімізації екологічних наслідків від НС під час військових дій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Navrys, A., & Pekarska, O. (2024). Проблеми формування безпекового середовища населення від затоплення на рівні територіальних громад. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*, 29, 128-140. <https://doi.org/10.32447/20784643.29.2024.14>
- [2] Параняк, Н., М., Романів, А., С. (2022). Основні принципи управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру. *Наука і техніка сьогодні* 8, 138-148. [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2022-8\(8\)-138-148](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2022-8(8)-138-148)
- [3] Степанян, М., Шевченко, А. (2020). *Аналітичний звіт «Координація ризиками й загрозами»* <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/ua/Risk-and-Threats-Management-Coordination-Assessment-UA.pdf>
- [4] Чернишова, Л., І., Бондар, К., Р., Красіловська, Л., О. (2024). Особливості управління ризиками в умовах дії воєнного стану: моделі поведінки сучасних підприємств. *Науковий вісник Одеського національного економічного університету: зб. наук. праць; за ред.: В.В. Коваленко (голов. ред.)*. (ISSN 2409-9260). Одеса: Одеський національний економічний університет, № 3-4 (316-317). С. 126-136. <https://doi.org/10.32680/2409-9260-2024-3-4-316-317-126-136>

Guseva-Bozhatkina V.A., Kozyrko K.O.

Peculiarities of environmental risk management in emergency situations during military operations

Abstract. The necessity of timely adjustment of the existing risk management monitoring system for each emergency situation during military operations is substantiated. The main models of risk and threat coordination used by the Ukrainian SES are analyzed. The anthropogenic factors that led to the disaster are investigated.

Keywords: environmental risk management; emergency; monitoring system; disaster risk forecasting; critical infrastructure facilities.

УДК 005.8

СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ НА ПІДПРИЄМСТВІ ПРИ РЕАЛІЗАЦІЇ ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПРОЄКТУ

Дюкова С.П.¹; Очеретяний М.М.²^{1,2} Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова^{1,2} Україна, Миколаїв¹snizhana.diukova@nuos.edu.ua; ²kolyahromov@gmail.com

Анотація. Система управління ризиками, включає в себе стратегічне та тактичне управління, направлене на досягнення основних бізнес-цілей. В статті приділено увагу концепції, основним підходам, моделям, стратегіям та етапам до формування системи управління ризиками при реалізації інвестиційного проєкту.

Ключові слова: управління ризиками; система управління ризиками; інвестиційний проєкт; оцінка ризиків; стратегії управління ризиками.

Вступна частина. Управління ризиками в сучасному бізнес-середовищі стає все більш важливим і стає одним із основних факторів успіху компаній. Це пов'язано з глобалізацією та ринковою інтеграцією, швидкими технологічними змінами, зростанням конкуренції, непередбачуваністю зовнішнього середовища та посиленням регуляторних вимог.

Актуальність обраної теми дослідження визначається великою кількістю різноманітних ризиків, які існують під впливом управління промисловими підприємствами та управлінських рішень, які необхідно приймати. Управління ризиками при реалізації інвестиційних проєктів має бути спрямоване на виявлення різноманітних джерел ризиків та використання всіх факторів, щоб підприємство оптимально розвивалося в умовах економічної невизначеності.

Метою дослідження є подальший розвиток теоретичних аспектів до формування системи управління ризиками при реалізації інвестиційного проєкту у сучасних умовах.

Основна частина. В умовах реалізації інвестиційних проєктів слід мати на увазі, що інвестиційна діяльність здійснюється не тільки в умовах ризику, а й в умовах систематичної і дедалі зростаючої невизначеності.

Концепція, яка розглядає головну мету управління проєктами як діяльність по боротьбі з невизначеністю та мінімізації ризику, є некоректною в сучасних ринкових умовах. В сучасних умовах економічних реалій інвестиційно активному підприємству потрібен більш широкий оптимізаційний підхід у сфері управління ризиками. Цей підхід орієнтує економічний суб'єкт на сприйняття ризику не тільки як негативного явища, але і як можливості, ресурсу розвитку. Виходячи з цього управління ризиком у сфері реалізації інвестиційного проєкту, що здійснюється в умовах підвищеної невизначеності, не повинне трактуватися як процес вироблення компромісу, направленого на досягнення балансу між вигодами від зменшення ризику і необхідними для цього витратами, а також ухвалення рішення про те, які дії для цього слід робити.

При інвестиційному проєктуванні під невизначеністю розуміється неповнота й неточність інформації про умови реалізації проєкту, а під ризиком – можливість виникнення таких умов, які призведуть до негативних наслідків для всіх або окремих його учасників [1].

Отже, можна зазначити, що управління ризиками – це процес розробки оптимальних і розумних рішень, спрямованих на збалансування переваг оптимізації ризику з точки зору витрат, які вона вимагає, порівняно зі збільшенням вартості, що буде досягнуто шляхом реалізації інвестиційних проєктів.

Система управління ризиками представляє собою упорядковану сукупність таких заходів як визначення мети управління ризиком, виявлення ймовірності настання ризикових подій, розрахунку ступеня та величини ризику, аналізу зовнішнього середовища, вибору стратегії управління ризиком та визначення прийомів ризик-менеджменту, необхідних для цільового впливу (нейтралізації або мінімізації) на ризик [2].

Ключовими елементами при побудові системи управління ризиками є підходи, моделі та методологія управління ризиками. У сучасній літературі вони висвітлені дуже фрагментарно і, зазвичай, зводяться до типової методології управління ризиками. Виділяють три основних підходи до управління ризиками на промислових підприємствах [3]:

- активний, при реалізації якого дії підприємства орієнтовані на попередження ризикових подій, здійснення моніторингу та контролю за ризиками;
- адаптивний, основу якого складає адаптація виробничо-господарської діяльності підприємства до поточної ситуації;
- консервативний, що передбачає поглинання підприємством або його партнерами вже реалізованих ризиків та їх наслідків.

У межах зазначених підходів до управління ризиками виділяють такі моделі [3]:

- статистична модель. При використанні статистичної моделі управління ризиками останні можуть розглядатися як передбачувані, оцінка яких може бути проведена на початок проекту або виробничої діяльності, а саме управління ризиками на підприємстві зводиться до двох елементів: створення резервів із запровадженням поправок на ризик у бюджеті та страхування ризиків. Така модель управління ризиками певною мірою аналогічна страхуванню ризиків;
- динамічна модель. Модель у своїй основі містить експрес-аналіз умов діяльності, що постійно змінюються, виявлення нових істотних ризиків (у тому числі операційних, репутаційних, екологічних та соціальних ризиків), а також принципи негайного реагування на зміну контрольних параметрів, аналіз відхилень і розробки методів усунення.

Управління ризиком повинно мати власну стратегію і тактику, які потрібно системно узгоджувати з низкою інших системних характеристик та економічних критеріїв ефективного функціонування підприємства. Під стратегією управління розуміють спосіб використання засобів для досягнення поставленої мети за допомогою певного набору правил та обмежень для прийняття рішення. Тактика управління представляє собою конкретні методи і прийоми для досягнення мети в конкретних умовах. Завданням тактики управління є вибір оптимального рішення і найбільш прийнятних у даній ситуації методів управління. Розробка стратегії управління різноманітними ризиками підприємства при реалізації інвестиційного проекту є особливо важливою для будь-якого підприємства [4].

Серед основних стратегій управління ризиками можна означити такі:

- стратегія диверсифікації: розподіл інвестицій між різними активами, галузями, регіонами для зниження загального ризику;
- стратегія хеджування: використання фінансових інструментів для нейтралізації впливу негативних факторів на інвестиції;
- стратегія резервування: створення фінансового резерву для покриття можливих збитків;
- стратегія страхування: передача частини ризику страховим компаніям;
- стратегія залучення партнерів: розподіл ризиків між кількома учасниками проекту;

- стратегія підвищення якості управління: впровадження ефективних систем управління, навчання персоналу, використання сучасних технологій.

Загальна концепція формування системи управління ризиками містить чотири етапи, які представлені в таблиці:

Етапи формування системи управління ризиками

Основні етапи	Детальний розгляд
I. Ідентифікація ризиків	• Збір інформації: - аналіз документації проєкту; - проведення мозкових штурмів; - опитування експертів; - аналіз історичних даних. • Класифікація ризиків: - за джерелом виникнення (фінансові, технологічні, ринкові, політичні тощо); - за впливом (високий, середній, низький); - за ймовірністю настання. • Структуризація ризиків: - візуалізація ризиків за допомогою діаграм, матриць, мережних моделей
II. Оцінка ризиків	• Кількісна оцінка: - використання методів математичної статистики (наприклад, аналіз чутливості, моделювання Монте-Карло), експертних оцінок. • Якісна оцінка: - оцінка впливу ризику на проєкт за шкалою (наприклад, від 1 до 5); - використання експертних суджень.
III. Розробка планів реагування на ризики	• Уникнення ризику - зміна проєкту для усунення загрози. • Зменшення ймовірності - впровадження заходів, які знижують ймовірність настання ризику. • Перекладання ризику - передача відповідальності за ризик іншим сторонам (наприклад, страхування). • прийняття ризику - свідоме прийняття ризику з розумінням потенційних наслідків.
IV. Моніторинг і контроль ризиків	• Регулярний перегляд - відстеження змін у зовнішньому середовищі та проєкті. • Оновлення оцінок ризиків - переоцінка ризиків з урахуванням нових даних. • Корекція планів реагування - внесення змін до планів за необхідності.

Висновки. Під управлінням ризиками підприємства розуміють систему цілеспрямованих заходів, що направлені на виявлення та оцінку ступеня всієї сукупності ризиків, які впливають на діяльність підприємства, метою розробки механізмів протидії їх можливого негативного впливу. При цьому управління ризиком повинно мати власну стратегію і тактику, які потрібно системно узгоджувати з низкою інших системних характеристик та економічних критеріїв ефективного функціонування підприємства. Управління ризиками є складним і багатогранним процесом, який вимагає індивідуального підходу до кожного проєкту. Ефективна реалізація стратегій управління ризиками дозволяє

значно підвищити шанси на успішну реалізацію інвестиційного проєкту. Важливим моментом у формуванні ефективної системи управління ризиком є рішення питання про те, якого результату слід чекати від даної системи в рамках реалізації інвестиційного проєкту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Гончаренко, О.М. (2009). Управління ризиками в процесі реалізації інвестиційних проєктів: стаття. *Вісник соціально-економічних досліджень*, № 36, стор. 41-45.
- [2] Горго, І.О. (2018). Концепція формування системи управління ризиками на підприємстві: стаття. *Економіка. Фінанси. Менеджмент: актуальні питання науки і практики*, № 11, стор. 29-42.
- [3] Рязанова, Н.О. (2022). Формування системи управління ризиками на промислових підприємствах: стаття. *Академічний огляд*, № 1 (56), стор. 64-71.
- [4] Семенова, К.Д., Тарасова, К.І. (2015). Організація системи управління ризиками на підприємстві: стаття. *Вісник соціально-економічних досліджень*, вип. 3, № 58, с. 221-227.

Snizhana Dyukova, Mykola Ocheretianyi

Risk management system at the enterprise when implementing an investment project

Abstract. *The risk management system includes strategic and tactical management aimed at achieving key business goals. The concept, main approaches, models and stages of forming a risk management system during the implementation of an investment project are discussed in this article.*

Key words: *risk management; risk management system; investment project; risk assessment; risk management strategies.*



ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 35:004.896

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ В КОНТЕКСТІ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ: ВИКОРИСТАННЯ RAG СИСТЕМ

Ювженко Д. І.¹; Путренко В. В., д.т.н., проф.²

Американ Юніверситі Київ

Україна, Київ

¹denys.yuvzhenko@auk.edu.ua; ²viktor.putrenko@auk.edu.ua

Анотація. Бурхливий розвиток моделей генеративного штучного інтелекту у поєднанні з іншими підходами до обробки та аналізу даних надає нові можливості для користувачів інформаційних продуктів та сервісів. Технологічний підхід Retrieval-Augmented Generation надає можливості для такого виду інтеграції, що сприяє процесам автоматизації обробки даних та синтезу нових знань. Поєднання двох цих підходів створює нові можливості у взаємодії користувачів з інформаційними системами нового покоління.

Ключові слова: Генеративний штучний інтелект; Retrieval-Augmented Generation; інформаційні системи

Вступна частина. Сучасний процес цифрової трансформації швидко змінює бізнес-процеси та підвищуючи їх ефективність і швидкість. Ключову роль у цьому відіграють технології штучного інтелекту (ШІ), особливо генеративний ШІ, який не лише автоматизує рутинні завдання, але й генерує нові ідеї та контент. Це дає можливість бізнесу швидше адаптуватися до змін, покращувати взаємодію з клієнтами та автоматизувати складні рішення.

Retrieval-Augmented Generation (RAG) [1][2] — це методика, що поєднує пошук інформації з бази даних і генерацію відповідей за допомогою мовних моделей. Спочатку система знаходить релевантні фрагменти інформації, а потім на їх основі генерує змістовні й точні відповіді.

Генеративний ШІ [3], включно з підходом RAG, дозволяє не просто аналізувати дані, а й знаходити релевантну інформацію та створювати на її основі відповіді в реальному часі. RAG системи поєднують пошук і генерацію контенту, що відкриває нові можливості для автоматизації та прийняття обґрунтованих рішень у різних сферах — від освіти до економіки та менеджменту.

Технології ШІ, зокрема RAG, знижують вартість аналітики, зменшують кількість помилок і підвищують продуктивність. Завдяки автоматизації процесів компанії можуть зосередитися на інноваціях і розвитку, замість витратити ресурси на рутинні операції.

Метою роботи є дослідження технології Retrieval-Augmented Generation для автоматизації обробки та генерації інформації. Це передбачає вивчення можливостей поєднання генеративного штучного інтелекту з пошуковими механізмами для покращення взаємодії користувачів із системами та підвищення ефективності обробки даних у різних галузях, таких як бізнес, наука та освіта.

Основна частина. Для об'єктивної оцінки переваг RAG систем та прийняття рішень про необхідність їх впровадження необхідно розглянути наступне:
1. Переваги RAG систем та нові можливості які вони відкривають. Велика варіація задач яка може бути вирішена за допомогою RAG включає але не обмежує:

- Автоматизація технічної підтримки;
- Оптимізація пошуку технічної документації;
- Автоматизоване створення інструкцій та звітів;

- Персоналізовані рекомендаційні системи для електронної комерції;
- Юридичні сервіси та аналіз контрактів;
- Автоматизація підготовки освітніх матеріалів.

2. Порівняння підходів до роботи з іншими рішеннями на базі генеративного штучного інтелекту, таких як технологія асистентів від OpenAI або використання стандартних моделей таких як Gemini від Google AI або ChatGPT [2] та доцільність використання тих чи інших систем в залежності від контексту задачі.

3. RAG на хмарних платформах [1]. У хмарних середовищах, таких як AWS, можна розгорнути RAG системи з використанням таких сервісів, як Amazon SageMaker для навчання та хостингу моделей або Elasticsearch для організації пошукової бази даних. Хмарні рішення мають переваги у масштабованості, швидкості впровадження та інтеграції з іншими бізнес-системами.

4. Локальні RAG системи [4]. Локальні рішення забезпечують контроль над даними і конфіденційністю, що особливо важливо для сфер, які працюють з чутливою інформацією. Локальні системи можуть бути розгорнуті на внутрішніх серверах компанії з використанням проектів з відкритим кодом для пошуку та генерації.

5. RAG на периферійних пристроях [4] (Edge Devices). Рішення на основі RAG можуть бути розгорнуті на Edge-пристроях, таких як Raspberry Pi або Nvidia Jetson Nano, для автономної обробки даних на місці без необхідності підключення до хмари. Це може бути корисно в промислових середовищах, де доступ до інтернету обмежений, або для систем безпеки та моніторингу. Edge RAG використовується для обробки даних локально, що дозволяє значно скоротити затримки та забезпечити приватність даних. Це може бути застосовано для рішень у виробництві, медицині або логістиці.

6. Перевірка правильності відповіді від RAG. Перевірка точності відповідей, згенерованих RAG, є важливим аспектом для бізнесу. Системи можуть використовувати додаткові модулі для валідації інформації, зіставляючи відповіді з відомими джерелами або перевіреними базами даних.

Висновки. Retrieval-Augmented Generation є перспективною технологією, яка дозволяє значно спростити доступ до інформації та автоматизувати процеси в багатьох галузях. Завдяки своїй гнучкості та здатності інтегруватися як у хмарні середовища, так і в локальні системи, RAG стає ключовим інструментом у цифровій трансформації бізнесу. Однією з найбільш значущих переваг RAG є можливість інтеграції з іншими системами штучного інтелекту, такими як системи обробки природної мови (NLP), комп'ютерний зір, та системи машинного навчання для вдосконалення пошукових і генеративних процесів. Це дозволяє створювати більш інтелектуальні системи, які можуть не лише знаходити і генерувати інформацію, але й інтегрувати її з даними з інших джерел і аналізувати контекст. Інтеграція RAG з іншими видами ШІ, наприклад, зі системами рекомендацій або прогностичними моделями, дає можливість значно підвищити якість користувацького досвіду, персоналізуючи надану інформацію або продукти. Наприклад, у сфері медицини це може означати створення систем, які не тільки витягують і генерують відповіді на основі медичних записів, але й прогнозують можливі діагнози або рекомендації на основі індивідуальних даних пацієнтів. Також інтеграція з системами комп'ютерного зору може дозволити автоматизувати аналіз зображень та генерувати текстові інструкції на основі візуальної інформації. Перспективи розвитку RAG передбачають інтеграцію цієї технології у різні галузі, від автоматизації бізнес-процесів до покращення користувацького досвіду в освітніх та медичних системах. Подальші дослідження можуть зосереджуватися на підвищенні точності пошуку та генерації, а також на оптимізації RAG для роботи на пристроях із обмеженими ресурсами, таких як периферійні пристрої (Edge

devices). Це забезпечить більш автономні рішення, які здатні виконувати завдання на місці без необхідності підключення до хмарних сервісів, що підвищить продуктивність і надійність систем у реальному часі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Amazon Web Services. (n.d.). *What is retrieval-augmented generation (RAG)?* AWS. Retrieved October 18, 2024, from <https://aws.amazon.com/what-is/retrieval-augmented-generation>
- [2] Brown, T. B., Mann, B., Ryder, N., Subbiah, M., Kaplan, J., Dhariwal, P., Amodei, D. (2020). *Language Models are Few-Shot Learners*. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 33, 1877-1901.
- [3] Lewis, P., Oguz, B., Rinott, R., Riedel, S., & Stenetorp, P. (2020). *Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks*. *Proceedings of the 34th Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS)*.
- [4] Zhang, C., Anwer, R. M., Abbasi, Q. H., & Imran, M. A. (2022). *Edge Intelligence: Pushing AI to the edge of the network*. *IEEE Access*, 10, 1176-1189.

Yuvzhenko D. I, Putrenko V. V.

Artificial Intelligence in the Context of Digital Transformation: The Use of RAG Systems

Abstract. *The rapid development of generative artificial intelligence models, combined with other approaches to data processing and analysis, offers new opportunities for users of information products and services. The technological approach of Retrieval-Augmented Generation provides capabilities for integration that facilitates the automation of data processing and the synthesis of new knowledge. The combination of these two approaches creates new possibilities for user interaction with next-generation information systems.*

Keywords: *Generative Artificial Intelligence; Retrieval-Augmented Generation; Information Systems.*

УДК 004.048:658.5

ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ КВАНТОВИХ КАНАЛІВ ЗВ'ЯЗКУ У КВАНТОВІЙ КРИПТОГРАФІЇ

Зінченко В. Л.;¹ Лифар В. О., д.т.н, доц.²¹ Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України;² Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля^{1,2} Україна, Київ¹ v.l.zinchenko@hotmail.com; ² lyfarva61@gmail.com

Анотація. У роботі досліджено можливості використання нейронних мереж для корекції помилок у квантових каналах зв'язку в системах квантової криптографії. Отримані результати демонструють зниження кількості помилок на 25% порівняно з традиційними методами, що підвищує надійність передачі даних. Запропонований підхід має перспективи практичного застосування в реальних квантових системах.

Ключові слова: квантовий канал зв'язку; згорткова мережа; протокол BB84.

Вступна частина. Сучасні виклики інформаційної безпеки вимагають нових технологій захисту даних, і однією з найбільш перспективних є квантова криптографія. Вона базується на законах квантової фізики, забезпечуючи високий рівень безпеки шляхом використання фотонів для передачі інформації через квантовий канал зв'язку. Однак, квантовий канал схильний до шуму, фазових спотворень та втрат інформації, що може знижувати ефективність передачі даних.

На сьогоднішній день існують численні методи корекції помилок у квантових каналах, проте вони мають певні обмеження. Наприклад, традиційні методи квантової корекції помилок (Error Correction Codes) можуть вимагати значних обчислювальних ресурсів і не завжди забезпечують достатньо швидку реакцію на зміни умов у каналі зв'язку. Це створює необхідність у пошуку нових підходів для покращення роботи квантових каналів зв'язку, зокрема з використанням методів штучного інтелекту [1].

Актуальність теми зумовлена тим, що нейронні мережі здатні автоматично адаптуватися до мінливих умов у квантових системах, що може значно підвищити надійність і швидкість передачі даних. Останні дослідження показують, що застосування методів глибокого навчання у квантових системах дає змогу зменшити вплив завад і спотворень на сигнал. Однак, питання оптимізації структури нейронних мереж для роботи з квантовими каналами залишається недостатньо дослідженим [2-3].

Мета роботи. Дослідження можливостей нейронних мереж для підвищення якості квантових каналів зв'язку у системах квантової криптографії шляхом оптимізації структури нейронної мережі та її навчання на основі даних з квантових каналів.

Основна частина. У ході дослідження було проведено моделювання квантового каналу зв'язку з використанням методів квантової криптографії на основі протоколу BB84. Було створено модель шумового каналу, де випадкові фазові спотворення та втрати сигналу викликали зниження ефективності передачі інформації. Для вирішення цієї проблеми було розроблено та навчено нейронну мережу на основі архітектури згорткової нейронної мережі (CNN), яка дозволяє швидко обробляти великі обсяги даних та ефективно коригувати помилки.

Модель нейронної мережі була навчена на симуляційних даних, отриманих з квантового каналу зв'язку, де змінювались умови передачі. Нейронна мережа отримувала на вхід дані про

стан каналу та передбачала найбільш ймовірні корекції помилок. Після навчання модель показала здатність адаптуватися до нових умов і суттєво знижувати рівень помилок. Основною перевагою запропонованої моделі є її швидкість адаптації та висока точність корекції, що дозволяє використовувати її у реальних квантових системах.

Результати дослідження показали, що використання нейронних мереж дозволяє зменшити кількість помилок при передачі даних через квантовий канал на 25% порівняно з традиційними методами корекції помилок. Крім того, час обробки даних був значно зменшений, що робить цей підхід перспективним для використання у реальних системах квантової криптографії.

Висновки. Застосування нейронних мереж для корекції помилок у квантових каналах зв'язку дозволяє значно підвищити надійність квантової криптографії. Розроблена модель нейронної мережі продемонструвала високу ефективність у боротьбі з фазовими спотвореннями та завадами, що робить її перспективним рішенням для практичного використання. У подальших дослідженнях планується адаптувати нейронну мережу до реальних умов експлуатації квантових систем та удосконалити її архітектуру для ще кращої роботи в умовах високих шумів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Ahn, C., Wiseman, H. M., & Milburn, G. J. (2003). Quantum error correction for continuously detected errors. *Physical Review A*, 67(5). <https://doi.org/10.1103/physreva.67.052310>.
- [2] Sivak, V. V., Eickbusch, A., Royer, B., Singh, S., Tsioutsios, I., Ganjam, S., Miano, A., Brock, B. L., Ding, A. Z., Frunzio, L., Girvin, S. M., Schoelkopf, R. J., & Devoret, M. H. (2023). Real-time quantum error correction beyond break-even. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-05782-6>.
- [3] Coutts, B., Girard, M., & Watrous, J. (2021). Certifying optimality for convex quantum channel optimization problems. *Quantum*, 5, 448. <https://doi.org/10.22331/q-2021-05-01-448>.

Volodymyr Zinchenko, Volodymyr Lifar

Using Neural Networks for Optimizing Quantum Communication Channels in Quantum Cryptography

Abstract. *This study explores the use of neural networks for error correction in quantum communication channels within quantum cryptography systems. The results demonstrate a 25% reduction in errors compared to traditional methods, enhancing the reliability of data transmission. The proposed approach has practical application potential in real quantum systems.*

Keywords: *Quantum communication channel; convolutional network; BB84 protocol.*

УДК 004.8

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ В ОСВІТІ: ДОСЯГНЕННЯ, ВИКЛИКИ, РИЗИКИ

Корнєва В. Р.

Прилуцький технічний фаховий коледж

Україна, Прилуки

viktoriia.kornieva@ptfc.ukr.education

Анотація. Штучний інтелект (ШІ) стає одним з ключових елементів розвитку сучасного світу, зокрема і в сфері освіти. Його впровадження змінює підходи до навчання, роблячи його більш персоналізованим, ефективним і доступним. Однак, окрім досягнень, ШІ в освіті несе певні виклики та ризики, які потребують уваги з боку педагогів, політиків і суспільства в цілому.

Ключові слова: Штучний інтелект; освіта; інформаційні технології.

Вступна частина. Штучний інтелект (ШІ) значно трансформує сучасну освіту, роблячи її більш ефективною та доступною. Його досягнення включають персоналізоване навчання, автоматизацію оцінювання, використання віртуальних репетиторів і підвищення доступу до освітніх ресурсів. Завдяки ШІ навчальні процеси стають інтерактивними, гнучкими та індивідуалізованими.

Метою роботи є проаналізувати можливості, перспективи та виклики впровадження штучного інтелекту в освітню сферу. Дослідити, як ШІ може сприяти підвищенню якості навчання, індивідуалізації освітнього процесу, ефективності управління освітніми установами, а також оцінити етичні й соціальні аспекти використання ШІ в освіті.

Основна частина. Під час дослідження [2], даної теми було виділені наступні досягнення впровадження штучного інтелекту в освіту:

Персоналізоване навчання. Одним з головних досягнень ШІ є здатність адаптувати освітній процес до індивідуальних потреб кожного студента. Системи, які базуються на ШІ, аналізують поведінку студентів, їхні сильні та слабкі сторони, а також темп навчання, щоб надавати персоналізовані рекомендації. Це дозволяє студентам отримувати навчальний матеріал відповідно до їхнього рівня знань і особистих потреб. Наприклад, платформи як Duolingo використовують ШІ для підлаштування навчальних завдань у відповідності до рівня володіння мовою.

Автоматизація оцінювання. Штучний інтелект значно полегшує процес оцінювання, зокрема завдяки автоматизованим системам тестування та оцінки письмових робіт. Це особливо корисно для завдань з чіткими критеріями оцінювання, таких як тести з вибором відповідей. Такі системи скорочують час, який викладачі витрачають на перевірку робіт, що дозволяє їм зосередитися на інших аспектах навчання.

Віртуальні репетитори та помічники. Системи ШІ можуть виконувати функції віртуальних репетиторів, які надають студентам додаткову підтримку поза класом. Вони допомагають роз'яснювати складні теми, відповідати на запитання та навіть підказувати, коли краще зробити перерву для відпочинку. Наприклад, чат-боти або помічники на базі ШІ можуть надавати відповіді на запитання студентів у режимі реального часу, навіть коли викладач не доступний.

Підвищення доступності навчання. Завдяки штучному інтелекту, освітні платформи можуть бути доступними для більшої кількості людей, незалежно від їхнього місця проживання чи соціально-економічного становища. Онлайн-курси, які адаптуються під

індивідуальні потреби студентів, дозволяють отримувати знання з будь-якої точки світу. Це особливо корисно для людей з обмеженими можливостями або тих, хто проживає у віддалених регіонах.

Виклики впровадження штучного інтелекту в освіту

Необхідність технічної інфраструктури. Один з головних викликів при впровадженні ШІ в освіту полягає в необхідності розвиненої технічної інфраструктури. Багато навчальних закладів, особливо у слаборозвинених країнах, не мають доступу до необхідних технічних ресурсів, таких як швидкий інтернет, сучасні комп'ютери та програмне забезпечення. Це створює нерівні умови для студентів у різних регіонах.

Навчання викладачів. Щоб ефективно використовувати штучний інтелект у навчанні, викладачам потрібні нові навички та знання. Їм необхідно навчитися користуватися системами на базі ШІ, розуміти, як вони працюють, і знати, як застосовувати їх у навчальному процесі. Це вимагає додаткових тренінгів та ресурсів для підвищення кваліфікації педагогів.

Перегляд традиційних навчальних моделей. Інтеграція ШІ в освіту вимагає перегляду традиційних навчальних моделей і підходів. Стандартизовані методи викладання, що базуються на «одному підході для всіх», поступово відходять на другий план. Освітня система має бути готова до змін, щоб інтегрувати індивідуальні підходи до кожного студента.

Етичні питання. Штучний інтелект в освіті ставить перед суспільством важливі етичні питання. Наприклад, виникає питання щодо зберігання та обробки даних студентів. Системи на базі ШІ збирають величезну кількість інформації про здобувачів освіти: їхні успіхи, помилки, індивідуальні особливості навчання. Важливо забезпечити, щоб ці дані не використовувалися в неналежний спосіб і не порушували конфіденційність студентів.

Використання штучного інтелекту в освіті має безліч наслідків, які можна розглядати з різних аспектів.

По-перше, однією з головних переваг є можливість персоналізації навчання. Системи на основі ШІ можуть адаптувати навчальний процес до потреб кожного учня, враховуючи його сильні та слабкі сторони. Це дозволяє учням отримувати матеріали та завдання, які відповідають їхньому рівню знань, що може суттєво підвищити їх мотивацію і результативність.

Ще одним позитивним аспектом є доступ до величезної кількості навчальних ресурсів. Завдяки онлайн-платформам студенти можуть отримувати доступ до курсів і матеріалів з будь-якої точки світу, що розширює їх можливості навчання. Використання мультимедійних елементів, таких як відео і інтерактивні симуляції, робить процес навчання більш захопливим та ефективним.

Автоматизація рутинних завдань, таких як оцінювання і управління класом, також є важливим аспектом впровадження ШІ. Викладачі можуть витрачати менше часу на адміністративні завдання, а більше — на безпосереднє навчання студентів. Аналіз даних дозволяє виявити патерни в успішності студентів, що допомагає вчасно коригувати методи навчання.

Проте є й негативні наслідки. Залежність від технологій може призвести до зниження критичного мислення у студентів. Якщо студенти почнуть покладатися на ШІ для вирішення всіх завдань, це може зменшити їх здатність до самостійного аналізу. Крім того, зростаюче використання онлайн-ресурсів може негативно вплинути на соціалізацію студентів, оскільки особисті контакти і командна робота можуть зменшитися.

Упередженість алгоритмів є ще однією серйозною проблемою. Якщо дані, на яких навчалися алгоритми, містять упередження, це може призвести до несправедливих оцінок і

рекомендацій для певних груп студентів. Це питання потребує особливої уваги, щоб уникнути підсилення існуючих стереотипів.

Безпека даних також викликає занепокоєння. Збір і зберігання інформації про студентів вимагає належного захисту, щоб уникнути зловживань. Важливо, щоб дані про студентів використовувалися етично і відповідально.

Нарешті, для ефективного впровадження ШІ в освіту потрібно, щоб викладачі були належно підготовлені. Це може вимагати додаткових курсів підвищення кваліфікації, що може бути дорогим і тривалим процесом. Деякі викладачі можуть бути скептично налаштовані щодо нових технологій, що ускладнює їх інтеграцію в навчальний процес.

Висновки. Штучний інтелект [1, 2], має величезний потенціал для вдосконалення освітнього процесу. Він дозволяє створювати персоналізоване навчання, автоматизувати оцінювання та підвищувати доступність освіти для різних категорій студентів. Проте, окрім досягнень, ШІ ставить перед суспільством серйозні виклики та ризики. Для того, щоб максимально ефективно використовувати штучний інтелект в освіті, необхідно вирішувати питання технічної інфраструктури, етичності, доступності та підготовки викладачів.

Важливо також пам'ятати, що ШІ не може повністю замінити людину в навчальному процесі. Роль викладача, людська взаємодія та критичне мислення залишаються основними елементами успішного навчання. ШІ має стати інструментом для підвищення ефективності освіти, але не замінити її людську сутність.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Ткаченко, О.Р., Кустра, Н. О., Павлюк, О. М., Поліщук, У. В. (2014). *Засоби штучного інтелекту: навч. посіб.* М-во освіти і науки України, Нац. ун-т «Львів. політехніка», 5-9.
- [2] Головка, Д.Ю (2024). *Штучний інтелект у діяльності педагога закладу професійної (професійно-технічної) освіти Навчально-методичний посібник*, Біла Церква: БІНПО ДЗВО «УМО», НАПН України, 14-27.
- [3] Нікольський, Ю. В. (2013). *Системи штучного інтелекту : навч. посібник. – 2-ге вид., випр. та доп.* Львів, 54-60.

Korneva V.R.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATION: ACHIEVEMENTS, CHALLENGES, RISKS

Abstract. Artificial intelligence (AI) is becoming one of the key elements of the development of the modern world, particularly in the field of education. Its implementation changes approaches to learning, making it more personalized, effective and accessible. However, in addition to achievements, AI in education carries certain challenges and risks that require attention from educators, politicians and society as a whole.

Keywords: Artificial intelligence; education; information technologies.

УДК: 623.4:004.9

АВТОМАТИЗАЦІЯ ОБРОБКИ ПАРАМЕТРИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ В ПРОЦЕСІ ВИПРОБУВАНЬ ЗРАЗКІВ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

Тертишнік Є. М. ад'юнкт

Національний університет оборони України

Україна, Київ

<https://orcid.org/0000-0003-3356-7639>

Анотація Під час дослідження проведено аналіз шляхів здійснення автоматизації обробки параметричної інформації в процесі випробувань зразків озброєння та військової техніки.

Ключові слова: автоматизація; озброєння та військова техніка; параметрична інформація; випробування; стандартизація.

Вступна частина Автоматизація обробки даних займає важливе місце в сучасних військових дослідженнях і випробуваннях. У контексті розвитку озброєння та військової техніки, які стають все більш складними та технологічно розвинутими, випробування вимагають швидкої й точної обробки великого обсягу параметричної інформації. Це стосується як оцінки бойових характеристик, так і перевірки надійності й експлуатаційної безпеки [1].

Метою дослідження є аналіз проблем автоматизації обробки параметричної інформації в процесі випробувань зразків озброєння та військової техніки та пошук шляхів їх вирішення.

Основна частина Автоматизація у військових випробуваннях озброєння та військової техніки має тривалу історію. Перші спроби автоматизувати процеси збору й обробки даних розпочалися у середині ХХ століття, коли для військових цілей були адаптовані перші електронні обчислювальні машини. Згодом, із розвитком комп'ютерних технологій та збільшенням вимог до точності й швидкості аналізу даних, автоматизовані системи отримали ширше застосування у військовій сфері.

Системи першого покоління автоматизованої обробки параметричної інформації виконували лише базові функції – збір, реєстрацію та простий аналіз параметрів температура, тиск, швидкість тощо. Однак із розвитком цифрових технологій та появою мікропроцесорів у 1980-х роках з'явилися більш досконалі системи, здатні проводити складні математичні обчислення, моделювання та візуалізацію результатів [2].

На сучасному етапі випробування озброєння та військової техніки здійснюються з використанням комп'ютерних мереж, спеціалізованого програмного забезпечення й автоматизованих контрольно-вимірювальних комплексів. Це дозволяє обробляти величезні обсяги параметричної інформації в реальному часі, що суттєво підвищує ефективність тестувань.

В умовах швидкого технічного прогресу та розвитку новітніх видів озброєння, актуальність автоматизації процесів обробки даних постійно зростає. Військова техніка стає все більш технологічно складною, що вимагає нових підходів до її тестування та оцінки параметрів [3].

Завданням автоматизації є мінімізація людського фактору, підвищення точності аналізу даних і скорочення часу на прийняття рішень. Для сучасних зразків озброєння й військової

техніки критично важливо забезпечити високу швидкість і достовірність обробки результатів випробувань, особливо у випадках, коли мова йде про багатоканальні системи з численними датчиками й комплексними інформаційними потоками.

Автоматизація також дозволяє уніфікувати процес збору даних, забезпечуючи можливість порівняльного аналізу різних зразків озброєння та військової техніки, що значно полегшує прийняття рішень щодо їх удосконалення або доопрацювання [4].

Незважаючи на значний прогрес в автоматизації, на сьогоднішній день існують певні проблеми, які обмежують ефективність автоматизованої обробки параметричної інформації в ході військових випробувань.

Основними з них є:

- великий обсяг інформації зразків сучасної техніки з сотнями параметрів, які необхідно контролювати, що створює високі вимоги до потужностей обчислювальних систем;
- висока швидкість аналізу й обробки даних, що виконується в процесі випробувань з відстеженням різних параметрів в режимі реального часу;
- надійність та захист інформації від зовнішніх загроз і спотворень в умовах війни або екстрених ситуацій;
- відсутність універсальних систем, так як для кожного типу випробувань можуть використовуватися різні системи, що ускладнює інтеграцію результатів і створює проблеми в управлінні загальним процесом аналізу.

Розв'язання проблем автоматизації обробки параметричної інформації потребує комплексного підходу, що включає кілька важливих напрямків:

1. Модернізація обчислювальних потужностей з впровадженням новітніх суперкомп'ютерів й обчислювальних кластерів для обробки великих обсягів даних у реальному часі.
2. Розвиток програмного забезпечення з впровадженням інтелектуальних алгоритмів обробки даних на основі методів машинного навчання та штучного інтелекту дозволить автоматизувати аналіз даних, виявляти аномалії та прогнозувати результати випробувань.
3. Стандартизація та уніфікація є важливим кроком створення єдиних стандартів та протоколів для автоматизованих систем збору й обробки даних, що забезпечить сумісність різних компонентів і підвищить ефективність випробувань.
4. Захист інформації шляхом впровадження систем кіберзахисту для автоматизованих випробувальних комплексів, що гарантуватиме захищеність даних від кібератак та технічних збоїв.
5. Впровадження методів моделювання випробувань на етапі проектування дозволить скоротити кількість фізичних випробувань, зменшуючи витрати й підвищуючи оперативність оцінки параметрів озброєння та військової техніки [5].

Висновки. Автоматизація обробки параметричної інформації в процесі випробувань озброєння та військової техніки є ключовим елементом підвищення ефективності та точності військових випробувань. Розв'язання існуючих проблем через модернізацію обчислювальних систем, розвиток програмного забезпечення й підвищення захищеності даних сприятиме подальшому вдосконаленню процесів тестування та забезпечення надійності нових зразків озброєння та військової техніки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Білобородов, А. В. (2020). "Автоматизація обробки даних у військових системах випробувань." *Військова техніка та озброєння*.
- [2] Савченко, І. М. (2018). "Комп'ютерні технології в випробуваннях військової техніки." *Науковий вісник оборони України*.
- [3] Мазур, П. Г., Ковальчук, В. С. (2020). "Автоматизація аналізу параметрів озброєння: сучасні тенденції." *Інформаційні технології та безпека*.
- [4] Захаров, Д. В. (2021). "Сучасні методи автоматизації в оборонній промисловості." *Вісник національної оборони*.
- [5] Шевченко, О. П. (2022). "Штучний інтелект та його роль в автоматизації військових випробувань." *Технології майбутнього в оборонній сфері*.

Tertyshnik Y.M.

Automation of the processing of parameter information in the process of testing samples of weapons and military equipment

Abstract. During the research, an analysis of the ways of automating the processing of parametric information in the process of testing samples of weapons and military equipment was carried out.

Keywords: automation; weapons and military equipment; parametric information; testing; standardization.

УДК 004.77

РОЗВИТОК АВТОМАТИЗОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ЄДИНОГО ДЕРЖАВНОГО РЕЄСТРУ ПРИЗОВНИКІВ, ВІЙСЬКОВОЗОВОБ'ЯЗАНИХ ТА РЕЗЕРВІСТІВ В УМОВАХ ВІДБИТТЯ ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ

Савін В.І. ад'юнкт

Національний університет оборони України

Україна, Київ

<https://orcid.org/0009-0009-5604-6810>

Анотація. В умовах сучасності ефективність інструментів управління військовими ресурсами, зокрема для автоматизації швидкого обліку та мобілізації людських ресурсів Єдиний державний реєстр призовників, військовозобов'язаних та резервістів (далі – ЄДР) дозволяє оперативно реагувати на загрози та забезпечувати координацію між органами влади. Розвиток ЄДР значно підвищить обороноздатність країни та створить умови для ефективного управління людськими ресурсами.

Ключові слова: автоматизовані системи управління людськими ресурсами; державні реєстри та системи; мобілізаційний потенціал; прогнозування потреб в особовому складі.

Вступна частина. Єдиний державний реєстр призовників, військовозобов'язаних та резервістів – інформаційно-комунікаційна система, призначена для збирання, зберігання, обробки та використання даних про призовників, військовозобов'язаних та резервістів, створена для забезпечення військового обліку громадян України [1].

До основних завдань реєстру належать:

- оперативний облік призовників і військовозобов'язаних;
- підтримка актуальної інформації про мобілізаційний потенціал країни;
- забезпечення можливості швидкого реагування на загрози національній безпеці;
- оптимізація процесів призову, мобілізації та управління резервістами.

ЄДР створений як інструмент для покращення адміністративного обліку, проте з початком агресії РФ проти України його роль значно зросла. У воєнний час система стає критично важливою для забезпечення швидкого реагування на військові виклики.

Метою роботи є удосконалення системи централізованого обліку всіх осіб, які підлягають призову або перебувають у запасі для оптимізації процесів призову, мобілізаційного потенціалу країни в умовах відбиття збройної агресії.

Основна частина. Повномасштабні бойові дії в Україні потребують вирішення питання прискореної модернізації військової інфраструктури, зокрема автоматизованих систем управління людськими ресурсами. Традиційні способи обліку та управління призовниками не відповідають вимогам воєнного часу та мають ряд недоліків: оперативність оновлення даних, можливість координації між територіальними центрами комплектування та соціальної підтримки і органами місцевої влади, захищеність інформації від кібератак, інтеграція з іншими системами для забезпечення комплексного підходу до управління військовими кадрами.

Для вирішення зазначених завдань необхідно удосконалити ЄДР завдяки застосуванню сучасних інформаційно-телекомунікаційних технологій, які забезпечують

швидке отримання та обробку даних в режимі реального часу, що дозволить державним органам оперативно приймати рішення щодо мобілізації і використання людських ресурсів на фронті та в тилу.

Розвиток автоматизованої інформаційно-телекомунікаційної системи (далі – АІТС) ЄДР включає впровадження ключових технологічних рішень, серед яких:

Централізоване хмарне зберігання даних, що забезпечить доступність інформації для різних відомств у будь-який час, а також мінімізується ризик втрати даних у разі пошкодження фізичних серверів.

Захист інформації від кібератак, де кібербезпека стала важливим аспектом роботи системи, адже в умовах війни загрози з боку хакерських угруповань значно зросли. Для захисту даних використовуються сучасні криптографічні методи шифрування, багаторівневі системи аутентифікації та постійний моніторинг аномальної активності в системі.

Інтеграція з іншими державними реєстрами та системами (базами даних, такими як реєстр громадян, система соціального захисту та інші важливі державні ресурси) дозволяє автоматизувати процеси обміну інформацією та мінімізувати людський фактор.

Мобільні додатки для громадян забезпечують зручний доступ до інформації для військовозобов'язаних створюють мобільні додатки, що дозволяють отримувати актуальну інформацію про місце та час призову, подавати необхідні документи та оновлювати свої дані.

Попри численні переваги автоматизації, процес розвитку ЄДР має наступні недоліки:

Фінансові ресурси. Модернізація таких масштабних систем вимагає значних коштів, що в умовах воєнного часу стає особливо складним завданням.

Технічна підтримка та кадрові ресурси. Нестача фахівців з інформаційних технологій у державному секторі ускладнює підтримку та розширення функціональності системи.

Сприйняття та адаптація користувачами. Впровадження нових технологій вимагає навчання як державних службовців, так і громадян, що інколи викликає супротив через низьку обізнаність у технологічних новаціях [2].

Удосконалення АІТС ЄДР безпосередньо вплине на ефективність мобілізаційного процесу та допоможе вирішити завдання щодо скорочення часу на облік і виклик військовозобов'язаних, забезпечення прозорості та підзвітності процесів мобілізації, мінімізації помилки, пов'язаної з людським фактором, підвищення обороноздатності країни завдяки більш ефективному управлінню людськими ресурсами, дозволить проводити аналітичну роботу для прогнозування потреб в особовому складі, враховуючи змінні умови ведення бойових дій та загальну ситуацію на фронті.

Сучасні тенденції у сфері цифровізації оборонної галузі дозволять забезпечити розвиток АІТС ЄДР.

До перспективних напрямків відносять:

подальша інтеграція з міжнародними системами для покращення координації з партнерами по безпеці;

використання штучного інтелекту для прогнозування потреб у військовому персоналі; автоматизацію навчання резервістів через інтерактивні платформи.

Важливим питанням є створення інтерактивних засобів для взаємодії військовозобов'язаних із державними установами, що дозволить підвищити зручність та ефективність процесів [3].

Висновки. Розвиток автоматизованої інформаційно-телекомунікаційної системи Єдиного державного реєстру призовників, військовозобов'язаних та резервістів є критично

важливим етапом у забезпеченні обороноздатності країни в умовах війни. Удосконалення системи дозволить оперативно обробляти дані, координувати дії між відомствами та забезпечувати прозорість мобілізаційного процесу, стане ключовим елементом управління військовими ресурсами держави, забезпечить стабільність та ефективність військової логістики як під час воєнних дій, так і в мирний час.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Про Єдиний державний реєстр призовників, військовозобов'язаних та резервістів. № 1951-VIII ст.1-5. (2017).
- [2] Коваленко, О.В. (2022). Автоматизація мобілізаційних процесів в умовах війни: виклики та перспективи. *Збірник наукових праць Національного університету оборони України*.
- [3] Слюсар, В.І. (2023). Інформаційні системи для управління військовими ресурсами: сучасні тенденції та технології. *Вісник Київського національного університету*.

Savin V.I.

Development of the automated information and telecommunication system of the Unified state register of conscripts, conscripts and reservists in the conditions of repelling armed aggression

Abstract. In modern conditions, the effectiveness of military resource management tools, in particular for the automation of rapid accounting and mobilization of human resources. The Unified State Register of Conscripts, Conscripts and Reservists (USR) allows for prompt response to threats and coordination between authorities. The development of the UDR will significantly increase the country's defense capabilities and create conditions for effective management of human resources.

Keywords: automated human resource management systems; state registers and systems; mobilization potential; forecasting of personnel needs.

УДК 0004.9

ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СИСТЕМ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Порохня І.М.

Національний університет оборони України

Україна, Київ

ORCID 0000-0002-7307-4743

Анотація. Під час дослідження аналізуються системи інформаційно-аналітичного забезпечення (далі – СІАЗ) та їхня роль у сучасному управлінні, зокрема у військовій сфері. Обговорюються основні проблеми, пов'язані з обробкою великих обсягів даних, якісним контролем інформації, інтеграцією з іншими системами та шляхи їх вирішення.

Ключові слова: системи інформаційно-аналітичного забезпечення; хмарні технології; автоматизація процесів; інтеграція систем.

Вступна частина. Аналіз систем інформаційно-аналітичного забезпечення демонструє важливу роль цих систем у сучасному світі для прийняття важливих рішень, особливо у військовій сфері. Разом із значними перевагами виникають численні проблеми, які потребують подальшого вирішення.

Мета дослідження: Визначити основні проблеми, що виникають у процесі функціонування СІАЗ та запропонувати шляхи їх вирішення для підвищення ефективності функціонування цих систем.

Основна частина. До основних проблем функціонування СІАЗ відносять:

1. Великі обсяги даних і проблеми з їх обробкою.

На сьогоднішній день СІАЗ працюють з великими масивами даних, які циркулюють в системі військового управління. Вони обробляють дані в режимі реального часу, що створює складності з перевантаженням, обробкою та інтерпретацією інформації [3]. Часто виникає ситуація, коли системи не можуть впоратись із одночасним аналізом потоків даних, що затримує процес прийняття рішень в умовах бойових дій.

2. Забезпечення якості та актуальності даних.

Актуальність і якість даних мають вирішальне значення для точних аналітичних висновків. Відсутність ефективного контролю якості та валідації даних може призвести до помилкових рішень, особливо у випадках прогнозування у режимі реального часу [4]. Під час прогнозування або ведення операцій дана проблема може суттєво знизити ефективність системи управління військами та призвести до катастрофічних наслідків, втрат озброєння та військової техніки на полі бою.

3. Складність інтеграції з іншими системами.

Ця проблема є серйозним викликом для проведення військових операцій, оскільки різні формати даних і технічні стандарти ускладнюють обмін інформацією між структурними підрозділами ЗС України, що суттєво обмежує координацію між ними та знижує оперативність прийняття рішень на полі бою, що підвищує ризики під час виконання бойових завдань.

4. Проблеми безпеки та конфіденційності.

Недостатній рівень безпеки є критичною проблемою для СІАЗ. Витоки даних або кібератаки можуть призвести до втрати конфіденційної інформації, що створює загрозу не лише для організаційних структур, але й для національної безпеки [5].

5. Високі витрати на впровадження та підтримку.

СІАЗ є технологічно складними системами, створення та підтримка розподілених баз даних, аналітичних платформ та необхідного обладнання, що вимагає значних капіталовкладень як на етапі впровадження так і для подальшого супроводження. Створення

та підтримка баз даних, а також оновлення програмного забезпечення та обладнання потребують не лише фінансових ресурсів, але й залучення кваліфікованих спеціалістів.

6. Проблеми з масштабуванням.

Зі зростанням обсягів даних та кількості користувачів деякі системи не можуть ефективно масштабуватися. Це призводить до зниження продуктивності, зокрема в умовах, коли значна кількість одночасних запитів може перевантажити систему[1].

7. Складність навчання персоналу.

Специфіка СІАЗ, вимагає від персоналу певних навичок для їх ефективного використання. Часто інтерфейси систем є занадто складними або не інтуїтивними, що вимагає тривалого навчання персоналу і може знизити ефективність роботи [7].

Для вирішення основних проблем у СІАЗ включаючи військову сферу, необхідно впроваджувати комплексний підхід до їх вирішення.

Розглянемо можливі шляхи вирішення для кожної з проблем:

- для покращення обробки великих обсягів даних варто використовувати технології розподілених обчислень, що дозволяють обробляти великі масиви даних паралельно на кількох серверах;
- необхідність впроваджувати системи для автоматичного моніторингу якості даних, що дозволяють виявляти неточності, пропуски та помилки у даних. Це може бути реалізовано через інструменти валідації даних та моніторинг їх цілісності;
- використання механізмів реального часу для оновлення інформації забезпечить актуальність інформації для точного прогнозування та прийняття рішень;
- для забезпечення кращої інтеграції варто впроваджувати загальноприйняті стандарти обміну даними. Це дозволить зробити системи більш сумісними та полегшить обмін інформацією між різними платформами;
- використання мікро сервісної архітектури або орієнтованої на сервіси архітектури допоможе інтегрувати СІАЗ з іншими системами, розділяючи їх на автономні, легко інтегровані частини;
- для підвищення безпеки варто використовувати технології шифрування даних як під час їх зберігання, так і при передачі;
- для дотримання вимог конфіденційності варто впроваджувати політики захисту особистої інформації та відповідність нормативним вимогам;
- перехід на хмарні платформи може значно знизити витрати, а також забезпечують гнучкість у масштабуванні;
- використання автоматизованих систем моніторингу, оновлення та підтримки знижує витрати на підтримку і технічне обслуговування інфраструктури;
- для зростання обсягів даних і кількості користувачів доцільно використовувати технології горизонтального масштабування, що дозволить системам ефективно збільшувати свою продуктивність без втрат у швидкості;
- створення простих та зручних у використанні інтерфейсів для користувачів значно полегшить роботу з системами;
- важливо інвестувати в навчання персоналу, організовуючи тренінги та семінари з використання нових систем. Це допоможе швидше інтегрувати нові інструменти в роботу персоналу.

Висновок

Для вирішення проблем СІАЗ потрібний комплексний підхід який включає оптимізацію обробки даних, покращення інтеграції, забезпечення безпеки та підвищення ефективності використання. Використання сучасних технологій, таких як хмарні обчислення, автоматизовані інструменти, розподілені обчислення та масштабовані архітектури, допоможе підвищити продуктивність, знизити витрати і забезпечити надійність інформаційно-аналітичних систем у військовій сфері.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Барановський, О. І. (2020). *Інформаційно-аналітичне забезпечення органів державної влади: концепція та засади функціонування*. Київ: КНТ.
- [2] Гриценко, І. С. (2021). *Аналітичні системи в управлінні національною безпекою*. Львів: Видавництво ЛНУ ім. І. Франка.
- [3] Корж, В. О. (2022). *Технології розподілених обчислень в сучасних системах управління*. Харків: Видавництво Харківського національного університету радіоелектроніки.
- [4] Мельник, П. М. (2020). *Застосування хмарних технологій у сучасних інформаційних системах*. Київ: Наукова думка.
- [5] Петренко, О. М. (2019). *Захист інформації у інформаційно-аналітичних системах державного управління*. Харків: Видавництво ХНУ.
- [6] Сидоренко, В. П. (2021). *Автоматизовані системи підтримки прийняття рішень у військовій сфері*. Київ: Видавництво "Армія".
- [7] Шевченко, Л. В. (2022). *Проблеми інтеграції та безпеки в інформаційно-аналітичних системах*. Дніпро: Вид-во ДНУ.

Porokhnya I.M.

PROBLEMS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF INFORMATION AND ANALYTICAL SUPPORT SYSTEMS

Abstract. *In the course of the study, the systems of information and analytical support (hereinafter referred to as SIAZ) and their role in modern management, in particular in the military sphere, are analyzed. The main problems associated with the processing of large amounts of data, high-quality control of information, integration with other systems and ways to solve them are discussed*

Keywords: *Information and analytical support systems; cloud technologies; process automation; Systems integration.*

УДК 65.012:004.89

СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В РОБОТІ СУЧАСНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Смирнов В.М., к.геол.н.¹; Смирнов В.В.²¹Чорноморський національний університет імені Петра Могили;²Український державний університет імені Михайла Драгоманова¹Україна, Миколаїв; ² Україна, Київ¹vnsmirnov79@gmail.com; ²vladvikts@gmail.com

Анотація. Система підтримки прийняття рішень (СППР) є важливим інструментом для підприємств задля ефективного реагування на зміни в бізнес-середовищі. Сьогодні аналітика даних, стратегічне планування та командний підхід допомагають оптимізувати управління заходами. СППР розглядає різні аспекти управління організаційними операціями, виробничими процесами та ресурсами і пристосовується до структурованих і неструктурованих проблем у різних сферах підприємництва.

Ключові слова: система підтримки прийняття рішень; стратегій прийняття управлінських рішень; інформаційний ресурс; інформаційні системи; інформаційне забезпечення.

Вступ. В умовах швидко мінливих ринкових умов, глобалізації та цифрової трансформації у роботі сучасного підприємства виникає потреба підвищення гнучкості в управлінні процесами. До того ж підприємства часто стикаються з необхідністю швидкого аналізу великих подій для прийняття стратегічних і тактичних рішень, що сприяє їх конкурентоспроможності. Системи швидкого прийняття рішень (СППР) дозволяють автоматизувати процеси обробки інформації, мінімізувати ризики і підвищити ефективність управління. Просування таких систем має вирішальне значення для бізнесу, який може обійтися без жорсткості друку, адаптивності та психологічної витривалості.

Метою дослідження є аналіз ефективних підходів до впровадження систем підтримки прийняття рішень на підприємстві для підвищення ефективності управління процесами та оптимізації бізнес-процесів.

Основна частина. У сучасному бізнес-середовищі, що характеризується швидкими змінами, високою конкуренцією та глобалізацією, ефективні стратегії управлінських рішень стали невід'ємною складовою успіху підприємств. Управлінські рішення можуть бути визначені як процес вибору найкращого варіанту з декількох можливих, з метою досягнення певних цілей організації.

Очевидно, що СППР стали важливим інструментом управління для сучасних підприємств. В умовах жорстокої конкуренції менеджери стикаються з необхідністю швидкого реагування на зміни в бізнес-середовищі. Інформаційні системи СППР розроблені для підтримки управлінців в їхній щоденній діяльності, пропонуючи оптимальні рішення серед численних альтернатив [1].

Однією з основних стратегій прийняття управлінських рішень є стратегічне планування. Воно передбачає формування довгострокових цілей та стратегій, які допомагають підприємствам адаптуватися до змін у зовнішньому середовищі. Зокрема, компанії повинні проводити аналіз SWOT (сильні та слабкі сторони, можливості та загрози), що дозволяє їм оцінити власні ресурси і адаптувати свої стратегії відповідно до ринкових умов.

Ще однією важливою стратегією є використання даних для прийняття рішень. В умовах цифровізації та наявності великих обсягів даних, підприємства застосовують аналітичні інструменти для вивчення споживчих тенденцій, прогнозування попиту та оптимізації операційних процесів. Цей підхід дозволяє зменшити ризики і приймати більш обґрунтовані рішення.

Командний підхід до прийняття рішень також має велике значення для успішної роботи підприємства. Залучення співробітників до процесу прийняття рішень створює атмосферу співпраці та інновацій, а також збільшує відповідальність за результати. Функціонування крос-функціональних команд дозволяє вирішувати складні задачі і впроваджувати нові проекти більш ефективно.

Важливість управлінських рішень підкреслюється також необхідністю врахування соціальної відповідальності підприємств. Сучасні організації все більше зрозуміли, що успіх у бізнесі неможливий без урахування екологічних та соціальних аспектів. Це стосується не лише дотримання етичних норм, а й розробки стратегій, спрямованих на стійкий розвиток.

Сфера застосування СППР охоплює різноманітні аспекти менеджменту, включаючи управління організаційними операціями, виробничими процесами та ресурсами. Вони використовуються для вирішення бізнес-проблем, що виникають в сучасному підприємстві [2].

Основні характеристики СППР включають обробку великих обсягів даних і отримання інформації з різних джерел. Це дозволяє створювати гнучкі звіти та презентації, підтримувати управлінські судження, а також виконувати складний аналіз і порівняння [3].

Можливості сучасних СППР є багатограними — від підтримки етапів вирішення проблем до адаптації до різних частот прийняття рішень. Вони ефективно працюють як з структурованими, так і з неструктурованими проблемами, що робить їх ефективними на різних рівнях управлінського процесу — оперативному, тактичному та стратегічному [4].

Основні компоненти СППР включають базу даних, яка об'єднує інформацію з різноманітних внутрішніх та зовнішніх джерел, а також базу моделей, що містить математичні та аналітичні моделі для аналізу даних [5]. Ці системи допомагають управлінцям ефективно вирішувати складні і динамічні проблеми, надаючи їм гнучкі інструменти для прийняття рішень.

Крім того, важливим аспектом є інформаційний ресурс підприємства, який є основою для формування СППР. Це сукупність інформації, що перебуває в розпорядженні підприємства і використовується для його діяльності. Інформаційний ресурс включає правову, комерційну, ділову інформацію, дані про персонал, ринки та сферу діяльності підприємства. Важливо відзначити, що інформаційні ресурси мають багатофункціональність, що дозволяє формувати знання працівників, створювати документи та приймати управлінські рішення.

Взагалі, роль інформаційних ресурсів у формуванні та підтримці системи прийняття рішень є надзвичайно важливою. Вона приваблює увагу активних підприємств, які прагнуть до інноваційного розвитку і гнучкості в конкурентному середовищі. Інформаційний ресурс, як результат діяльності підприємств, формується в процесі інформаційного забезпечення, що включає маркетингові дослідження, інформаційно-аналітичну роботу, а також комерційну розвідку.

Висновки. Отже, для успішного функціонування сучасного підприємства не лише важливі технічні знання і фінансова дисципліна, але й ефективні стратегії управлінських рішень, які функціонують на засадах ефективного прийняття рішень, а також забезпечують гнучкість та адаптованість в умовах швидко змінного бізнес-середовища. Застосування

стратегічного планування, аналітики даних, командного підходу і усвідомлення соціальної відповідальності – все це є критично важливими елементами, які допомагають підприємствам залишатися конкурентоспроможними та досягати своїх цілей у швидко змінному світі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Чубуков, О. В. (2021). Системи підтримки прийняття рішень: теорія та практика. *Управлінські науки*, 23(2), 12-25.
2. Денисенко, В. С. (2020). Інформаційні технології у менеджменті: впровадження та використання. *Економіка і управління*, 18(3), 55-68.
3. Федоренко, А. М. (2019). Методи аналізу даних у системах підтримки прийняття рішень. *Науковий вісник*, 15(4), 78-84.
4. Іваненко, Ю. І. (2022). Стратегії управлінських рішень: роль інформаційних систем. *Економіка та освіта*, 14(1), 34-45.
5. Коваль, І. П. (2023). Інформаційне забезпечення підприємства: формування ресурсу. *Дослідження в економіці*, 10(2), 46-59.

Smyrnov Victor, Smyrnov Vladyslav

DECISION SUPPORT SYSTEM IN THE WORK OF A MODERN ENTERPRISE

Abstract. A decision support system (DSS) is an important tool for enterprises to effectively respond to changes in the business environment. Today, data analytics, strategic planning, and a team approach help streamline event management. DSS examines various aspects of managing organizational operations, production processes, and resources and adapts to structured and unstructured problems in various areas of business.

Keywords: decision support system; management decision-making strategies; information resource; information systems; information support.

УДК 004.75:005.334

ТЕХНОЛОГІЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ ПІД ЧАС РЕАГУВАННЯ НА КРИЗОВІ СИТУАЦІЇ

Шерстюк Є.І.

Національний Університет оборони України

Україна, Київ

<https://orcid.org/0009-0009-5111-7747>

Анотація. У роботі досліджуються сучасні технології інформаційної підтримки управлінських рішень під час реагування на кризові ситуації. Особливу увагу приділено нормативно-правовій базі, що регулює діяльність ситуаційних центрів в Україні, включаючи Укази Президента України та Постанову Кабінету Міністрів України щодо цифрової трансформації сфери національної безпеки й удосконалення мережі ситуаційних центрів. Розглянуто моделі й алгоритми аналізу даних, які сприяють ефективному реагуванню на кризові події.

Ключові слова: інформаційні технології; підтримка рішень; кризові ситуації; управлінські рішення; реагування на кризи; цифрова трансформація; ситуаційні центри; національна стійкість.

Вступ. У сучасних умовах зростає кількість кризових ситуацій, які мають потенційно руйнівні наслідки для національної безпеки та управлінських систем. Технології інформаційної підтримки відіграють ключову роль у процесі прийняття рішень, дозволяючи оперативно обробляти великі обсяги даних і прогнозувати розвиток подій. Україна активно впроваджує систему ситуаційних центрів, що функціонують у межах національної системи стійкості, запровадженої відповідно до Указів Президента України №477/2021 та №479/2021 [1, 2].

Незважаючи на активний розвиток, багато існуючих методів управління кризами мають низку недоліків, зокрема повільну інтеграцію різних інформаційних систем та недостатній рівень автоматизації аналізу даних. Сучасні дослідження останніх років свідчать про необхідність удосконалення методів обробки інформації для покращення швидкості та якості прийняття управлінських рішень [3, 4, 5].

Мета роботи полягає у дослідженні технологій інформаційної підтримки, що використовуються у процесі прийняття управлінських рішень під час кризових ситуацій, та оцінці їх ефективності у підвищенні національної стійкості.

Огляд існуючих рішень

В Україні впроваджується мережа ситуаційних центрів, що функціонують на основі рішень Ради національної безпеки і оборони України (РНБО) та відповідних Указів Президента. Ситуаційні центри є основою забезпечення національної системи стійкості, впроваджуючи координацію органів державної влади у кризових ситуаціях. Постанова Кабінету Міністрів України №705 від 11 липня 2023 року регламентує їхню роботу та визначає вимоги до програмного й апаратного забезпечення. Наразі використовуються лише дві інформаційно-комунікаційні системи: «СОТА» та «ODIN». Інформаційні системи, інтегровані у роботу центрів, дозволяють обробляти великі обсяги даних у реальному часі, що сприяє оперативному реагуванню на кризові ситуації.

Методологія реагування на кризові ситуації

Ключовою методологією інформаційної підтримки є використання автоматизованих систем для збору, обробки та аналізу даних з різних джерел. На основі рішень РНБО, ситуаційні центри використовують алгоритми прогнозу аналітики, штучний інтелект та машинне навчання для оцінки ризиків та моделювання сценаріїв розвитку подій. Завдяки цифровій трансформації, впровадженій згідно з Постановою №705, ці системи інтегруються з іншими державними інформаційними ресурсами, що дозволяє забезпечити безперебійний обмін інформацією між різними рівнями управління.

Технології збору та аналізу даних

Цифрова трансформація ситуаційних центрів передбачає використання передових інформаційно-комунікаційних систем, що дозволяють обробляти великі обсяги даних, включаючи геопросторові дані та дані з соціальних мереж. Постанова КМУ №705 встановлює вимоги до безпеки обробки даних та захищеного обміну інформацією. Важливим елементом є інтеграція цих даних з урядовим зв'язком та захищеними відеоконференцзв'язками, що дозволяє оперативно координувати дії між різними органами.

Висновки. Запровадження національної системи стійкості та цифрової трансформації мережі ситуаційних центрів значно покращило б здатність державних органів реагувати на кризові ситуації. Інформаційні технології відіграють важливу роль у зниженні ризиків та підвищенні ефективності управлінських рішень. Завдяки інтеграції сучасних інструментів для збору, аналізу й прогнозування даних, ситуаційні центри забезпечують швидке реагування на кризові ситуації. Однак, подальше вдосконалення програмно-апаратного комплексу та удосконалення систем інформаційної підтримки при прийнятті управлінських рішень, кваліфікації персоналу залишається ключовим завданням для підвищення ефективності системи національної безпеки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Офіс Президента України (2021). Указ 260/2021. <https://www.president.gov.ua/documents/2602021-39225>
- [2] Офіс Президента України (2021). Указ 479/2021. <https://www.president.gov.ua/documents/4792021-40181>
- [3] Гудима, О.П. (2022). Концептуальний підхід до формування типового положення про ситуаційний центр центрального органу сектору безпеки і оборони. *Наукові перспективи*. № 4(22). <http://perspectives.pp.ua/index.php/np/article/view/1458>
- [4] Галушко, С.О. Шевченко, М.М. Шерстюк, Є.І. Фурман, І.І. (Ред.) (2023) *Розвиток системи забезпечення реагування на кризові ситуації у воєнній сфері України: актуальні проблеми та шляхи їх розв'язання. Досвід застосування збройних сил у світових війнах і воєнних конфліктах ХХ – початку ХХІ ст.: тенденції та закономірності*. Київ: ЦП «Компринт».
- [5] Живило, Є.О. (2022). Ситуаційний центр Міністерства оборони України – модель завчасного виявлення та аналізу кризових ситуацій сектору безпеки держави. *Актуальні проблеми державного управління*. ХНУ імені В. Н. Каразіна. № 1 (60). С. 27-42.

Sherstiuk Y.I.

TECHNOLOGIES OF INFORMATION SUPPORT FOR DECISION-MAKING IN CRISIS MANAGEMENT

Abstract. The paper examines modern technologies for information support of decision-making during crisis situations. Special attention is given to the regulatory framework governing the activities of situational centers in Ukraine, including Presidential Decrees and the Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine on digital transformation in the field of national security and the improvement of the situational centers' network. The models and algorithms for data analysis that enhance the efficiency of crisis response are analyzed.

Keywords: information technologies; decision support; crisis situations; management decisions; crisis response; digital transformation; situational centers; national resilience.

УДК 004.03:004.32:004.75:004.77

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ РОЗГОРТАННЯ ВЕБЗАСТОСУНКІВ У ХМАРНИХ СЕРЕДОВИЩАХ

Міняйлов О.О.¹; Михелєв І.Л., к.т.н., доц.²

^{1,2}Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

^{1,2}Україна, Миколаїв

¹oleh.miniailov@gmail.com; ²igor.michelev@nuos.edu.ua

Анотація: У даній роботі розглядається автоматизація процесів розгортання вебзастосунків у хмарних середовищах як ключовий аспект сучасної інфраструктури програмного забезпечення. У дослідженні проаналізовано різні підходи до автоматизації, такі як Інфраструктура як код (IaC), контейнеризація та оркестрація контейнерів.

Ключові слова: розгортання вебзастосунків; Continuous Integration/Continuous Delivery (CI/CD); контейнеризація; оркестрація; хмарне середовище; пайплайн.

Вступна частина. Згідно з глобальними тенденціями розвитку інформаційних технологій, більшість організацій переходять до використання хмарних рішень для розгортання своїх додатків. Це дозволяє забезпечити гнучкість, підвищити продуктивність та скоротити витрати на управління інфраструктурою. Для цього необхідно створити автоматизовані процеси, що передбачають швидке масштабування, резервне копіювання та моніторинг продуктивності.

Автоматизація розгортання вебзастосунків у хмарних середовищах є критично важливим елементом сучасної інфраструктури розробки програмного забезпечення. Її основна мета полягає в тому, щоб забезпечити швидке та ефективне розгортання додатків із мінімальним людським втручанням, а також високий рівень масштабованості та надійності систем. Це досягається шляхом застосування контейнеризації, оркестрації та практик DevOps, таких як безперервна інтеграція та доставка (CI/CD) [1].

Метою дослідження є розробка підходу до автоматизації процесів розгортання вебзастосунків у хмарних середовищах для підвищення ефективності, надійності та масштабованості систем.

- Мінімізацію людського втручання та зменшення ризику помилок під час розгортання;
- Оптимізацію використання ресурсів хмарної інфраструктури;
- Вибір та впровадження відповідних інструментів для контейнеризації, оркестрації та CI/CD;
- Підвищення стабільності та безпеки роботи вебзастосунків за допомогою моніторингу та управління ресурсами.

Таким чином, дослідження спрямоване на створення ефективної стратегії автоматизації, яка забезпечить швидке та стабільне розгортання додатків із можливістю подальшого масштабування й адаптації до динамічних потреб бізнесу.

Основна частина. Дослідження та аналіз автоматизованих систем розгортання вебзастосунків включає детальний опис усіх етапів розгортання та управління хмарною інфраструктурою. Вибір інструментів і технологій для автоматизації залежить від багатьох факторів, таких як вимоги до надійності, швидкість розгортання, можливість масштабування та підтримка хмарної інфраструктури.

Існують різні підходи до автоматизації процесів розгортання, серед яких виділяються наступні моделі:

- **Інфраструктура як код (ІаС)** – використання технологій, що дозволяють описувати інфраструктуру за допомогою програмного коду [2].

- **Контейнеризація** – використання контейнерів для ізоляції додатків і забезпечення їхньої взаємодії в різних середовищах [3].

- **Оркестрація контейнерів** – використання інструментів для управління масштабуванням та моніторингом контейнеризованих додатків [4].

Впровадження автоматизації повинно починатися з вибору відповідних інструментів, які забезпечать зручність масштабування та інтеграцію з існуючими системами управління хмарною інфраструктурою. Для цього проводиться детальний аналіз можливих рішень та їх порівняння за критеріями ефективності, витрат, безпеки та надійності.

На основі аналізу проводиться розробка плану автоматизації розгортання вебзастосунків, включаючи такі кроки:

1. Опис поточного стану інфраструктури ("Як є"), що включає всі компоненти існуючого рішення.

2. Декомпозиція основних процесів розгортання для виявлення можливих точок оптимізації та автоматизації.

3. Побудова моделі ("Як повинно бути") – оптимальної моделі автоматизації, яка враховує вимоги до безперервної інтеграції, доставки та моніторингу.

Висновки. Запропоновано підхід до побудови автоматизованої системи розгортання вебзастосунків у хмарних середовищах, який включає наступні етапи:

- Аналіз і детальний опис поточного стану інфраструктури та її компонентів.
- Розбір і декомпозиція існуючих процесів з метою виявлення вузьких місць та визначення потенціалу для автоматизації.
- Розробка та впровадження плану автоматизації процесів CI/CD (безперервної інтеграції та доставки).
- Впровадження інструментів для моніторингу, управління ресурсами та забезпечення безпеки.

Застосування цього підходу дозволяє оптимізувати процеси розгортання вебзастосунків у хмарних середовищах, підвищити ефективність використання ресурсів і гарантувати стабільність та безпеку роботи застосунків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Kim, G., Humble, J., Debois, P., Willis, J. (2016). *The DevOps Handbook: How to Create World-Class Agility, Reliability, & Security in Technology Organizations*. IT Revolution Press.
- [2] Turnbull, J. (2019). *Terraform: Up & Running – Writing Infrastructure as Code*. O'Reilly Media.
- [3] Merkel, D. (2014). *Docker: Lightweight Linux Containers for Consistent Development and Deployment*. Linux Journal.
- [4] Burns, B., Beda, J., Hightower, K. (2019). *Kubernetes: Up & Running – Dive into the Future of Infrastructure*. O'Reilly Media.

Miniailov O.O., Mykheliev I.L.

Research and analysis of automated systems for deploying of web applications in cloud environments

Abstract. This research examines the automation of web application deployment processes in cloud environments as a significant aspect of modern software infrastructure. The study analyses a range of automation approaches, including Infrastructure as Code (IaC), containerisation and container orchestration.

Keywords. web applications deployment; Continious Integration/Continious Delivery (CI/CD); containerisation; container orchestration; cloud environment; pipeline.

УДК 004.5

КОНВЕРТАЦІЯ УКРАЇНСЬКИХ ЛІТЕР В ЛАТИНСЬКІ І НАВПАКИ НАБОРОМ ІНСТРУМЕНТІВ “УКРАЇНСЬКА ПАНЕЛЬ”

Костирко В.С., к.ф.–м.н., доц.
Львівський торговельно–економічний університет
Україна, Львів
lutevasyl@gmail.com

Анотація. Запропоновано комплект інструментів “Українська панель” для перетворення тексту, помилково набраного латинськими літерами замість розташованих на тих же клавішах українських чи навпаки. Інструменти побудовані на макросах VBA в пакетах MS Word, MS Excel та MS PowerPoint комп’ютерів, що працюють в операційній системі Windows.

Ключові слова: клавіатура; макрос; мова введення тексту; конвертація літер; автоматизація.

Конвертацією літер назвемо перетворення їх в інші літери того ж комп’ютерного шрифту, які розташовані на тих же клавішах клавіатури комп’ютера. Особливістю комп’ютерного набору українсько–англійського тексту є часта зміна регістрів для введення україно– та англійських речень, фраз, слів і навіть частин термінів. Наприклад, web–сторінка, SSD–диск, пакет MS Office, фірма Microsoft, база даних PostgreSQL тощо.

Така особливість характерна для технічних текстів і не тільки: тексти з математики, ботаніки, медицини, біології, історії та багатьох інших наукових областей мають таку ж проблему. Автори при наборі таких текстів на комп’ютерах часто помиляються і вимушені повертатися та повторно набирати великі обсяги тексту.

Наприклад, україномовний текст “В даній роботі” в латинському регістрі буде зображеним так: “D lfy sq hj jns” і без належного програмного інструменту виявиться беззмстовним. Аналогічно, англійський текст “General approach” в українському регістрі буде зображено так “Путукфд фззкцфср” і теж виявиться даремним для користувача.

На жаль, така проблема розробниками текстових редакторів недооцінена. Відомі лише засоби для конвертації великих літер тексту в малі й навпаки. Інша схожа проблема — транслітерація кириличного тексту латинськими літерами — теж не знайшла вирішення в популярних редакторах.

В даній роботі ми хочемо привернути увагу розробників до цього класу задач для пошуку адекватних інструментів для їх вирішення. Такими інструментами можуть бути й інші засоби, наприклад, легеньке попискування клавіш при наборі тексту в певному регістрі: почувши непередбачуваний звук, користувач може одразу змінити регістр літер.

В даній роботі продемонстровано розв’язок задачі конвертації українського тексту латинськими літерами (і навпаки) набором інструментів “Українська панель”, реалізованого для роботи з текстом в пакетах MS Word, MS Excel та MS PowerPoint останніх версій [1]. Увага до цих пакетів програм пояснюється їх популярністю серед українських користувачів комп’ютерів з операційною системою Windows.

Вибір цих пакетів також обумовлений наявністю в них вбудованого середовища програмування VBA з розвинутими моделями відповідних предметних областей та їх стабільним розвитком. Середовище VBA залишається популярним для розширення

можливостей пакетів прикладних програм [1, 2, 3], що й демонструє успішна розробка української панелі.

На жаль, наведені три класи пакетів мають дещо відмінну будову, що ускладнює реалізацію для них подібних інструментів. В наборі інструментів української панелі вдалося реалізувати їх в рамках однакового підходу. Макроси та функції інструментів для кожного класу пакетів зосереджуються в одному файлі, де поряд з інструментами реалізовано їх інтерфейс та наведено короткі інструкції до них.

В пакеті MS Word для розташування макросів та функцій використано шаблонний файл формату *dotm*. Для під'єднання його до файлів документів формату *docx* в останніх потрібно скористатися командою *Розробник* → *Шаблони та надбудови*. В Українській панелі для MS Word застосовується файл *Norma2024.dotm* (рисунок 1).

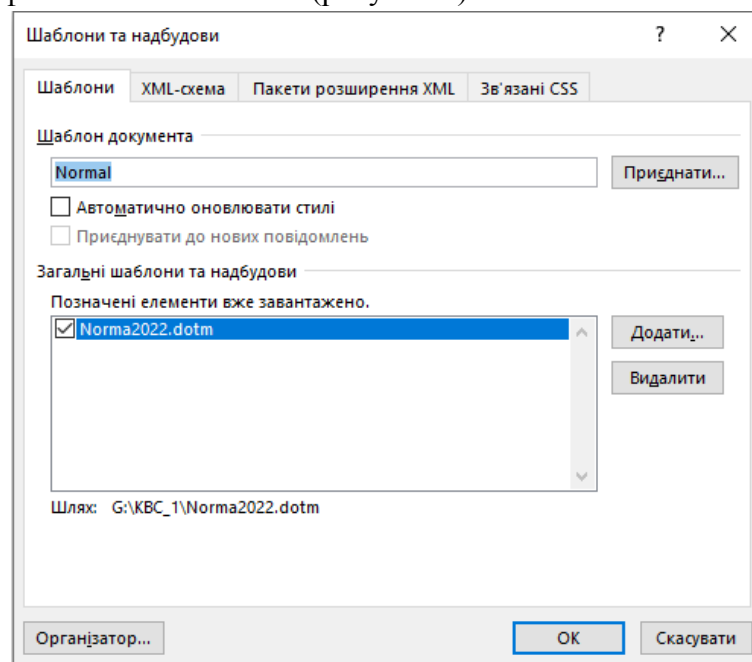


Рисунок 1 – Активування макросів Української панелі в панелі MS Word

При першому використанні кнопкою *Додати* потрібно вибрати потрібний файл шаблону, а при наступних — просто піднімати прапорець.

В пакеті MS Excel для розташування макросів та функцій інструментів застосовано файл електронних таблиць формату *xlsb*, який потрібно помістити в системний каталог користувача операційної системи Windows:

C:\Users\User\AppData\Roaming\Microsoft\Excel\XLSTART .

В наборі інструментів української панелі цей файл має ім'я *PERSONAL.xlsb*. Завдяки розташуванню він автоматично завантажиться разом з першою електронною таблицею [2].

В пакеті *MS PowerPoint* для розташування макросів та функцій використовується файл формату *pptm*, розташування якого ніяк не регламентовано. Головне, щоб його завантажити разом з файлом презентації, до якої й потрібно застосовувати його макроси [3]. В наборі інструментів української панелі цей файл має ім'я *macros.pptm*.

Для використання макросів в названих пакетах програм потрібно командою *Файл* → *Параметри* → *Настроювання стрічки* в списку основних вкладок підняти прапорець біля вкладки *Розробник*. Вигляд списку основних вкладок в пакеті MS Word наведено на рисунку 2.

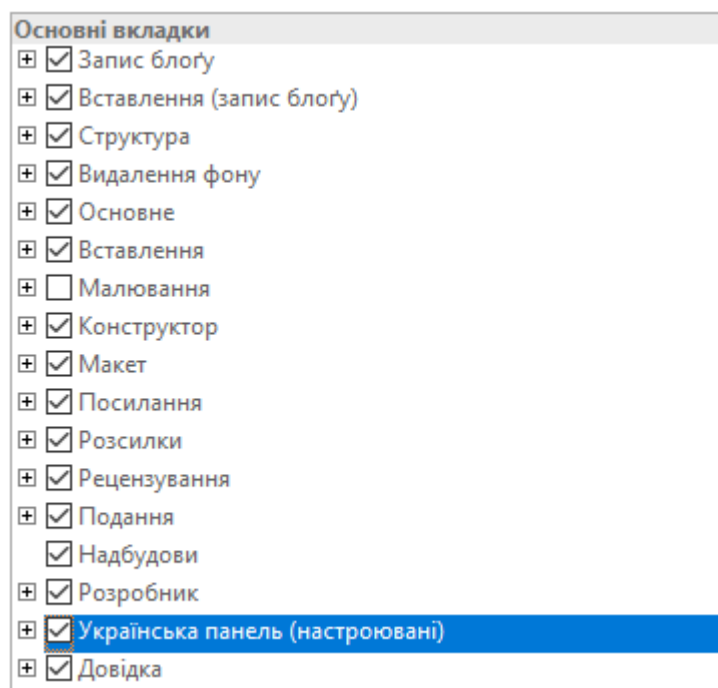
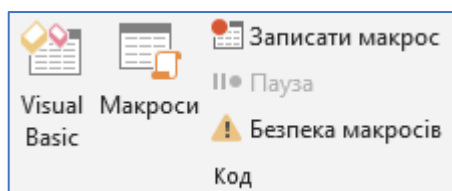


Рисунок 2 – Список основних вкладок в пакеті MS Word

Друге. Закривши вікно настроювання стрічки, в меню MS Word відкриємо вкладку *Розробник* (рисунок 3).

Рисунок 3 – Група інструментів *Код* у вкладці *Розробник*

Третє. Командою *Безпека макросів* відкриємо вікно *Настройка макросів* (рисунок 4).

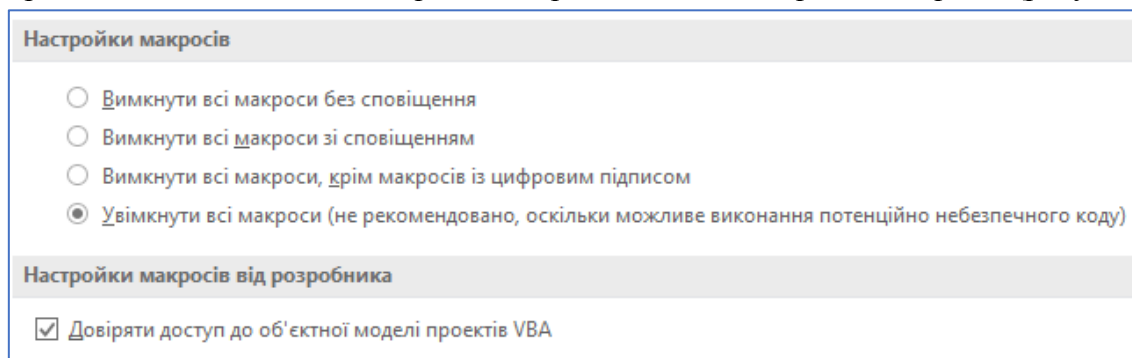
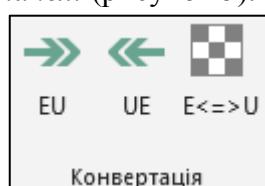


Рисунок 4 – Перемикач настройки макросів

Четверте. Перемикач *Настройки макросів* поставимо в положення *Увімкнути всі макроси*. Перечисленні вище 4 дії потрібно виконати лише один раз.

П'яте. Відкриємо вкладку *Українська панель*. Тепер на екрані з'явиться група *Конвертація* інструментів *Української панелі* (рисунок 5).

Рисунок 5 – Група інструментів *Конвертація*

При невдалому наборі тексту в іншому алфавіті потрібно виділити його як блок і натиснути на потрібний інструмент. Наприклад, при наборі україномовного тексту латинськими літерами:

D lfysq hj,jns  *В даній роботі* .

При наборі англomовного тексту українськими літерами:

Путукфд фззкцфср  *General approach* .

При наборі змішаного тексту англomовний текст міг бути набраний українськими літерами, а після перемикаання мови україномовний текст — латинськими. Тоді для їх правильного перетворення можна застосувати інструмент $E \Leftrightarrow U$, наприклад:

Gfrtn Ы Учсуд ljpgjkz'  *Пакет MS Excel дозволяє* .

Загалом налаштування роботи з макросами Української панелі в пакетах *MS Excel* та *MS PowerPoint* аналогічне. Лише в пакеті *MS Excel* потрібно файл *PERSONAL.xlsb* покласти в наведений каталог, а в пакеті *MS PowerPoint* разом з файлом презентації відкрити файл *macros.pptm*.

Каталог *Українська панель* доцільно розташувати в каталозі користувача *C:\User\User*, а посилання на нього винести на робочий стіл комп'ютера.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Alexander, M., & Kusleika, D. (2019). *Excel 2019 Power Programming with VBA* (1st ed). Hoboken, NJ: Wiley.
- [2] Jelen, B., & Syrstad, T. (2019). *Microsoft Excel 2019 VBA and Macros* (1st ed). Microsoft Press.
- [3] Mansfield, R. (2019). *Mastering VBA for Microsoft Office 365*. Sybex.

Kostyrko V.S.

Convert Ukrainian letters to Latin and vice versa with the Ukrainian Toolbox

Abstract. *A set of tools for converting text mistakenly typed in Latin letters instead of Ukrainian letters located on the same keys or vice versa is proposed. The tools are based on VBA macros in MS Word, MS Excel, and MS PowerPoint packages of computers running on the Windows operating system.*

Keywords: *keyboard; macro; text input language; letter conversion; automation.*

ОСНОВНІ ТЕХНІКИ ШИФРУВАННЯ ДЛЯ ЗАХИСТУ ДАНИХ: ПОГЛИБЛЕНИЙ АНАЛІЗ ШИФРІВ ЦЕЗАРЯ, ТРАНСПОЗИЦІЇ ТА ВІЖЕНЕРА І ЇХ РОЛЬ У СУЧАСНІЙ КРИПТОГРАФІЇ

Пелюх О. І.¹; Михайловська О. В.²

^{1,2} Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

^{1,2} Україна, Харків

¹ oleksandr.peliukh@karazin.ua; ² olena.mykhailovska@student.karazin.ua

Анотація. У тезах розглянуто класичні методи шифрування: шифри Цезаря, транспозиції та Віженера. Проаналізовано їх переваги, недоліки та сучасне використання у криптографії. Обговорено концепції заміщення та транспозиції, що вплинули на розвиток сучасних алгоритмів шифрування. Зроблено висновок про значення цих методів і їх роль у забезпеченні інформаційної безпеки.

Ключові слова: криптографія; класичне шифрування; сучасні криптографічні матеріали.

Вступна частина. У сучасному цифровому просторі захист інформації від несанкціонованого доступу є важливим завданням як для урядів, так і для бізнесу та приватних осіб. Зростання кіберзагроз і випадків витоку даних призвело до того, що шифрування стало основою сучасної безпеки даних [1,2]. Техніки шифрування дозволяють перетворювати інформацію у незрозумілий формат, забезпечуючи, що лише авторизовані сторони можуть отримати доступ до цих даних. Нами досліджуються три основні техніки шифрування: шифр Цезаря, транспозиційний шифр і шифр Віженера. Хоча ці класичні шифри здаються базовими у порівнянні з сучасними криптографічними алгоритмами, вони відіграють важливу роль у розумінні основних принципів шифрування. Крім того, знання цих історичних методів дає змогу краще зрозуміти розвиток більш складних систем шифрування, що широко використовуються у сучасній практиці кібербезпеки [3]. Нами проаналізовано функціональність кожного методу, їхні сильні сторони та слабкості з погляду безпеки, а також їхню актуальність для сучасних технік шифрування.

Основна частина.

Шифр Цезаря є одним із найдавніших відомих методів шифрування, названий на честь Юлія Цезаря, який використовував його для захисту військових повідомлень [4]. Цей шифр належить до класу шифрів заміщення, в яких кожна літера відкритого тексту замінюється іншою літерою, зміщеною на певну кількість позицій у алфавіті. Принцип роботи такий:

$$C[i] = (P[i] + k) \bmod 26,$$

де:

$C[i]$ – зашифрована літера на позиції i ,

$P[i]$ – літера відкритого тексту на позиції i ,

k – значення зміщення (ключ),

26 – кількість літер в англійському алфавіті [1].

Наприклад, за зміщення на 3, відкритий текст HELLO перетворюється на:

$H \rightarrow K$

$E \rightarrow H$

$L \rightarrow O$

$L \rightarrow O$

$$O \rightarrow R$$

Отже, зашифрований текст – KHOOR.

Шифр Цезаря вразливий до частотного аналізу. Оскільки кожна літера зміщується на однакову кількість позицій, розподіл частот літер у зашифрованому тексті збігається з розподілом у відкритому тексті, що полегшує ідентифікацію найпоширеніших літер, таких як 'E' та 'A' [4]. Незважаючи на простоту, цей метод заклав основу для шифрів на основі заміщення та надихнув створення більш захищених шифрів.

Хоча сучасні методи шифрування значно еволюціонували, принцип зміщення символів у шифрі Цезаря був розширений у таких системах, як AES (Advanced Encryption Standard). У AES шари заміщення включають більш складні перетворення, що значно підвищує безпеку за рахунок додаткових елементів, таких як багаторівневі зміщення на основі ключів та нелінійні заміщення [5].

Шифр транспозиції відрізняється від шифру Цезаря тим, що в ньому переставляються (пермутація) символи відкритого тексту, а не замінюються іншими [2]. Це дозволяє зберігати літери незмінними, але змінювати їхній порядок у зашифрованому тексті. Принцип роботи такий:

$$C[i]=P[\pi(i)],$$

де:

P – відкритий текст,

π – функція пермутації, яка визначає порядок перестановки символів [3].

Розглянемо відкритий текст HELLO з ключем пермутації (3, 1, 4, 2, 5). Застосування цього ключа переміщує символи наступним чином:

- 1-ша літера (H) переміщується на 3-ю позицію,
- 2-га літера (E) переміщується на 1-шу позицію,
- 3-тя літера (L) переміщується на 4-ту позицію,
- 4-та літера (L) переміщується на 2-гу позицію,
- 5-та літера (O) залишається на 5-ій позиції.

Отже, зашифрований текст — LENLO.

Шифр транспозиції забезпечує більшу безпеку, ніж шифр Цезаря, оскільки частота появи літер зберігається, але їхній порядок приховується [6]. Однак, якщо ключ перестановки занадто короткий або передбачуваний, криптоаналітики можуть відновити оригінальне повідомлення, відгадуючи або реконструюючи ключ.

Техніки транспозиції є основоположними у сучасній криптографії, особливо в блочних шифрах, таких як DES та AES. У цих системах використовуються перестановки на рівні бітів для підвищення безпеки. Наприклад, DES виконує кілька раундів перестановок, щоб гарантувати, що навіть незначні зміни вхідних даних призведуть до значних відмінностей у зашифрованому тексті, що покращує стійкість до атак перебором.

Шифр Віженера будується на основі шифру Цезаря, використовуючи ключове слово для застосування різних зміщень до кожної літери відкритого тексту [5]. Такий підхід додає складності процесу шифрування і значно підвищує безпеку порівняно з простим шифром Цезаря. Розглянемо принцип роботи:

$$C[i]=(p[i]+K[i \bmod m])\bmod 26,$$

де:

K – ключове слово,

m – довжина K .

Наприклад, для шифртексту HELLO та ключового слова KEY, ключове слово повторюється відповідно до довжини тексту: KEYKE. Далі шифрування відбувається наступним чином:

$$\begin{aligned} H(7) + K(10) &\rightarrow R(17) \\ E(4) + E(4) &\rightarrow I(8) \\ L(11) + Y(24) &\rightarrow J(9) \\ L(11) + K(10) &\rightarrow V(21) \\ O(14) + E(4) &\rightarrow S(18) \end{aligned}$$

Отже, отриманий шифртекст – RIJVS.

Шифр Віженера значно безпечніший за шифр Цезаря, оскільки використання ключового слова змінює зміщення для кожної літери відкритого тексту. Це ускладнює криптоаналітичні атаки, зокрема частотний аналіз, оскільки кожна літера може шифруватися по-різному [7]. Однак шифр Віженера все ж залишається вразливим до атак за допомогою методів криптоаналізу з використанням повторюваних ключів (метод Касіскі), особливо якщо ключове слово є коротким або повторюється часто [8].

Ідея використання змінного ключа в шифрі Віженера має своє продовження в сучасних алгоритмах, таких як потокові шифри. Потокові шифри, як-от RC4, використовують змінні ключі для шифрування кожного біта або байта окремо, створюючи динамічний процес шифрування, що підвищує безпеку [6]. Крім того, принципи динамічного зміщення в шифрі Віженера стали основою для розробки більш складних систем, таких як одноразові блокноти (one-time pad), які забезпечують ідеальну криптографічну безпеку, коли використовуються одноразові випадкові ключі [5].

Шифр Цезаря, транспозиційний шифр і шифр Віженера є прикладами різних підходів до шифрування, кожен із яких має свої переваги та обмеження. В таблиці наведено ключові характеристики цих методів (табл. 1).

Таблиця 1 – Порівняння класичних шифрів

Шифр	Тип	Переваги	Недоліки	Використання в сучасній криптографії
Цезаря	Заміщення	Простота, легкість реалізації	Вразливість до частотного аналізу	Використовується для демонстрації базових принципів
Транспозиції	Перестановка	Збереження розподілу частот літер	Вразливість до атак на основі перестановок	Принцип використовується в блочних шифрах (AES)
Віженера	Поалфавітний	Захищеність від простого частотного аналізу	Вразливість до атак на повторювані ключі	Принципи динамічного ключа застосовуються в потокових шифрах

Кожен із цих шифрів є важливою ланкою в історії криптографії, демонструючи, як розвивалися методи захисту даних. Хоча сучасні алгоритми шифрування набагато складніші, основні концепції цих класичних шифрів залишаються актуальними й у сучасних системах безпеки [1, 2].

Шифри Цезаря, транспозиції та Віженера відіграли важливу роль у розвитку криптографії, закладаючи основу для складніших методів шифрування, що використовуються сьогодні. Сучасні криптографічні алгоритми, такі як AES, DES та RSA, інтегрують ідеї заміщення, транспозиції та використання змінних ключів, підвищуючи стійкість до атак і забезпечуючи високий рівень безпеки даних [5].

Наприклад, алгоритм AES, один із найпоширеніших симетричних шифрів, використовує багаторівневі заміщення та транспозиції для шифрування даних. Шифри заміщення, такі як шифр Цезаря, стали прототипом для процесів заміщення в AES, тоді як транспозиції використовуються для перемішування бітів даних, створюючи додатковий рівень захисту. Крім того, шифр Віженера надихнув на розробку поточкових шифрів, які застосовують змінні ключі для шифрування кожного біта або байта інформації [3].

Висновки. Шифри Цезаря, транспозиції та Віженера, незважаючи на свою простоту, залишаються важливими історичними прикладами криптографії. Вони не тільки заклали фундамент для сучасних методів шифрування, але й допомагають краще зрозуміти принципи, які лежать в основі сучасної криптографічної безпеки. Хоча ці шифри самі по собі більше не використовуються для забезпечення захисту даних, їхній вплив на розвиток сучасних алгоритмів, таких як AES та поточкові шифри, очевидний. У сучасному світі кібербезпеки ці методи продовжують надихати на створення нових підходів до захисту інформації, роблячи внесок у безпеку нашого цифрового середовища.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Kessler, G. C. (2017). *An overview of cryptography*.
- [2] Schneier, B. (1996). *Applied cryptography: Protocols, algorithms, and source code in C (2nd ed.)*.
- [3] Stallings, W. (2017). *Cryptography and network security: Principles and practice (7th ed.)*.
- [4] Menezes, A. J., van Oorschot, P. C., & Vanstone, S. A. (1996). *Handbook of applied cryptography*.
- [5] Katz, J., & Lindell, Y. (2020). *Introduction to modern cryptography (3rd ed.)*.
- [6] Ferguson, N., Schneier, B., & Kohno, T. (2010). *Cryptography engineering: Design principles and practical applications*.
- [7] Rivest, R. L., Shamir, A., & Adleman, L. (1978). A method for obtaining digital signatures and public-key cryptosystems. *Communications of the ACM*, 21(2), 120-126.
- [8] Diffie, W., & Hellman, M. E. (1976). New directions in cryptography. *IEEE Transactions on Information Theory*, 22(6), 644-654.

Oleksandr Peliukh, Olena Mykhailovska

Fundamental Encryption Techniques for Data Security: An In-Depth Analysis of Caesar, Transposition, and Vigenère Ciphers and Their Relevance to Modern Cryptography

Abstract. *The thesis deals with the classical encryption methods: Caesar, transposition and Vigenère ciphers. Their advantages, disadvantages and modern use in cryptography are analysed. The concepts of substitution and transposition, which influenced the development of modern encryption algorithms, are discussed. A conclusion is made about the importance of these methods and their role in ensuring information security.*

Keywords: *Cryptography; Classical encryption; Modern cryptographic algorithms.*

УДК: 354:004.942

АРХІТЕКТУРНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ БАГАТОРІВНЕВОГО УПРАВЛІННЯ ВІЙСЬКОВИМИ ОПЕРАЦІЯМИ

Авраменко Д.О., п/п-к., ад'юнкт
Національний університет оборони України
Україна, Київ
0000-0003-1892-380X

Анотація: Ця робота представляє багаторівневу систему підтримки прийняття рішень для військового управління, що інтегрує штучний інтелект для аналізу, прогнозування та прийняття рішень у реальному часі. Дослідження спрямоване на створення інтегрованої архітектури, яка забезпечить оперативну обробку та аналіз даних на тактичному, оперативному та стратегічному рівнях, кожен з яких взаємодіє через центральну платформу даних. Система забезпечує узгодженість дій, гнучкість, швидке реагування та оптимізацію ресурсів, адаптуючись до складних і динамічних умов сучасних військових операцій. Практична цінність розробки багаторівневої системи підтримки прийняття рішень полягає у значному підвищенні ефективності управління військовими операціями.

Ключові слова: Система підтримки прийняття рішень; штучний інтелект; військові операції; інтеграція даних, прогнозування ризиків; управління ресурсами; архітектура системи; аналіз даних; автоматизоване прийняття рішень.

Вступ

Сучасне військове середовище характеризується високим ступенем динамічності та складності, що зумовлює необхідність оперативного прийняття рішень, заснованого на аналізі значних обсягів інформації, яка постійно змінюється. Традиційні методи управління, що базуються на ручному аналізі даних та суб'єктивному людському судженні, часто не відповідають потребам сучасних військових операцій, де важливою є швидкість реагування, точність оцінки ситуації та прийняття обґрунтованих рішень.

Інтеграція штучного інтелекту (ШІ) у системи підтримки прийняття рішень (СППР) дозволяє суттєво підвищити ефективність управління військовими підрозділами за рахунок автоматизованого аналізу великих обсягів даних у режимі реального часу, моделювання потенційних сценаріїв розвитку подій та прогнозування результатів. Використання ШІ у військових СППР сприяє інтеграції різномірної інформації з численних джерел, створюючи уніфіковану картину операційного середовища та забезпечуючи скоординовану взаємодію на всіх рівнях управління: тактичному, оперативному та стратегічному.

Розробка багаторівневої СППР на основі ШІ є перспективним напрямом, оскільки така система здатна адаптивно реагувати на змінні умови, знижувати ризики та оптимізувати використання ресурсів під час ведення бойових дій. Водночас, впровадження таких систем вимагає побудови надійної архітектури, яка забезпечить інтеграцію даних з різних джерел, підтримку високого рівня кібербезпеки, а також відповідність етичним та правовим стандартам. Мета дослідження полягає в розробці та обґрунтуванні багаторівневої СППР на основі штучного інтелекту для військових операцій.

Враховуючи кількість викликів та специфіку завдань, що сьогодні стоять перед Збройними Силами України (ЗСУ), їх різномірність та не типовість – застосування елементів

ІІІ в СППР виглядає як досить доцільне рішення. Розглядаючи аналогічні дослідження в різних сферах цивільного сектору А.Пері; М.Рафієї; М.Саймон та А. Массаро та ін. [1-3] визначають СППР як багаторівневу систему. Під поняттям **багаторівневої СППР** в контексті завдань ЗСУ розуміється інтегрована система, що функціонує на кількох рівнях управління військовими операціями, таких як тактичний, оперативний та стратегічний. Кожен з цих рівнів має свою специфіку, цілі та завдання, що вимагає адаптації методів аналізу та прийняття рішень відповідно до контексту та особливостей кожного з них.

Основна частина

Архітектурна модель багаторівневої СППР на основі ІІІ складається з трьох основних рівнів — тактичного, оперативного та стратегічного, — кожен з яких відповідає за обробку та використання інформації відповідно до своєї специфіки й завдань.

Тактичний рівень охоплює управління військовими діями на рівні підрозділів, таких як роти, батальйони чи бойові групи. На цьому рівні важливо забезпечити швидке прийняття рішень на основі ситуаційної обізнаності в реальному часі, аналізу оперативних даних та управління ресурсами. Система підтримки прийняття рішень використовує інформацію від датчиків, розвідувальних засобів, безпілотників та інших джерел для формування актуальної картини бою. Важливо зазначити, що цей рівень є найбільш реактивним за часом на прийняття рішення, тобто час від зміни обстановки до дій є мінімальним.

Оперативний рівень стосується планування та управління військовими операціями на рівні полків, бригад, дивізій або оперативно-тактичних угруповань військ (сил). Тут система повинна враховувати координацію дій між тактичними підрозділами, логістичне забезпечення, розподіл ресурсів та взаємодію з іншими підрозділами. Оперативний рівень потребує більш комплексного аналізу даних для прогнозування та оцінки потенційних сценаріїв розвитку подій, а також для оптимізації прийняття рішень на основі моделей прогнозування та симуляцій на короткочасний та середній проміжок часу.

Стратегічний рівень включає управління масштабними військовими кампаніями, стратегічне планування та розподіл ресурсів на рівні армійських корпусів, оперативно-стратегічних угруповань військ (сил) або вищого командування. На цьому рівні система підтримки прийняття рішень забезпечує інтеграцію даних з численних джерел, включаючи дані розвідки, геополітичний аналіз, інформацію про логістичні та технологічні можливості, з метою формування загальної картини операційного середовища та визначення довгострокових цілей і пріоритетів.

Всі рівні інтегровані через центральну платформу даних, яка забезпечує взаємодію та узгодженість рішень на всіх рівнях. Багаторівнева СППР базується на принципі безперервного потоку інформації між усіма рівнями управління. Вона забезпечує узгодженість дій та інтеграцію аналітичних моделей, які адаптовані до потреб кожного рівня, але взаємодіють між собою.

Рівень	Опис	Функціональні елементи
Тактичний	Збір даних у реальному часі, формування тактичної картини ситуації на місцевості.	Система сенсорів і датчиків (камери, безпілотники, тепловізори)
		Інтеграція даних від підрозділів розвідки та інформаційних систем
		Аналіз даних у реальному часі для швидкого прийняття рішень
		Ситуаційна обізнаність і відображення тактичної картини

Оперативний	Координація тактичних підрозділів, аналіз ситуації, планування операцій та оцінка ризиків. Формування оперативної картини ситуації.	Інтеграція даних з тактичного рівня, а також логістичної та розвідувальної інформації
		Моделювання сценаріїв для прогнозування та оцінки можливих варіантів розвитку подій
		Система оцінки ризиків для прийняття обґрунтованих рішень
		Коротко- та середньострокове планування операцій і координація дій між підрозділами
Стратегічний	Довгострокове планування, управління ресурсами та визначення стратегічних цілей і пріоритетів.	Аналіз даних з оперативного рівня та інтеграція геополітичної інформації
		Оцінка загальної ситуації за допомогою прогнозних моделей
		Стратегічне планування операцій, формування стратегічних цілей та розподіл ресурсів
		Управління ресурсами (людськими, матеріальними та логістичними)
Центральна платформа даних	Центральна система, що інтегрує дані з усіх рівнів, обробляє їх за допомогою ШІ та надає рекомендації.	База даних для зберігання інформації з тактичного, оперативного та стратегічного рівнів
		ШІ-модулі для автоматизованого аналізу та обробки даних
		Інтерфейси для взаємодії з користувачами на кожному рівні управління

Функціональні аспекти багаторівневої СППР:

Тактичний рівень фокусується на зборі даних у реальному часі та формуванні оперативної картини ситуації на місцевості. Він використовує інформацію з різноманітних сенсорів, датчиків, безпілотних літальних апаратів та інших засобів спостереження для забезпечення ситуаційної обізнаності. Дані, зібрані на цьому рівні, обробляються в реальному часі для забезпечення швидкого прийняття рішень, що є критично важливим в умовах швидкоплинного військового середовища. Інформація, зібрана на тактичному рівні, інтегрується у загальну систему для подальшого аналізу на вищих рівнях.

Оперативний рівень відповідає за координацію дій тактичних підрозділів, аналіз оперативної ситуації, планування операцій та оцінку ризиків. На ньому здійснюється інтеграція інформації з тактичного рівня разом з даними про логістику та розвідувальну інформацію для створення цілісної картини ситуації. Оперативний рівень використовує моделювання сценаріїв для прогнозування можливих варіантів розвитку подій, що дозволяє оцінити ризики та приймати обґрунтовані рішення. Тут також проводиться короткострокове та середньострокове планування операцій, що сприяє координації дій між підрозділами та оптимізації використання ресурсів.

Стратегічний рівень Стратегічний рівень займається довгостроковим плануванням, управлінням ресурсами та визначенням стратегічних цілей і пріоритетів. Дані, отримані з оперативного рівня, інтегруються з геополітичною інформацією для формування загального стратегічного бачення. На цьому рівні здійснюється аналіз інформації за допомогою прогнозних моделей, що дозволяє оцінити ситуацію та визначити довгострокові цілі. Система

також виконує стратегічне планування операцій і управління ресурсами, забезпечуючи їх оптимальний розподіл для досягнення стратегічних цілей.

Центральна платформа даних виступає як ядро системи, що інтегрує дані з усіх рівнів управління та забезпечує їх обробку за допомогою ШІ. Вона дозволяє створити єдине інформаційне середовище, в якому дані зберігаються, аналізуються та інтегруються для надання рекомендацій на кожному рівні управління. Платформа також містить інтерфейси для взаємодії з користувачами, що дозволяє командирам на кожному рівні отримувати актуальні дані та рекомендації у реальному часі. Використання ШІ дозволяє автоматизувати обробку даних і значно підвищити швидкість та точність прийняття рішень.

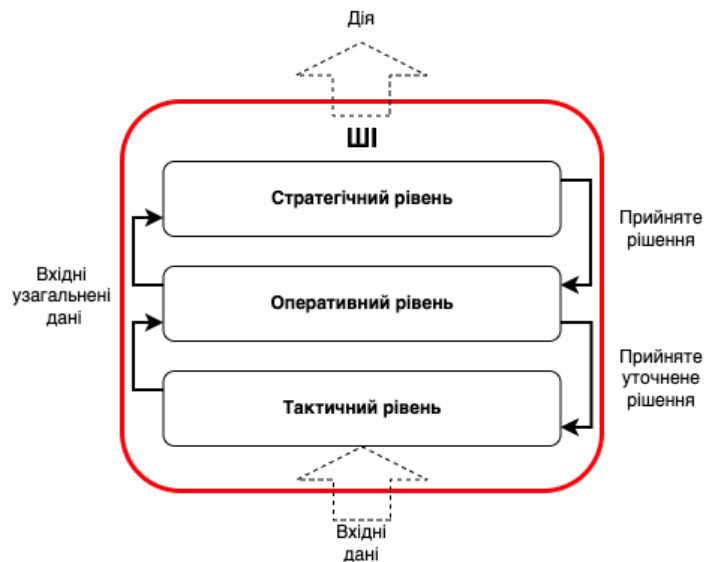


Рис. 1 Блок-схема багаторівневої моделі СППР військового призначення.

Дана архітектурна модель (рис. 1) демонструє інтеграцію багаторівневих систем управління військовими операціями, забезпечуючи ефективну координацію та узгодженість дій завдяки використанню технологій штучного інтелекту та централізованої платформи даних.

В своїй роботі "Багаторівнева система підтримки прийняття рішень в управлінні виробництвом та безпекою"[1] Алессандро Массаро запропонував свою архітектуру на багаторівневу СППР у промисловості. Алгоритми штучного інтелекту застосовуються в основному процесі для контролю виробництва та умов безпеки робочого середовища, таким чином отримуючи знання. Вхідними даними моделі є дані, виявлені датчиками IoT (Інтернет Речей). рис.2.

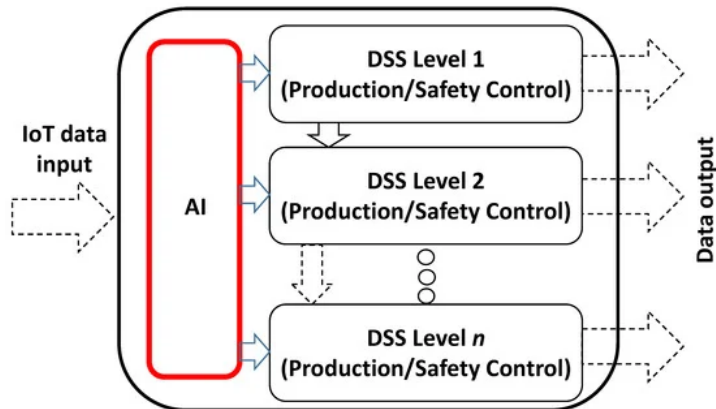


Рис. 2 Блок-схема основної моделі, що контролює виробництво та безпеку працівників за допомогою багаторівневої DSS, пов'язаної з алгоритмами ІІІ за авторством Алессандро Массаро.

Порівняння структури двох багаторівневих систем підтримки прийняття рішень дозволяє виокремити їхні концептуальні відмінності та схожості, а також визначити основні підходи до організації процесів підтримки рішень у військовому середовищі та промислових системах. Обидві моделі складаються з багаторівневих систем, що включають ієрархічні рівні управління та структурують дані і процеси прийняття рішень відповідно до різних рівнів контролю. У нашій системі акцент зроблено на військові аспекти, такі як швидка реакція на оперативні виклики, координація дій підрозділів та стратегічне планування на основі розвідувальних даних. Модель з multi-level Decision Support System (ML DSS) за А.Массаро спрямована на управління виробництвом та безпекою, що включає аналіз даних з фізичних об'єктів (сенсори, пристрої), продуктивність, а також стратегічне планування для оптимізації процесів. У обох системах присутня інтеграція даних через центральну платформу, яка забезпечує об'єднання інформації з різних джерел для аналізу та прийняття рішень. Проте у статті ML DSS особлива увага приділяється концепції Digital Twin для управління життєвим циклом даних, що відображає цифрову репрезентацію фізичних об'єктів і процесів. Наша система також передбачає інтеграцію даних з різних джерел, проте вона фокусується на інтеграції даних у реальному часі з військових сенсорів та інформаційних джерел тактичного рівня.

Щодо використання ІІІ для аналізу даних і надання рекомендацій, то у статті ML DSS застосовується машинне навчання для прогнозування виробничих процесів і оптимізації ресурсів на відміну від запропонованої нами системи ІІІ, що моделює сценарії військових дій, оцінює ризики, підтримує тактичні дії і стратегічні операції. Важливою відмінністю є контекст використання: промисловий підхід вимагає стабільності і точності прогнозів, тоді як військова модель — гнучкості, адаптивності та швидкої реакції на зміни.

Порівняння показує, що хоча обидві моделі мають подібну багаторівневу структуру, їхні цілі, методи інтеграції даних і застосування ІІІ суттєво відрізняються залежно від контексту. Військова система адаптована для динамічного середовища з високими вимогами до швидкості реакції, тоді як система, описана в статті ML DSS, націлена на довготривалу стабільність та оптимізацію промислових процесів.

Висновки

Зазначена модель демонструє багаторівневий підхід до управління військовими операціями, який дозволяє інтегрувати дані з різних джерел і рівнів (тактичного, оперативного та стратегічного) для створення єдиної інформаційної платформи. Використання штучного інтелекту забезпечує аналіз у реальному часі, прогнозування сценаріїв та підтримку стратегічного планування. Це сприяє підвищенню ефективності операційного управління та адаптивності системи в умовах динамічного середовища.

Модель дозволяє швидко реагувати на зміни та оптимізувати розподіл ресурсів, що критично важливо для виконання військових завдань у сучасних умовах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Massaro, A. (2022). *Multi-Level Decision Support System in Production and Safety Management*. Knowledge. 2(4), 682-701; DOI: <https://doi.org/10.3390/knowledge2040039>.
- [2] Пері, А., Рафієї, М., Саймон, М., ван дер Алст, (2022). *Надійний штучний інтелект і аналіз процесів: виклики та можливості. У конспекті лекцій з обробки бізнес-інформації*. Cham, Швейцарія: Springer International Publishing. С. 395–407.

- [3] Нестеренко, О.В., Савенков, О.І., Фаловський, О.О. (2016). *Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень* Київ: Національна академія управління. С. 96-100.

Lt.col. Dmytro Avramenko

ARCHITECTURAL MODEL OF A DECISION SUPPORT SYSTEM FOR MULTI-LEVEL MANAGEMENT OF MILITARY OPERATIONS

Abstract: *This article presents a multi-level decision support system for military management that integrates artificial intelligence for real-time analysis, forecasting, and decision-making. The research aims to create an integrated architecture that will enable operational data processing and analysis at the tactical, operational and strategic levels, each interacting through a central data platform. The system ensures consistency of actions, flexibility, quick response and optimization of resources, adapting to the complex and dynamic conditions of modern military operations. The practical value of developing a multi-level decision support system is to significantly increase the effectiveness of military operations management.*

Keywords: *Decision support system; artificial intelligence; military operations; data integration, risk forecasting; resource management; system architecture; data analysis; automated decision making.*

УДК 004.412:004.8

ЗАСТОСУВАННЯ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ПОБУДОВИ РЕКОМЕНДАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ РЕЦЕПТІВ ХАРЧУВАННЯ

Поцілуйко В.А.¹; Прокоп Ю.В., к.і.н., доц.²^{1,2}Національний університет «Одеська політехніка»^{1,2}Україна, Одеса;¹6888449@stud.op.edu.ua; ²prokop.y.v@op.edu.ua

Анотація. Розглянуто застосування штучного інтелекту для створення автоматизованої рекомендаційної системи рецептів харчування, що враховує персональні харчові уподобання та обмеження користувача та наявні інгредієнти. Пропонована система використовує технології машинного зору для розпізнавання інгредієнтів і алгоритми колаборативної фільтрації для персоналізації рекомендацій. **Ключові слова:** згорткові нейронні мережі; колаборативна фільтрація; харчування.

Вступна частина. Метою розвитку комп'ютерних технологій є всебічне спрощення життя людини у будь-яких сферах її діяльності. Однією з таких водночас рутинних, але критичних сфер, є харчування, де люди часто постають перед труднощами підбору рецептів, що відповідають множині персональних харчових уподобань й обмежень та можуть бути приготовлені із наявних продуктів.

Пропонується автоматизувати цей процес за допомогою системи, що дозволяє автоматично визначати перелік доступних інгредієнтів за допомогою камери мобільного пристрою та знаходити рецепти на їх основі, що найкраще відповідатимуть харчовим вподобанням користувача та не міститимуть заборонених для нього інгредієнтів.

Для реалізації подібної системи доцільно застосувати технології машинного навчання. Це пояснюється мінливістю поставленої проблеми (харчові уподобання користувачів можуть змінюватися з часом) та її складністю (класифікацію об'єктів на зображеннях неможливо виконати шляхом класичних підходів до програмування) [1].

Метою роботи є скорочення тривалості виконання завдання з пошуку рецептів харчування порівняно до аналогів: тематичних веб-сайтів, пошукових систем, соціальних мереж та відеохостингів.

Основна частина. Для спрощення побутового завдання із вибору рецепта харчування, користувачу пропонується внести до системи наявні інгредієнти за допомогою камери пристрою. На основі розпізнаних інгредієнтів, система, використовуючи інтелектуальний аналіз, вибирає множину рецептів, що відповідають дієтичним вподобанням користувача та не містить інгредієнтів, які з певних причин є забороненими для вживання користувачем.

Спрогнозоване скорочення тривалості виконання користувачем завдання з пошуку рецептів базується на аналізі конкурентних рішень. Тематичні веб-сайти (Cookpad, Tasty by BuzzFeed) та соціальні мережі (TikTok, Facebook) пропонують функцію інтелектуальних рекомендацій, але передбачають ручний ввід інгредієнтів. Існуючі системи аналізу зображень (DeerFoodCam, Google Lens) можуть запропонувати лише загальну інформацію про окремий інгредієнт, а не рецепти харчування.

Передбачається, що множина доступних у досліджуваній системі рецептів збирається вручну зусиллями модераторів. Таким чином усі рецепти відповідатимуть заздалегідь встановленим критеріям якості (зокрема, низький або середній рівень складності, наявність покрокових ілюстрацій, відповідність певній дієті тощо). Це є однією із конкурентних

переваг системи перед великими мовними моделями (ChatGPT, Gemini), які здатні згенерувати нескінченний об'єм рецептів, але їх придатність до використання не гарантується.

Для автоматичного розпізнавання об'єктів на зображеннях досліджувана система використовує згорткові нейронні мережі (ЗНМ). ЗНМ ефективно справляються з класифікацією та локалізацією об'єктів завдяки структурі, що імітує обробку зорової інформації в мозку: кожен шар мережі обробляє зображення на різних рівнях абстракції, виявляючи окремі дрібні деталі на початкових етапах і складніші шаблони на наступних. Вхідною інформацією є цифрове зображення, яке передається до згорткових шарів нейронної мережі. Ці шари відповідають за виділення ключових ознак, що дозволяють ідентифікувати об'єкти на зображенні. На початкових етапах обробляються базові характеристики, такі як контури, кольори та текстури, тоді як на пізніших етапах виявляються більш комплексні ознаки [2].

Для остаточної класифікації, виділені ознаки передаються до повнозв'язних шарів мережі. Значення вихідних нейронів навченої мережі вказують на ймовірність приналежності об'єкта на зображенні до певного класу. Кожен вихідний нейрон представляє певний клас об'єктів, а система обирає той клас, для якого ймовірність є найвищою. Схему роботи ЗНМ для класифікації об'єктів на зображеннях показано на рис. 1.

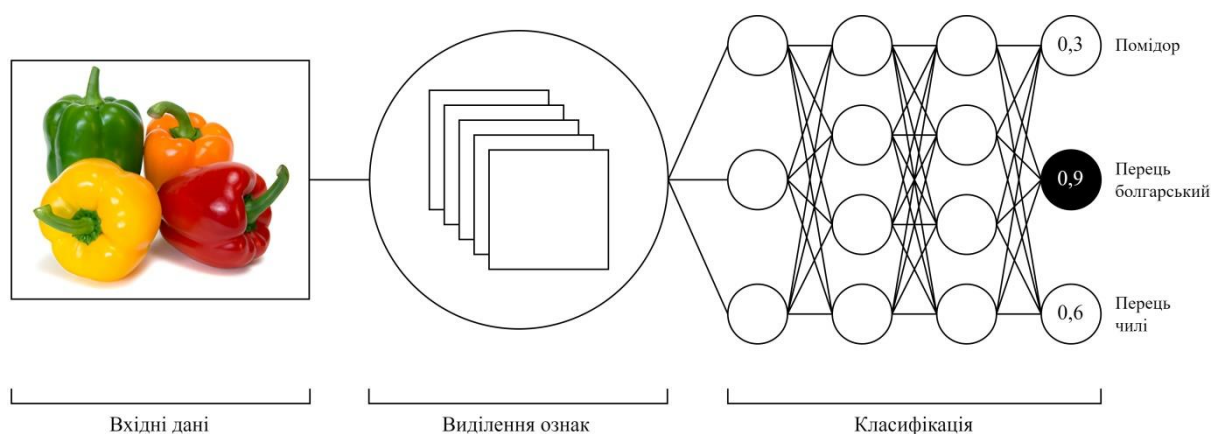


Рисунок 1 – Робота ЗНМ

Множина класів, що теоретично може бути розпізнана моделлю, визначається заздалегідь при її навчанні. Будь-яка кухня чи дієта може мати вкрай велику кількість специфічних використовуваних інгредієнтів. А загалом, по всьому світу, люди вживають у їжу безліч найрізноманітніших продуктів. Тому говорити про функціональну придатність модуля системи, що виконує розпізнавання інгредієнтів за допомогою камери, можна лише в контексті певної кухні (притаманної регіону чи дієти), для якої було проведено тестування точності моделі.

Однак, навіть за умови високої точності моделі, існує клас інгредієнтів, для яких заздалегідь можна встановити неможливість розпізнавання. До таких відносяться, зокрема, крупи в непрозорій упаковці та консерви. Для таких випадків вводиться гібридна модель взаємодії: користувач має можливість вручну коригувати список визначених інгредієнтів. Для спрощення процесу ручного коригування, система надає можливість просканувати штрих-код продукту. Якщо відомості про цей продукт містяться у системі, його назву буде автоматично додано до переліку інгредієнтів для пошуку рецепта.

Подальше покращення точності моделі може виконуватися із використанням неявного краудсорсингу з боку користувачів. Якщо користувач вирішить вручну редагувати список інгредієнтів, фотознімок та отримані користувацькі мітки надсилаються до команди спеціалістів по даних, яка матиме можливість їх переглядати, для врахування при наступному оновленні моделі.

Персоналізовані рекомендації рецептів харчування будуються в три етапи. На першому етапі аналізується взаємодія між користувачами та конкретними елементами контенту. Якщо перетин множин рецептів, із якими взаємодіяли два користувачі є достатнім за кількістю елементів, щоб вважати харчові уподобання користувачів схожими, система рекомендує одному користувачеві елементи, які переглянув інший, і навпаки. Взаємодіяти із рецептами користувачі можуть у декілька способів: переглядати повну інформацію про рецепт, додавати рецепти до секції “Вибране”, формувати посилання для поширення через зовнішні засоби тощо.

Для реалізації цього етапу застосовується алгоритм колаборативної фільтрації. Приклад його роботи показано на рис. 2. На рисунку, “+” означає, що відповідний користувач взаємодіяв із відповідним рецептом. Можна помітити, що користувачі K1 та K3 мають схожі вподобання (обидвоє взаємодіяли з елементами P1, P3 та P4), відповідно користувачу K3 можна рекомендувати елемент P5, з яким також взаємодіяв користувач K1 [3].

	P1	P2	P3	P4	P5
K1	+		+	+	+
K2		+	+		
K3	+		+	+	

Рисунок 2 – Робота алгоритму колаборативної фільтрації

На другому етапі із множини рецептів, які було визначено релевантними за допомогою алгоритму колаборативної фільтрації, видаляються ті, що не мають бути показаними конкретному користувачу через його харчові обмеження. До таких можуть відноситися: медичні та дієтичні заборони, релігійні правила. Для збору цих даних вводиться вступне анкетування. Їх використання, відповідно, тягне за собою підвищені вимоги до безпеки.

На третьому етапі, отримана множина рецептів сортується у порядку кількості збігів із визначеним раніше переліком інгредієнтів. Якщо збігів мало, рекомендації доповнюються популярними серед широкого загалу рецептами, що містять визначені інгредієнти.

Висновки. Рекомендаційна система рецептів харчування, яка поєднує технології машинного зору та колаборативної фільтрації потенційно може значно зменшити кількість зусиль, що прикладаються користувачем на розв’язання такого рутинного питання, як пошук та вибір рецептів харчування. Для її майбутньої реалізації, було визначено та проаналізовано алгоритми машинного навчання, що застосовуються у галузі інформаційних технологій на цей момент для вирішення завдань подібного характеру у різних предметних областях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Hulten, G. (2018). *Building intelligent systems: A guide to machine learning engineering*. Apress.
- [2] Kurama, V. (2022, October 11). *What is collaborative filtering: A simple introduction*. Built In. <https://builtin.com/data-science/collaborative-filtering-recommender-system>
- [3] Craig, L., & Awati, R. (2024, January 11). *What is a convolutional neural network (CNN)?* TechTarget. <https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/convolutional-neural-network>

Potsiluiko V.A., Prokop Y.V.

Application of Machine Learning for Building a Recipe Recommendation System

Abstract. *The application of artificial intelligence for the development of an automated recipe recommendation system is considered, which takes into account the user's personal dietary preferences and restrictions, as well as available ingredients. The proposed system utilizes computer vision technologies for ingredient recognition and collaborative filtering algorithms for personalized recommendations.*

Keywords: *convolutional neural networks; collaborative filtering; diet.*

УДК 65.012.45

СУЧАСНІ МЕТОДИ ТА ІНСТРУМЕНТИ ПЛАНУВАННЯ І УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ В СФЕРІ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Сікетін Дмитро Сергійович

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Україна, Харків

dmytro.siketin@student.karazin.ua

Анотація. Дана робота присвячена дослідженню сучасних методів та інструментів планування і управління проектами в сфері інформаційних технологій. Особлива увага приділяється порівняльному аналізу підходів Waterfall, Agile, Scrum та Kanban для різних типів IT-проектів. У дослідженні розглянуто основні етапи кожного методу, їх переваги, недоліки та сфери застосування. Метою роботи є виявлення найефективнішого підходу для управління проектами залежно від специфіки і вимог проекту, а також розмірів команди.

Ключові слова: Планування проєктів; управління проектами; Waterfall; Agile; Scrum; Kanban; IT-проекти; методи управління; гнучкі методології.

Вступна частина. У сучасному світі інформаційних технологій, успішне виконання проєктів залежить від правильної організації процесу управління. Одним з найважливіших елементів цього процесу є планування, яке включає в себе визначення цілей, завдань, ресурсів та часових рамок для реалізації проєкту. Планування є критичним, оскільки дозволяє знизити ризики, ефективно розподілити ресурси та досягти поставлених результатів у встановлені терміни. У сфері IT існує багато методів і підходів до планування проєктів, серед яких найбільш популярними є Waterfall, Agile, Scrum та Kanban. Мета даної роботи — розглянути особливості цих методів, провести їх порівняльний аналіз та визначити, який підхід є найбільш ефективним для різних типів IT-проєктів [4].

Основна частина.

Waterfall

Каскадна модель (Waterfall) є класичним підходом до управління проектами, що передбачає послідовне виконання етапів проєкту. Вона найкраще підходить для проєктів з фіксованими вимогами, де важлива чітка структура процесу. Основні етапи Waterfall включають збір вимог, проєктування, розробку, тестування та впровадження. Попри свою надійність у прогнозуванні термінів, цей метод є менш гнучким для внесення змін на пізніх етапах[5].

Agile

Agile представляє собою гнучку методологію управління проектами, яка акцентує увагу на адаптивності до змін і швидкій реакції на нові вимоги. Цей підхід передбачає розбиття проєкту на короткі цикли (спринти), що дозволяє команді оперативно впроваджувати нові ідеї та функції. Agile підходить для проєктів з динамічними вимогами, де важлива швидкість адаптації[3].

Scrum

Scrum є фреймворком в рамках Agile, який використовує короткі ітерації та чітко визначені ролі в команді, такі як Scrum-майстер і Product Owner. Scrum добре підходить для команд, які працюють у невеликих групах і мають регулярні зустрічі для обговорення

поточних завдань. Цей метод допомагає тримати команду націленою на досягнення короткострокових цілей, але вимагає високої дисципліни та самоорганізації[1].

Kanban

Kanban дозволяє візуалізувати робочі процеси через використання kanban-дошки, де кожне завдання проходить через різні стадії: від планування до завершення. Основна перевага цього методу полягає в простоті й можливості ефективного контролю процесу. Він підходить для невеликих проєктів, де потрібно відслідковувати прогрес виконання завдань в реальному часі[2].

Порівняльний аналіз

Для вибору найбільш ефективного методу планування необхідно враховувати такі чинники, як гнучкість, часові рамки, можливість внесення змін та специфіку проєкту. Наприклад, Waterfall підходить для статичних проєктів із чіткими вимогами, тоді як Agile та Scrum ефективні для динамічних проєктів, де вимоги можуть змінюватися в процесі. Kanban найкраще підходить для проєктів, що потребують постійного контролю і візуалізації завдань.

Таблиця 1 – Порівняння методів планування проєктів в ІТ

Метод	Гнучкість	Часові рамки	Контроль над змінами	Тип проєкту
Waterfall	Низька	Фіксовані	Важко внести зміни	Статичні проєкти з чіткими вимогами
Agile	Висока	Змінні	Легко адаптувати	Динамічні проєкти з частими змінами
Scrum	Висока	Змінні	Чіткий процес	Невеликі команди, проєкти з короткими циклами
Канбан	Середня	Змінні	Візуальний контроль	Невеликі та середні проєкти

Приклад використання методів

Для ілюстрації ефективності різних методів планування проєктів, розглянемо два реальні випадки:

- Каскадна модель (Waterfall):** Компанія, яка займається розробкою програмного забезпечення для управління складом, вирішила створити нову систему для автоматизації процесів. Вимоги до системи були чітко визначені на початку проєкту, що дозволило команді працювати за методологією Waterfall. Спочатку вони зібрали всі вимоги, потім перейшли до проєктування та розробки системи. Кожен етап виконувався послідовно, що дозволило знизити ризики і уникнути помилок. Система була впроваджена в установлений термін і без значних змін у вимогах.
- Гнучка методологія (Agile):** Інша компанія, що розробляє мобільні додатки, вирішила використовувати Agile для створення нового продукту. Команда розбила проєкт на короткі спринти, в кожному з яких реалізовували нові функції, а також проводили тестування. Завдяки цьому підходу команда могла швидко реагувати на відгуки користувачів і вносити необхідні зміни в додаток. Після кількох спринтів продукт був адаптований до вимог ринку, і команда змогла запустити додаток в обумовлений термін, задовольнивши потреби клієнтів.

Висновки. У процесі планування ІТ-проектів ключовим є правильний вибір методології управління, що відповідає специфіці проекту та вимогам замовника. Каскадна модель підходить для стабільних проектів із чітко визначеними цілями, але може бути неефективною для проектів, де можливі часті зміни. Agile та Scrum забезпечують гнучкість і адаптивність до нових вимог, дозволяючи оперативно вносити корективи в процес розробки. Канбан, завдяки візуалізації робочого процесу, забезпечує зручний контроль за виконанням завдань і підходить для невеликих команд. Правильний вибір методології дозволяє підвищити ефективність команди, зменшити ризики і забезпечити успішне виконання проекту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Тейлор, М. (2017). *Канбан: Successful Evolutionary Change for Your Technology Business*. New York: Blue Hole Press.
- [2] Розенберг, Д. (2021). *The Agile Samurai: How Agile Masters Deliver Great Software*. Boston: The Pragmatic Bookshelf.
- [3] Сміт, Дж. (2020). *Scrum: The Art of Doing Twice the Work in Half the Time*. London: Crown Business.
- [4] Блейк, К. (2018). *Управління проектами в інформаційних технологіях*. Київ: Видавництво «Техніка».
- [5] Мартин, Р. (2019). *Agile Project Management: A Comprehensive Guide*. New York: Agile Press.

Dmytro Siketin

Modern Methods and Tools for Project Planning and Management in Information Technology

Abstract. This paper focuses on the study of modern methods and tools for project planning and management in the field of information technology. Particular attention is given to the comparative analysis of Waterfall, Agile, Scrum, and Kanban approaches for various types of IT projects. The study examines the key stages of each method, their advantages, disadvantages, and areas of application. The objective of the work is to identify the most effective approach for project management based on the project's specifics, requirements, and team size.

Keywords: Project planning; project management; Waterfall; Agile; Scrum; Kanban; IT projects; management methods; agile methodologies.

УДК 004.8+004.942

ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Дриньов Д.М.

Національний університет оборони України

Україна, Київ

0000-0002-0905-852X

Анотація. У роботі досліджено питання щодо застосування штучного інтелекту для розв'язання задач моделювання динамічних процесів.

Слід зазначити, що застосування ШІ для розв'язання задач моделювання динамічних процесів передбачає застосування різних методів виявлення та аналізу змін у системі або агенті ШІ з плином часу. Сюди входять такі аспекти, як еволюція стану системи, зміна вхідних даних, адаптація до нових умов, навчання та розвиток навичок.

Застосування штучного інтелекту для розв'язання задач моделювання динамічних процесів дозволяє вивчати та аналізувати поведінку систем та агентів у мінливих умовах, розробляти більш ефективні стратегії прийняття рішень та покращувати загальну продуктивність системи.

Ключові слова: моделювання; штучний інтелект; динамічні процеси.

Вступ

У сучасному науковому середовищі розвиток штучного інтелекту вважається дуже сприятливою сферою дослідження, яка викликає значний інтерес дослідників і експертів. Основна публікація окреслила основні напрямки дослідження в цій галузі, встановивши ключові цілі для майбутнього прогресу в галузі штучного інтелекту.

Основні цілі розвитку штучного інтелекту включають відтворення процесів, подібних до тих, що відбуваються в людському мозку, і розробку ефективних методів їх застосування. У рамках цього масштабні дослідження присвячені розумінню та реалізації когнітивних механізмів, методів вирішення проблем, інтелектуального обстеження та обробки інформації, властивих людському мозку.

Крім того, штучний інтелект охоплює різні сфери, включаючи машинне навчання, обробку природної мови, комп'ютерне бачення, робототехніку та автоматизоване прийняття рішень.

Постійне дослідження в цих областях спрямоване на створення вдосконалених систем, які володіють підвищеним інтелектом і автономією, що дозволяє їм пристосовуватися до динамічного середовища та вирішувати складні завдання, які вимагають глибокого розуміння та винахідливості.

Отже, розвиток штучного інтелекту став головною метою з метою побудови більш розумних, ефективних і універсальних систем, які можуть використовувати принципи, подібні до людського інтелекту, таким чином сприяючи прогресу в різних дисциплінах науки і техніки.

Питанню щодо застосування штучного інтелекту для розв'язання задач моделювання динамічних процесів були присвячені праці таких вчених як Баландіна Н.М., Бойко В.Д., Василенко М.Д., Хусаїнов Д.Я. та інших.

Метою роботи є висвітлення основних аспектів застосування штучного інтелекту для розв'язання задач моделювання динамічних процесів.

Основна частина

Дослідження проблем штучного інтелекту, що мають на меті моделювання процесів мислення людини, тривають вже давно, і для вирішення цих проблем були запропоновані різні підходи. Серед них теорія нейронних мереж була визнана одним з ключових напрямків. Нейронні мережі - це спеціалізований напрям, метою якого є створення штучних машин, подібних до мозку [1].

Ключовими аспектами дослідження нейронних мереж є процес навчання та здатність пристрою нагадувати людський мозок. Якщо розв'язання проблеми є ітеративним, процес можна описати як динамічний. Одним з найбільш широко використовуваних математичних інструментів для опису динамічних процесів є диференціальні рівняння або рівняння диференціальних функцій і системи рівнянь.

Створення математичних моделей, що описують процес навчання і функціонування штучних нейронних мереж, є частиною галузі штучного інтелекту. Комп'ютерне моделювання слугує потужним інструментом дослідження складних динамічних систем і дозволяє проводити обчислювальні експерименти на етапах розвитку системи.

Термін "динамічна система" означає систему, поведінка якої описується системою звичайних автономних диференціальних рівнянь першого порядку. Однак, окрім класичної задачі пошуку розв'язків, сучасна наука також зосереджується на якісних питаннях дослідження, таких як побудова фазових портретів та вивчення стійкості окремих траєкторій і системи в цілому (шорсткість і щільність, структурна стійкість тощо) [2].

Особливо складними є моделі, що описуються гібридними системами (наприклад, логіко-динамічні системи, перемикальні системи). Дослідження таких систем пов'язане з такими складними аспектами, як якісне вивчення стійкості.

Рівняння в частинних похідних широко використовуються як математичні інструменти для аналізу процесів у фізиці та гідродинаміці. Ці рівняння успішно моделюють динаміку розподілу тепла, течії рідини і газу, коливання пластин і оболонок.

Важливою умовою побудови точних математичних моделей є наявність наукових знань про механізми функціонування системи. Для побудови моделі використовуються базові принципи, такі як універсальний закон збереження.

Одним з найпоширеніших підходів до створення математичних моделей руху системи (матеріальної точки, твердого тіла, рідини, газу тощо) є використання принципу Гамільтона. Згідно з цим принципом, система рухається так, щоб інтегральне значення руху було мінімальним.

Сферою досліджень штучного інтелекту, пов'язаною з динамікою, є моделювання процесів у нейронних мережах. У 1943 році вчені Мак-Каллок і Волтер Пітс описали нейрони мозку як логічні елементи, а мережеві системи - як примітивний обчислювальний пристрій, здатний імітувати логічні елементи [3].

Це визначення вважається першим визначенням поняття "нейронна мережа". Нейронні мережі характеризуються двома процесами: "навчання", яке визначає параметри, необхідні для вирішення проблеми, і "функціонування", яке визначає запити і генерує рішення.

Зазвичай обидва процеси є ітеративними, а їх математична модель може бути представлена як високорозмірна, нелінійна дискретна система. Якщо крок дискретизації зменшити, то такі системи можна описати диференціальними рівняннями.

Принцип Гамільтона і закони збереження використовуються для побудови математичних моделей динаміки в нейродинаміці. Така модель була запропонована Хопфілдом.

У нейронних мережах, де вихідні сигнали подаються на входи, відбувається ітераційний процес і формується мережа зі зворотним зв'язком [4].

Така структура відома як автокорельована мережа і була вперше запропонована Хопфілдом у 1982 році. Математичну модель динаміки нейронної мережі можна представити за допомогою системи диференціальних рівнянь.

Висновки. Тому застосування штучного інтелекту для розв'язання задач моделювання динамічних процесів вимагає застосування різних методів виявлення та аналізу змін у системі або ШІ-агенті в часі. Це стосується таких аспектів, як еволюція стану системи, зміна вхідних даних, адаптація до нових умов, навчання та розвиток навичок.

Використовуючи елементи штучного інтелекту для розв'язання задач моделювання динамічних процесів, можна вивчати і аналізувати поведінку системи або агента в мінливих умовах для розробки більш ефективних стратегій прийняття рішень і підвищення загальної продуктивності системи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Лубко, Д.В., Шаров, С.В. (2019). *Методи та системи штучного інтелекту. Навчальний посібник*. Мелітополь: ФОП Однорог Т.В.
- [2] Шаховська, Н.Б., Камінський, Р.М., Вовк, О.Б. (2018). *Системи штучного інтелекту. Навчальний посібник*. Львів: Видавництво Львівської політехніки.
- [3] Баландіна, Н.М., Бойко, В.Д., Василенко, М.Д. (2020). *Штучний інтелект в системі розумного міста: матеріали LVII міжнародної інтернет-конференції "Наукові підсумки 2020 року"*. Вінниця.
- [4] Хусаїнов, Д.Я. (2016). *Оцінки збіжності в одній моделі нейродинаміки Хопфілда*. Вісник Київського університету. Серія: Кібернетика. Вип.4.

Dmytro DRYNOV

Application of artificial intelligence for solving problems of modeling dynamic processes

Annotation. The work examines the issue of using artificial intelligence to solve the problems of modeling dynamic processes.

It should be noted that the application of AI to solve the problems of modeling dynamic processes involves the use of various methods of detecting and analyzing changes in the AI system or agent over time. This includes aspects such as the evolution of the system state, changing inputs, adaptation to new conditions, learning and skill development.

The use of artificial intelligence to solve the problems of modeling dynamic processes allows studying and analyzing the behavior of systems and agents in changing conditions, developing more effective decision-making strategies and improving the overall performance of the system.

Keywords: modeling; artificial intelligence; dynamic processes.

ОПТИМІЗАЦІЯ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР ЗА ДОПОМОГОЮ АЛГОРИТМІВ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

¹ Гунік І.І.; ² Гайдаєнко О.В., к.т.н., доц.

^{1,2} Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

^{1,2} Україна, Миколаїв

¹ ivanhunik@outlook.com; ² okotsur80@gmail.com

Анотація. Під час дослідження проаналізовано алгоритми обслуговування в інформаційних системах для логістики вантажних перевезень зернових культур. Запропоновано використання алгоритму *Multilevel Queue Scheduling* для підвищення ефективності роботи транспортного підприємства. Розроблено концепцію інформаційної системи, яка може бути впроваджена для оптимізації логістичних процесів.

Ключові слова: вантажні перевезення; інформаційні системи; алгоритми логістики.

Вступна частина. Вантажні перевезення автомобільним транспортом є одним з найважливіших і найпопулярніших способів перевезень у всьому світі. Автомобільний транспорт є варіативним та гнучким до вимог вантажів та встановлених правил перевезень.

Перевезення вантажів автомобільним транспортом можна назвати універсальними, адже їх можливо масштабувати в залежності від зовнішніх факторів та вимог до перевезень: від масштабів великого підприємства, такого як порт або завод, до міжконтинентальних, таких як перевезення з використанням паромних переправ та підземних тунелів.

Завдяки такій універсальності застосування до різних типів логістичних задач, вантажні перевезення є одним із головних рушіїв економіки більшості країн: як країн-експортерів, так і країн-імпортерів.

Сучасні вантажні перевезення зернових культур потребують застосування інформаційних систем для здійснення необхідного документообігу та моніторингу навколишнього оточення.

Інформаційні системи поділяються за функціональністю та метою використання: документообіг, моніторинг транспорту, локальні інформаційні системи.

Подібні системи широко використовуються у сферах логістики, транспортування, вантажних перевезень, пасажирських перевезень, управління парком автотранспорту та інших галузях, де важлива ефективність та контроль за рухом транспорту. Вони є потужним інструментом для підвищення ефективності управління транспортними засобами, забезпечення безпеки та оптимізації витрат.

Використання сучасних інформаційних систем усіма учасниками вантажних перевезень є запорукою безперебійного здійснення їх діяльності. Швидкі та надійні синхронізація та обмін даних прискорюють вантажні перевезення, зводячи ризики затримок до мінімуму.

Злагоджена діяльність усіх відділів підприємства повинна створювати майже автоматичні розрахунки ефективного використання ресурсів підприємства з метою підвищення його чистого прибутку.

Ефективні менеджмент, логістика, технічне обслуговування дозволяють уникнути форс-мажорів, що можуть призвести до зривів перевезень. Порушення запланованих рейсів несе за

собою не тільки штрафні санкції, а й додаткове навантаження на перерахунки і перерозподіл ресурсів підприємства.

Розглянутий об'єкт стикається з проблемою низької ефективності вирішення логістичних задач.

Метою дослідження є підвищення ефективності роботи транспортного підприємства шляхом проведення аналізу недоліків поточної системи, та розробки концепції для визначення шляхів підвищення продуктивності її роботи.

Основна частина. Алгоритми обслуговування в контексті інформаційних систем можуть включати різні методи та стратегії для ефективного управління ресурсами та задачами. Принциповим є той факт, що під алгоритмами обслуговування мається на увазі алгоритми вибору заявок на перевезення зернових культур.

Проаналізувавши всі вищезазначені алгоритми, я дійшов до висновку, що всі вони можуть використовуватися в різних сучасних сферах, таких як операційні системи, мережі, бази даних та інші компоненти інформаційних систем з метою оптимізації використання ресурсів та підвищення продуктивності.

Щодо власне дослідження алгоритмів обслуговування та розробки інформаційних системи ТОВ «УКРТРАНСПІВДЕНЬ», то тут, на мою думку, має місце використання Multilevel Queue Scheduling, що виступатиме як глобальний фільтр/сортувальник заяв. Мультимедійний планувальник черги забезпечуватиме розподіл всього об'єму отриманих заяв-замовлень на дві великі категорії:

- а) великі та постійні замовники;
- б) малі (або ж посередницькі) та змінливі замовники.

Слідом, так як цей унікальний алгоритм дозволяє створювати власні підалгоритми обслуговування, налаштовують пріоритетність наступним чином: великі та постійні замовники за принципом HRRN, а малі та змінливі замовники за принципом SJN/SJF.

На основі проведеного аналізу існуючих алгоритмів для вирішення логістичних задач, було обрано поєднання декількох алгоритмів, та систематизовано порядок їх використання. Вказаний порядок проілюстровано на рисунку 1.

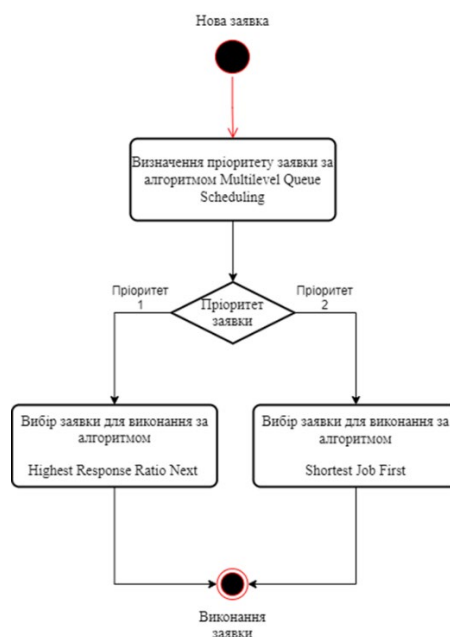


Рисунок 1 – Схема використання алгоритмів для вирішення логістичних задач ТОВ УКРТРАНСПІВДЕНЬ

Висновки. В результаті проведеного аналізу готових рішень було розроблено концепцію інформаційної системи. А саме, було дано пояснення та оцінку кожному алгоритму з точки зору доцільності використання для вирішення логістичних задач транспортного підприємства з перевезень зернових вантажів. Було визначено три алгоритми, один з яких визначено як алгоритм вищого рівня. Його задача полягає у наданні заявок по пріоритетності. Останні два алгоритми застосовувались до вже розподілених на пріоритети заявок. Визначені алгоритми задовольняють потребам підприємства.

Зрештою, розроблено й постановку задачі, яка полягає у визначенні переліку конкретних завдань, виконання яких дозволить у підсумку досягти мети проведеного дослідження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Mario, J.R., Kagaris, D. (2014). «Equitable Shortest Job First: A Preemptive Scheduling Algorithm for Soft Real-Time Systems». *International journal of engineering research and innovation*.
- [2] Eseoghene, A. (2022). *Improved shortest job first CPU scheduling algorithm*. Dutse: The Faculty of Science, Federal University Dutse.
<https://www.ajol.info/index.php/dujopas/article/view/234094>
- [3] GeeksforGeeks. (2023). *Highest Response Ratio Next (HRRN) CPU Scheduling*. Noida: GeeksforGeeks. Sanchhaya Education Private Limited.
<https://www.geeksforgeeks.org/highest-response-ratio-next-hrrn-cpu-scheduling/>

Hunik I.I., Haidaienko O.V.

Optimization of logistics processes in grain cargo transportation through information system algorithms

Abstract. During the research, the service algorithms in information systems for the logistics of grain cargo transportation were analyzed. The use of the Multilevel Queue Scheduling algorithm is proposed to improve the efficiency of a transport company. A concept of an information system has been developed, which can be implemented to optimize logistics processes.

Keywords: freight transportation; information systems; logistics algorithms.

АНАЛІЗ ТА ПРОЄКТУВАННЯ ПЕРСОНАЛІЗОВАНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙ ДЛЯ КНИЖКОВОГО ІНТЕРНЕТ-МАГАЗИНУ НА БАЗІ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

Пискір С.В.¹; Гаврилова К.М.²

^{1,2} Національний університет «Одеська політехніка»

^{1,2} Україна, Одеса

¹ 6868970@stud.op.edu.ua; ² havrylova.8864944@stud.op.edu.ua

Анотація. У цій роботі представлено аналіз та проєктування рекомендаційної системи для книжкового інтернет-магазину, яка базується на методах машинного навчання. Основна мета системи – підвищити задоволеність користувачів, пропонуючи персоналізовані рекомендації, що відповідають їхнім уподобанням.

Ключові слова: гібридна система; машинне навчання; колаборативна фільтрація; система рекомендацій; книжковий інтернет-магазин.

Вступна частина. Завдяки інтернету, книжкові магазини здобувають змогу пропонувати ширший асортимент та забезпечувати доступ до своїх товарів цілодобово, відкриваючи перед собою величезний ринок. Окрім того, використання персоналізації та інтерактивності дозволяє підвищити задоволеність клієнтів, створюючи для них унікальний досвід покупки. Однак, разом з перевагами, постає і виклик: як зробити так, аби покупці легко знаходили книги, які їх цікавлять, серед тисяч доступних назв?

Саме тут і виникає проблема – забезпечення зручного пошуку та вибору книг з-поміж широкого асортименту. Ця проблема особливо актуальна у випадку онлайн-магазинів, де кількість назв може досягати десятків тисяч, а тематика книг варіюється від популярної науки до спеціалізованої літератури. Актуальність теми зумовлена популярністю онлайн книжкового шопінгу.

Ефективним рішенням цієї проблеми стає впровадження рекомендаційної системи, яка аналізує інтереси та вподобання користувачів, щоб пропонувати їм книги, найбільш відповідні їхнім перевагам. Така система не тільки полегшує пошук потрібної літератури серед величезного асортименту, але й допомагає відкрити для покупців нові книги, які вони могли б проігнорувати. Використання алгоритмів машинного навчання та штучного інтелекту в рекомендаційних системах дозволяє адаптуватися до змінних вподобань користувачів, забезпечуючи високу точність рекомендацій.

Метою роботи є аналіз існуючих методів та проєктування системи рекомендацій для книжкового інтернет-магазину.

Основна частина. У сучасних системах персоналізованих рекомендацій для інтернет-магазинів книг використовуються різні методи. Два основні підходи — це контентно-орієнтовані (content-based) та колаборативні (collaborative filtering) методи.

Контентно-орієнтована фільтрація заснована на аналізі атрибутів або характеристик книг, таких як жанр, автор, опис, ключові слова та рецензії [1]. Цей метод дозволяє системі створювати профіль користувача, який відображає його інтереси на основі того, які книги він уже переглядав, купував чи оцінював. Відповідно до цього профілю, система рекомендує книги, схожі на ті, які вже були обрані користувачем.

Ключовим компонентом контентно-орієнтованої фільтрації є векторизація текстових даних, яка дозволяє перетворити неструктуровані тексти (опис книг, анотації) у числову

форму, зрозумілу для алгоритмів. Один із найпопулярніших методів для цього — це TF-IDF (Term Frequency-Inverse Document Frequency).

TF-IDF використовується для оцінки важливості окремих слів у документі, зважаючи на те, як часто це слово зустрічається в конкретному тексті та в усіх інших текстах бази даних. Формула TF-IDF для кожного слова виглядає так:

$$TFIDF(t, d) = TF(t, d) \times IDF(t), \quad (1)$$

де $TF(t, d)$ – частота слова t у документі d .

Складова IDF обчислюється за такою формулою :

$$IDF(t) = \log \frac{N}{df(t)}, \quad (2)$$

де N – загальна кількість документів у корпусі;

$df(t)$ – кількість документів, у яких зустрічається слово t .

TF-IDF дозволяє визначати слова, які є важливими в контексті конкретного опису книги, і знижувати вагу загальних слів, таких як "книга", "автор", тощо. Отримані вектори, що представляють кожен опис книги, використовуються для порівняння книг між собою.

Для вимірювання подібності між книгами за допомогою цих векторів, як один з популярних методів, застосовується метод косинусної подібності (Cosine Similarity). Косинусна подібність визначає кут між двома векторами, які представляють книги, і вимірює, наскільки ці вектори "схожі" [2]. Формула для розрахунку косинусної подібності виглядає так:

$$\cos(\theta) = \frac{A \cdot B}{\|A\| \|B\|}, \quad (3)$$

де A, B – вектори, подібність між якими визначається;

$\|A\| \|B\|$ – евклідові норми (довжини) векторів A та B відповідно.

Косинусна подібність дає значення в діапазоні від -1 до 1, де 1 означає ідеальну схожість, а 0 – повну відсутність схожості.

На відміну від контентно-орієнтованої фільтрації, колаборативна фільтрація базується на аналізі поведінкових даних користувачів. Вона передбачає, що користувачі, які в минулому купували або оцінювали схожі товари, ймовірно, матимуть схожі інтереси в майбутньому [3].

Колаборативна фільтрація працює за двома основними напрямками:

– User-Based Collaborative Filtering – система шукає користувачів з подібними вподобаннями та рекомендує книги на основі того, що інші користувачі зі схожими інтересами купували або оцінювали високо;

– Item-Based Collaborative Filtering – система аналізує схожість між товарами на основі їхніх оцінок користувачами. Якщо кілька користувачів оцінили певні книги подібним чином, ці книги рекомендуються новим користувачам з подібними вподобаннями.

Одним із популярних методів, що використовується для обчислення схожості між користувачами або предметами, є кореляція Пірсона (Pearson Correlation Coefficient) [4]. Вона визначає, наскільки оцінки двох користувачів схожі:

$$\text{Pearson Correlation}(u, v) = \frac{\sum_{i \in I} (R_{u,i} - \bar{R}_u)(R_{v,i} - \bar{R}_v)}{\sqrt{\sum_{i \in I} (R_{u,i} - \bar{R}_u)^2 \sum_{i \in I} (R_{v,i} - \bar{R}_v)^2}}, \quad (4)$$

де u та v – два користувачі;

$R_{u,i}$ та $R_{v,i}$ – оцінки, які дали користувачі u та v для предмета i ;

$\bar{R}_u$ та $\bar{R}_v$ – середні оцінки користувачів u та v відповідно;

I – набір книг, які оцінили обидва користувачі.

Кореляція Пірсона дає значення в діапазоні від -1 до 1. Значення, близьке до 1, означає високу подібність в оцінках користувачів, що дозволяє робити точніші рекомендації.

Хоча контентно-орієнтована та колаборативна фільтрація мають значні переваги, кожен із цих методів стикається з певними проблемами:

- Контентно-орієнтовані системи обмежуються лише атрибутами книг, тому якщо для певної книги не вистачає даних або опису, система не зможе надати точну рекомендацію. Крім того, такі системи часто рекомендують дуже схожі книги, що може звужити коло інтересів користувачів;

- Колаборативна фільтрація стикається з проблемою "холодного старту", коли нові користувачі або нові книги не мають достатньо даних для точних рекомендацій. Крім того, цей метод залежить від наявності великої кількості оцінок, що не завжди можливо в нових або нішевих платформах.

Для подолання цих обмежень часто використовують гібридну рекомендаційну систему (Hybrid Recommender System). Гібридні системи поєднують переваги контентної та колаборативної фільтрації, дозволяючи компенсувати недоліки кожного методу [5]. Така система може використовувати контентні дані для нових користувачів, які ще не мають історії взаємодії з платформою, а також аналізувати поведінкові дані для користувачів із наявною історією покупок або переглядів.

Для ефективного впровадження гібридної рекомендаційної системи в книжковий інтернет-магазин необхідно врахувати кілька етапів проектування, включаючи вибір та підготовку даних, оцінку точності моделі та інтеграцію.

Для якісного навчання моделі потрібні різні типи даних.

Контентні дані (характеристики книг):

- Назва книги, автор, жанр, ключові слова, опис;
- Метадані книг для формування контентного профілю кожної книги.

Користувацькі дані (взаємодія з системою):

- Рейтинги книг користувачами;
- Дані про покупки книг, додавання до кошика або у список бажань;
- Історія пошуку, переглядів і взаємодій з платформою.

Логи поведінки користувачів:

- Дані про кліки, переходи на сторінки книг, час перебування на сторінці.

Для оцінки ефективності рекомендаційної системи необхідно використовувати різні метрики точності та інструменти тестування:

Метрики точності:

- Precision (Точність) – визначає частку коректно рекомендованих книг з-поміж усіх рекомендацій;

- Recall (Повнота) – оцінює частку правильних рекомендацій з-поміж усіх релевантних книг;

- F1-міра – гармонійне середнє між точністю і повнотою для досягнення збалансованої оцінки;

- MAP (Mean Average Precision) – середня точність для кількох запитів, що оцінює загальну ефективність рекомендацій.

Тестування:

- Розбиття на тренувальну і тестову вибірки – частина даних (наприклад, 80%) використовується для тренування моделі, а інші (20%) – для тестування;

- Крос-валідація – розбиття на кілька підмножин для тренування і тестування моделі з метою перевірки стійкості результатів.

Для інтеграції гібридної рекомендаційної системи в книжковий інтернет-магазин необхідно створити чітку архітектуру, яка забезпечить зручний доступ до персоналізованих рекомендацій та їх безперебійну роботу. Основний елемент інтеграції — це побудова модульної системи, де рекомендаційний механізм буде працювати як окремий сервіс, який взаємодіє з іншими компонентами платформи через API.

Архітектура системи повинна передбачати поділ на мікросервіси, що дозволить легко масштабувати та оновлювати кожен компонент окремо. Рекомендаційна система, як сервіс, зможе взаємодіяти з базою даних книг і користувачів, отримуючи необхідні дані для аналізу та надання персоналізованих рекомендацій.

Ключовим елементом є створення RESTful API, який забезпечить зв'язок між рекомендаційною системою та іншими частинами магазину. API дозволить запитувати рекомендації для конкретного користувача в режимі реального часу на основі його дій та історії покупок. Це може бути виконано під час завантаження сторінки користувача або після перегляду конкретних книг, коли система генерує рекомендації відповідно до контентних або поведінкових даних.

Висновки. В результаті проведеного дослідження було проаналізовано різні підходи створення рекомендаційної системи та спроектовано гібридну рекомендаційну систему для книжкового інтернет-магазину, яка поєднує контентну та колаборативну фільтрації. Система враховує індивідуальні вподобання користувачів та їх поведінку, що дозволяє створювати релевантні рекомендації навіть за відсутності достатньої кількості даних про взаємодію нових користувачів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Murel, J. Ph.D., Kavlakoglu, E. (2024, 21 березня). *What is content-based filtering? IBM - United States*. <https://www.ibm.com/topics/content-based-filtering>
- [2] Miesle, P. (2023, 29 вересня). *What is Cosine Similarity? A Comprehensive Guide*. DataStax. <https://www.datastax.com/guides/what-is-cosine-similarity>
- [3] Vihar, K. (2022, 11 жовтня). *What Is Collaborative Filtering: A Simple Introduction*. <https://builtin.com/data-science/collaborative-filtering-recommender-system>
- [4] McClenaghan, E. (2024, 29 квітня). *Pearson Correlation*. Technology Networks. <https://www.technologynetworks.com/tn/articles/pearson-correlation-385871>
- [5] Saturn Cloud. (2023). *Hybrid Recommender Systems*. <https://saturncloud.io/glossary/hybrid-recommendation-system/>

Pyskir S.V., Havrylova K.M.

Analysis and design of personalized recommendations for an online bookstore based on machine learning

Abstract. *This paper presents the analysis and design of a recommender system for an online bookstore based on machine learning methods. The main goal of the system is to increase user satisfaction by offering personalized recommendations that match their preferences.*

Keywords: *hybrid system; machine learning; collaborative filtering; recommendation system; online bookstore.*

УДК 004.8:656.056:656.13

ОПТИМІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТЯХ ЗАСОБАМИ ГЛИБИННОГО НАВЧАННЯ З ПІДКРІПЛЕННЯМ

Мокрик Я.Л.¹; Бойко Н.І., к.е.н., доц.²^{1, 2} Національний університет «Львівська політехніка»^{1, 2} Україна, Львів¹ 0000-0002-2338-855X; ² 0000-0002-6962-9363

Анотація. Роботу присвячено розробці середовища симуляції дорожнього руху та порівнянню алгоритмів навчання з підкріпленням для керування автомобілями та світлофорами на симульованому перехресті. Результатами дослідження є метрики розглянутих алгоритмів (DQN, PPO) і порівняння їх з деякими модифікованими алгоритмами в різних сценаріях дорожнього руху.

Ключові слова: машинне навчання; глибинне навчання з підкріпленням; Q-навчання; автономні транспортні засоби; світлофорне регулювання.

Вступна частина. Стрімкий ріст автомобільної промисловості та збільшення кількості транспортних засобів на дорогах створюють чимало зацікавленості в темі автономного керування транспортними засобами. Упродовж останніх кількох років кількість аварій на некерованих перехрестях, тобто тих, де нема світлофорів або знаків, була значно більшою порівняно з сигналізованими перехрестями [1]. Автори одного дослідження зауважили, що висока кількість аварій на дорогах є актуальною і глобальною проблемою, щороку майже 1,35 мільйонів людей помирають або стають інвалідами в результаті транспортних аварій [2].

Для того, щоб зрозуміти існуючі підходи до вирішення цих проблем, під час цієї роботи ми розглянули існуючі літературні джерела для порівняння середовищ симуляції дорожнього руху, а також порівняння існуючих алгоритмів керування автомобілями та світлофорами на перехрестях. Було взято до уваги 17 досліджень, з яких три були присвячені розробці середовищ для тренування моделей машинного навчання, а саме DriverGym [3], CriSGen [4] і дослідження мікроскопічної симуляції транспорту [5]. Також було взято до уваги середовища тренування моделей машинного навчання, які використовувались в інших дослідженнях, наприклад CARLA [6] і SUMO [7]. Два дослідження присвячені проблемі керування світлофорами для оптимізації руху транспорту через сигналізоване перехрестя, а решта 12 розглядають різні методи керування автономними транспортними засобами в симульованих середовищах.

Головними недоліками існуючих середовищ симуляції транспорту виявились можливість проводити велику кількість симуляцій з обмеженими ресурсами для тренування багатьох моделей, можливість керування параметрами симуляцій та створення конкретних критеріїв оцінки алгоритмів. Тому розроблене власне середовище для тренування моделей машинного навчання та їх порівняння. Основними недоліками існуючих алгоритмів є складність адаптації алгоритму до більш складних умов, тобто відсутність можливості узагальнення вміння керування автомобілями в сценаріях, які не були враховані в симуляції.

Мета роботи полягає в побудові методу оптимізації руху дорожнього транспорту на перехресті з допомогою навчання з підкріпленням. Досягнення цієї мети здійснене шляхом розв'язання певних теоретичних і прикладних проблем, а саме: дослідження існуючих алгоритмів машинного навчання для керування транспортними засобами, програмна

реалізація середовища симуляції дорожнього руху, розробка алгоритмів, які спроможні оптимізувати дорожній рух у середовищі та порівняння розроблених алгоритмів.

Основна частина. Перш за все, наведемо короткий опис розробленого середовища тренування моделей і методику порівняння алгоритмів. Середовище дає змогу тренувати алгоритми на різних сценаріях дорожнього руху, від спрощених до складніших, що дозволяє оцінити вміння моделей узагальнювати навчені можливості. Це допомагає зрозуміти, як вони працюватимуть в реальному світі. Оцінки роботи таких алгоритмів здійснені за допомогою різних метрик, наприклад AQL (Average Queue Length, середня довжина черги) і AWT (Average Waiting Time, середній час очікування). Середовище дозволяє тренувати два типи моделей машинного навчання: ті, що керують транспортом, і ті, що керують світлофорами.

Для керування транспортом модель отримує вхідні дані, що містять координати автомобіля на перехресті, відстань до інших автомобілів, їх кількість і фаз світлофорів на даний час. Функція винагороди для моделей, що керують автомобілями, враховує відстань автомобіля до цілі, тобто до сторони перехрестя, до якої авто прямує, а також будь-які порушення правил дорожнього руху: перетин перехрестя при червоному світлі, перетин меж доріг, перетин зустрічної смуги, довга зупинка при зеленому світлі, тощо. Простір дій керування авто є дискретним, воно складається з чотирьох можливих дій: прискорення, гальмування, поворот руля вліво і вправо. Окрім керування авто, розглядаються також алгоритми, які керують світлофорами на перехресті. У таких сценаріях, рух автомобілів зафіксовано, як і раніше, але жоден з них не керується агентом. Керування світлофорами реалізується одним із двох способів: керування з дискретним простором дій, де алгоритм обирає один із можливих фаз світлофора кожні 1000 кроків симуляції, і керування з неперервним простором дій, де модель обирає довжину наступної фази світлофора.

Табл. 1. Результати тренування DQN і PPO на найскладнішому сценарії руху транспорту

Алгоритм	LR	Ентропія	Найкраща винагорода	Кроки до найкращої винагороди
DQN	0.01	-	$2.67 * 10^4$	797,000
DQN	0.001	-	$3.56 * 10^4$	2,150,000
DQN	1.0 (спад.)	-	$3.54 * 10^4$	2,440,000
DQN	0.1 (спад.)	-	$5.22 * 10^4$	2,280,000
PPO	0.0003	0.1	$1.64 * 10^4$	30,000
PPO	0.0003	0.01	$2.64 * 10^4$	770,000
PPO	0.0003	0.001	$3.95 * 10^4$	2,700,000
PPO	0.0003	0.0001	$1.86 * 10^4$	1,380,000

Під час дослідження було використано різні методи безмодельного навчання з підкріпленням. Серед них алгоритми DQN (Deep Q Network, глибинна Q-мережа) і PPO (Proximal Policy Optimization) [8]. Експерименти керування авто проведено на трьох сценаріях руху автомобілів на перехресті: від простіших, де немає іншого транспорту, до ускладнених, де є транспорт, який рухається з усіх напрямків перехрестя. У табл. 1 наведено значення функції винагороди тренування алгоритмів DQN і PPO на найскладнішому сценарії. Ці експерименти проведені з різними значеннями гіперпараметрів LR (Learning Rate, темп навчання) і коефіцієнту ентропії. PPO показав найкращі результати. Більше того,

рис. 1 показує, що алгоритми не збігаються плавно до оптимального значення винагороди, а коливаються, що свідчить про проблему катастрофічного забування або катастрофічної інтерференції в процесі навчання з підкріпленням. Незважаючи на це, завдяки збереженні ваг моделей після кожних 10 тисяч ітерацій тренування, можливо було отримати натреновані приклади моделей, які змогли показати вміння проїжджати через перехрестя і повертати в потрібному напрямку, уникаючи зіткнень і не порушуючи правила дорожнього руху. Моделі PPO також показали кращі метрики AWT і AQL при валідації на розробленому симуляторі.

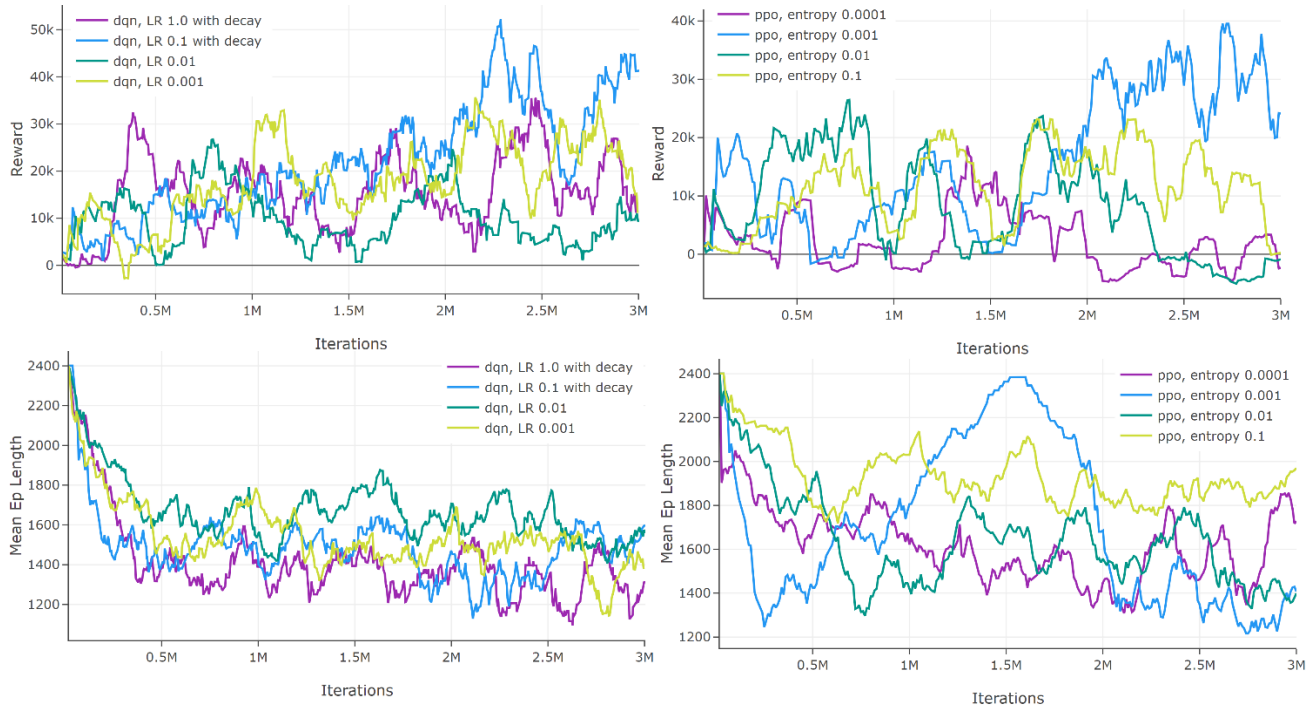


Рис. 1. Функція винагороди (зверху) і середня довжина епізоду тренування (знизу) моделей DQN (зліва) і PPO (справа) на складному сценарії дорожнього руху

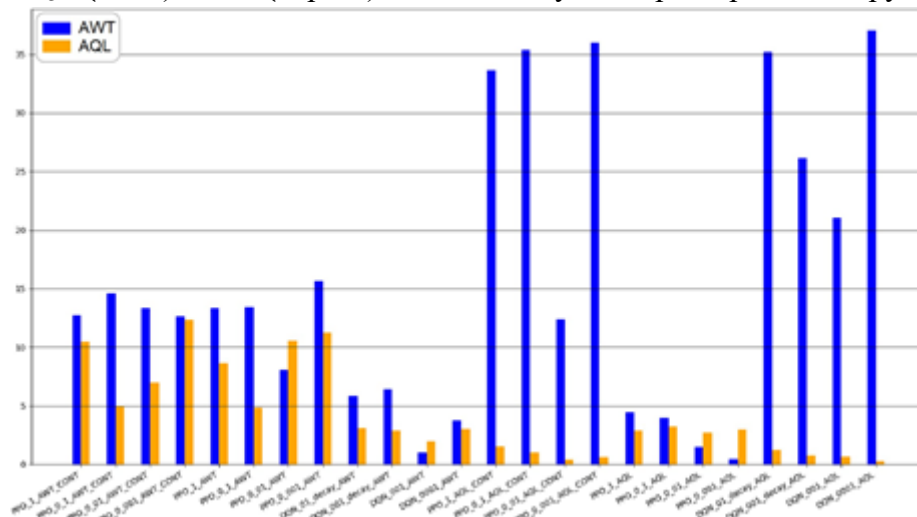


Рис. 2. Метрики AWT та AQL для алгоритмів, які були натреновані з функціями винагород

Серед моделей керування світлофорами було виявлено, що критерій, за яким обчислювалася функція винагород, вплинув на відповідні метрики моделей під час валідації. Рис. 2 показує, що метрика AWT є помітно меншою (кращою) для алгоритмів, у яких функція винагород залежала від неї, а для алгоритмів, де винагорода залежала від метрики AQL, ця метрика відповідно є мінімізованою.

Висновки. Під час дослідження проведено аналіз сучасної літератури на тему керування автономними транспортними засобами і світлофорами на дорогах. Виявлено, що основними недоліками існуючих підходів є складність адаптації моделей до реальних ситуацій і мала кількість чітких метрик для порівняння моделей між собою. Розроблене середовище дозволяє порівнювати роботу агентів машинного навчання з підкріпленням на різних сценаріях дорожнього руху, від спрощених до більш складних, і надає метрики AQL і AWT для їх оцінки. Виявлено, що алгоритми PPO з неперервним простором дій дають кращі результати тренування, які менше страждають від проблеми катастрофічного забування, особливо з малим значенням гіперпараметру коефіцієнту ентропії (0.001-0.0001). Серед алгоритмів DQN ті, які мали високе початкове значення гіперпараметру темпу навчання (1.0-0.1), яке лінійно спадає до нуля впродовж тренування, отримали кращі результати порівняно з алгоритмами DQN зі статичним гіперпараметром темпу навчання на сценаріях водіння автомобіля. Показано позитивну кореляцію між вибором метрики для функції винагород і валідаційними метриками результатів керування світлофорами AWT і AQL.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Tran, Q.-D., & Bae, S.-H. (2021). An Efficiency Enhancing Methodology for Multiple Autonomous Vehicles in an Urban Network Adopting Deep Reinforcement Learning. *Applied Sciences*, 11(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/app11041514>
- [2] Ahmed, S. K., Mohammed, M. G., Abdulqadir, S. O., El-Kader, R. G. A., El-Shall, N. A., Chandran, D., Rehman, M. E. U., & Dhama, K. (2023). Road traffic accidental injuries and deaths: A neglected global health issue. *Health Science Reports*, 6(5), e1240. <https://doi.org/10.1002/hsr2.1240>
- [3] Kothari, P., Perone, C., Bergamini, L., Alahi, A., & Ondruska, P. (2021). *DriverGym: Democratizing Reinforcement Learning for Autonomous Driving* (arXiv:2111.06889). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2111.06889>
- [4] Nonnengart, A., Klusch, M., & Müller, C. (2020, Листопад 24). *CriSGen: Constraint-based Generation of Critical Scenarios for Autonomous Vehicles*.
- [5] Bacchiani, G., Molinari, D., & Patander, M. (2019). *Microscopic Traffic Simulation by Cooperative Multi-agent Deep Reinforcement Learning* (arXiv:1903.01365). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1903.01365>
- [6] Gutiérrez-Moreno, R., Barea, R., López-Guillén, E., Araluce, J., & Bergasa, L. M. (2022). Reinforcement Learning-Based Autonomous Driving at Intersections in CARLA Simulator. *Sensors*, 22(21), Article 21. <https://doi.org/10.3390/s22218373>
- [7] 'Eclipse SUMO – Simulation of Urban Mobility' / <https://eclipse.dev/sumo/>. (б. д.). Eclipse SUMO - Simulation of Urban MObility. Вилучено 02, Листопад 2023, із <https://www.eclipse.dev/sumo/>
- [8] Schulman, J., Wolski, F., Dhariwal, P., Radford, A., & Klimov, O. (2017). *Proximal Policy Optimization Algorithms* (arXiv:1707.06347). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1707.06347>

Yaroslav Mokryk, Nataliya Boyko

Optimizing Traffic at Intersections with Deep Reinforcement Learning

Abstract. The work is dedicated to developing a traffic simulation environment and comparing deep reinforcement learning algorithms for the purpose of controlling autonomous vehicles and traffic lights at a simulated intersection. The results of the research include the metrics of the studied algorithms (DQN, PPO) and their comparison with certain modified algorithms in different traffic scenarios.

Keywords: Machine learning; Deep reinforcement learning; Q-learning; Autonomous vehicles; Traffic light control.

УДК 004.41

ВИКОРИСТАННЯ PYTHON ДЛЯ ПОБУДОВИ РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМ У СЕРЕДОВИЩІ КОНТЕЙНЕРИЗАЦІЇ

Дубан Р. М., к.т.н.

Харківський технологічний університет «ШАГ»

Україна, Харків

duban_r@itstep.academy

Анотація. У статті досліджено можливості використання Python для побудови розподілених систем у середовищі контейнеризації, зокрема з використанням асинхронного програмування та підходу Domain-Driven Design. Основні теоретичні результати демонструють ефективність Python у побудові мікро-сервісних архітектур, орієнтованих на високу продуктивність і масштабованість. Практичні експерименти підтверджують надійність інтеграції Python із контейнерами Docker та оркестраційними платформами на зразок Kubernetes.

Ключові слова: розподілені системи; контейнеризація; асинхронне програмування; мікро-сервіси.

Вступна частина. Сучасні інформаційні системи вимагають високої масштабованості, надійності та ефективності у використанні ресурсів. Розподілені системи стали основним підходом для вирішення цих завдань, оскільки вони дозволяють організовувати роботу різних компонентів, що працюють незалежно один від одного. Однак, ізолюваність та забезпечення продуктивної комунікації між компонентами є викликами для багатьох мов програмування та підходів. Контейнеризація (Docker, Kubernetes) дозволяє ізолювати кожен компонент системи, забезпечуючи гнучкість у їх розгортанні та масштабуванні.

Python став популярним інструментом для розробки таких систем через свою гнучкість, простоту у використанні та широку екосистему бібліотек. Проте, деякі підходи для асинхронної обробки запитів можуть мати обмеження щодо продуктивності та відмовостійкості, особливо у системах з великим навантаженням. Недавні дослідження показали, що ефективність можна підвищити за рахунок використання асинхронного програмування та Domain-Driven Design (DDD) для створення мікро-сервісної архітектури веб-сервісів (Seth, 2024).

Метою дослідження є дослідження переваг використання Python для побудови розподілених систем у середовищі контейнеризації з акцентом на асинхронне програмування, архітектуру DDD та мета-програмування.

Основна частина. Асинхронне програмування є ключовим інструментом для побудови розподілених систем, що потребують обробки великої кількості запитів одночасно. Python надає бібліотеки, такі як `asyncio` та `aiohttp`, що дозволяють виконувати операції паралельно без блокування основного потоку. Це забезпечує ефективність і зменшує час очікування під час обробки великих обсягів даних. Наприклад, асинхронний веб-сервіс, створений за допомогою бібліотеки `aiohttp`, здатний одночасно обробляти тисячі запитів (Hattingh, 2020).

DDD допомагає структурувати програмне забезпечення на основі предметної області. Кожен мікро-сервіс відповідає за конкретну частину системи, що забезпечує незалежність під час розробки та масштабування. Використання фреймворків, таких як FastAPI та Flask, дозволяє впроваджувати архітектуру DDD у Python з підтримкою REST API для комунікації

між мікро-сервісами. Це підвищує структурованість коду та полегшує рефакторинг (Zhong et al., 2024).

Контейнеризація стала основою для розгортання розподілених систем, дозволяючи ізолювати кожен сервіс у своєму середовищі. Використання Docker спрощує розгортання та забезпечує стабільність додатків у різних середовищах. Оркестраційні платформи, як Kubernetes, автоматизують розподіл навантаження, управління репліками та відновлення сервісів. Python добре інтегрується з Docker, що дозволяє легко керувати контейнеризованими додатками (Ayyagiri et al., 2024).

Python підтримує мета-програмування, що дозволяє динамічно створювати та модифікувати код під час виконання. Це особливо корисно для розподілених систем, де компоненти можуть змінювати свою поведінку залежно від даних або конфігурацій. За допомогою рефлексії Python дозволяє маніпулювати об'єктами та їх атрибутами у процесі виконання, що підвищує адаптивність системи (Stavytskyi & Voitko, 2022).

У ході експериментів було протестовано декілька варіантів розгортання Python-сервісів у середовищі контейнеризації з використанням Docker і Kubernetes. Асинхронне програмування з використанням бібліотеки *asyncio* та фреймворку *FastAPI* дозволило досягти значного зниження затримок під час обробки запитів, що підтверджувалося метриками часу відповіді та кількістю одночасно оброблюваних запитів. Система підтримувала роботу із сотнями одночасних запитів без суттєвого впливу на продуктивність. Впровадження мікро-сервісної архітектури DDD дозволило легко модифікувати окремі сервіси без впливу на загальну систему, що сприяло гнучкості та масштабованості. Успішна інтеграція з контейнеризаційними рішеннями дозволила розгортати сервіси швидко й без конфліктів, а оркестрація за допомогою Kubernetes забезпечила автоматичне масштабування та стійкість до відмов.

Висновки. У результаті дослідження було показано, що Python є ефективним інструментом для побудови розподілених систем у середовищі контейнеризації. Використання асинхронного програмування підвищує продуктивність систем, а архітектура DDD дозволяє організувати мікро-сервіси таким чином, щоб забезпечити гнучкість та масштабованість. Контейнеризація і оркестрація спрощують управління системою та підвищують її надійність. Мета-програмування та рефлексія дозволяють динамічно адаптувати поведінку системи, роблячи її більш гнучкою та адаптивною до змін.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Seth, D. (2024). A Domain-Driven Design Approach for Micro-Services using Web Services. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 13(6), 784–790. <https://doi.org/10.21275/sr24610053316>
- [2] Hattingh, C. (2020). *Using Asyncio in Python: Understanding Python's Asynchronous Programming Features*. O'Reilly Media, Inc.
- [3] Zhong, C., Li, S., Huang, H., Liu, X., Chen, Z., Zhang, Y., & Zhang, H. (2024). Domain-Driven Design for Microservices: An Evidence-Based Investigation. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 50(6), 1425–1449. <https://doi.org/10.1109/tse.2024.3385835>
- [4] Ayyagiri, N. A., Jain, N. D. A., & Goel, N. O. (2024). Utilizing Python for Scalable Data Processing in Cloud Environments. *Darpan International Research Analysis*, 12(2), 183–198. <https://doi.org/10.36676/dira.v12.i2.78>
- [5] Stavytskyi, P., & Voitko, V. (2022). METHOD OF THE DECLARATIVE METAPROGRAMMING BASED ON DOMAIN-SPECIFIC PROGRAMMING LANGUAGES. *Herald of Khmelnytskyi National University Technical Sciences*, 311(4), 249–255. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2022-311-4-249-255>

Duban R. M.

Using Python for Building Distributed Systems in a Containerized Environment

Abstract. *This paper explores the potential of using Python for building distributed systems in a containerized environment, particularly through the use of asynchronous programming and the Domain-Driven Design approach. Theoretical findings demonstrate Python's effectiveness in developing microservice architectures focused on high performance and scalability. Practical experiments confirm the reliability of Python's integration with Docker containers and orchestration platforms such as Kubernetes.*

Keywords: *distributed systems; containerization; asynchronous programming; microservices.*

УДК 004.415:004.5

ПРОЕКТУВАННЯ АРХІТЕКТУРИ УПРАВЛІННЯ ДЖЕРЕЛАМИ ДАНИХ В ГІБРИДНОМУ ПРОГРАМНОМУ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ

Олійник Р.В., к.т.н., доц.

Львівський торговельно-економічний університет

Україна, Львів

oliynykroma@gmail.com

Анотація. Розглянуто задачу проектування архітектури гібридного програмного забезпечення з метою створення гнучкого середовища доступу до даних з використанням сучасних шаблонів програмування. Розроблено структуру ядра гібридного програмного забезпечення з застосуванням структурних та утворюючих шаблонів проектування, що дозволило спростити доступ до локальних або мережесевих постачальників даних відповідно до вимог бізнес-логіки.

Ключові слова: гібридне програмне забезпечення; шаблон проектування; архітектура програмного засобу.

Вступна частина. Сьогодні все більше користувачів використовують гібридні програмні продукти у повсякденному використанні. У свою чергу, гібридними програмними засобами вважаються програмні засоби, які в процесі створення використовують прикладні програмні інтерфейси для доступу до платформенно-залежних бібліотек та компілюються у спеціалізоване для певної платформи програмне рішення в автоматичному режимі з використанням, наприклад, таких фреймворків як Ionic + Capacitor + Angular. Джерелами даних для таких рішень є віддалений доступ до сервера з використанням REST, GraphQL, або платформенно-залежні локальні сховища даних, такі як, SQLite, Indexed DB тощо.

Дослідження, що проводяться в галузі проектування архітектури програмних комплексів, в більшості сфокусовані на проектуванні структури локально- або мережево-орієнтованого програмного забезпечення, зокрема, досліджується доцільність використання мікро-сервісної, сервіс-орієнтованої або монолітної архітектури [1]. Також зустрічаються дослідження структурних і архітектурних шаблонів проектування. Наприклад, Альшаммарі Р. [2] зауважив, що використання добре документованих та загальноприйнятих шаблонів позитивно впливає на якість коду. Проте, в дослідженні Редді С. наголошується, що, в окремих випадках, змішування загальноприйнятих шаблонів може ускладнювати бізнес-логіку. Варто зауважити, що сьогодні бізнес-аналітики все активніше приймають участь у проектуванні архітектури програмного продукту, що, у свою чергу, дає змогу якісно поєднувати архітектуру та шаблони проектування в єдине ціле з метою створення добре документованого масштабованого продукту [5], базуючись на загально прийнятих підходах проектування. Проте, як показав проведений аналіз джерел, більшість напрямків досліджень сфокусовано на розробці або локально орієнтованих програмних комплексів, або мережесевих продуктів без врахування переваг використання гібридних систем. Тому задача проектування архітектури управління потоками даних у гібридних програмних засобах з використанням сучасних шаблонів проектування з метою забезпечення гнучкого доступу до джерел даних є своєчасною та актуальною.

Основна частина. Будь-який програмний продукт, зокрема, гібридне програмне забезпечення, щоб вважатись якісно спроектованим відповідно до вимог бізнес-логіки, повинно забезпечувати сумісність, масштабованість та відповідати вимогам тестування [1, 5].

Гібридне програмне забезпечення, в залежності від завдань, може містити в собі як реалізацію серверної частини для роботи з даними на стороні клієнта, так і комунікацію з веб сервером з використанням REST, тому доцільно при проектуванні архітектури такого програмного засобу зосередитись на проектуванні структури, у якій реалізація логіки створення класів, які управляють потоками даних, такими як операції CRUD, обробкою помилок, тощо, буде прихованою, а сам клас буде створено відповідно до вимог бізнес-логіки на вимогу, отже комунікація повинна проводитись за допомогою методів, які описані в Data Access Object (DAO) інтерфейсі.

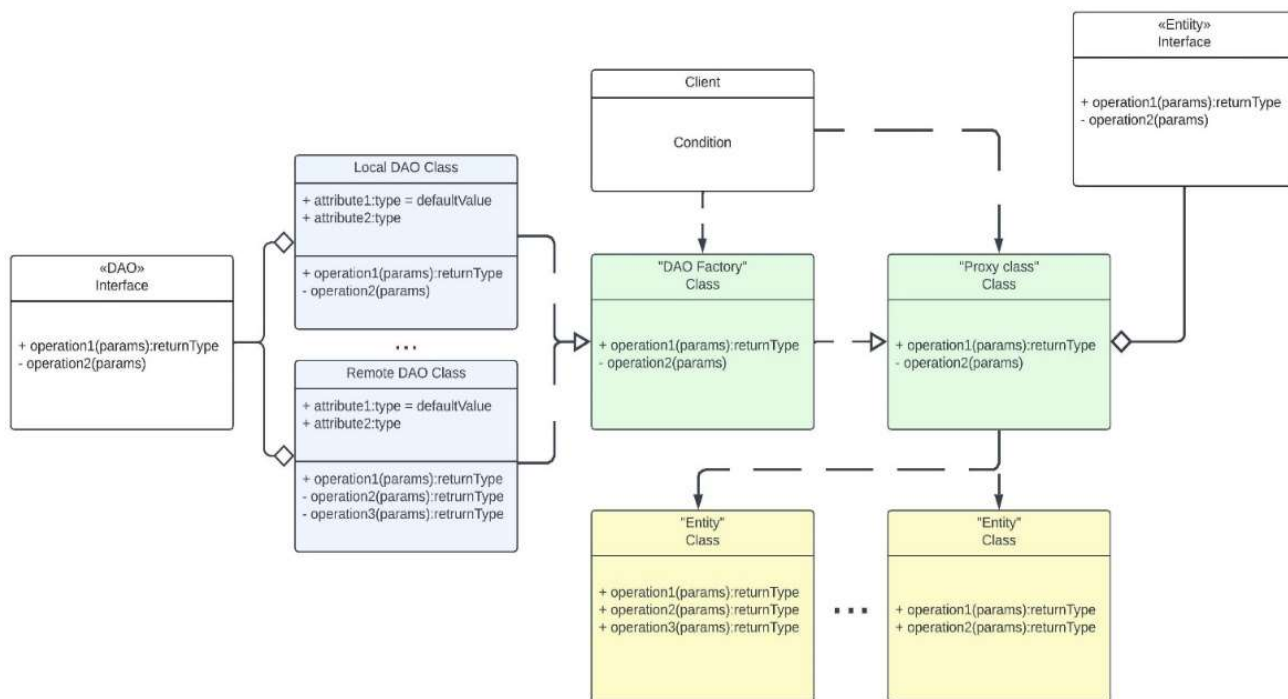


рис. 1. Діаграма взаємозв'язків між компонентами гібридної архітектури

Як відомо, задача створення об'єктів на вимогу належать до шаблонів створення (Creational Patterns) [3]. Такі шаблони дозволяють абстрагувати створення екземплярів класів, приховуючи складні логічні процеси створення за простим інтерфейсом доступу до даних. Цей підхід можна вважати особливо корисним у гібридних системах, де об'єкти або класи можуть мати різну реалізацію залежно від платформи, конфігурації, offline-, online- first підходів або інших факторів [3]. В більш загальному випадку зміна бізнес логіки з offline first до Online зводиться до використання одних і тих самих методів взаємодії контролера і моделі даних. Тому для забезпечення проектованої гнучкості зміни логіки роботи з даними доцільно використати шаблон проектування фабрика (Factory) [4]. Цей шаблон за допомогою правильно спроектованого інтерфейсу доступу до даних Data Access Object Interface (DAO Interface), задовольнятиме потреби доступу як offline first, так і Online реалізації гібридної програми [4]. У свою чергу, класи повинні імплементувати цей інтерфейс для коректної роботи з локальними (LocalDAO) так і віддаленими даними (RemoteDao) (рис .1). Фабрика класів генеруватиме той, чи іншого клас відповідно до вимог користувача або бізнес-логіки в будь-який момент життєвого циклу або на етапі ініціалізації програмного продукту.

Класи, які реалізують DAO Interface, відповідають лише за реалізацію набору методів описаних в інтерфейсі, тому потрібна додаткова маніпуляція з даними. Проте проектована

структура у чистому вигляді є такою, що обмежує гнучкість архітектури через інтерфейс, який регламентує певний набір методів. Подальше дослідження показало, що для усунення цього недоліку можна шаблон Factory спробувати замінити на шаблон Builder, який конструюватиме клас «на вимогу» з використанням додаткових параметрів, але реалізація такого підходу у системі, що використовує різні середовища для роботи з даними, може бути ускладненою, адже проєктована архітектура повинна являти собою «генератор» типових класів, що реалізують лише DAO Interface з різною реалізацією методів, але самі виклики мають мати можливість бути перехопленими для подальших маніпуляцій. Таким чином, доцільно спроектувати роботу з DAO шляхом введення в розроблювану архітектуру певного класу заступника (Proху), що контролюватиме доступ до DAO об'єкта. Введення такого класу дозволяє вести роботу з класами, що реалізують DAO Interface через додатковий проміжний шар, а саме Proху клас, що також реалізовуватиме DAO Interface, але, окрім того, дозволить маніпуляції перед викликами сконструюваних фабрикою методів. (рис. 1). Proху може імплементувати певний Entity інтерфейс, який реалізовуватиме специфічну поведінку, яка, в свою чергу, делегуватиме завдання або перехоплюватиме всі виклики до оригінального об'єкта, дозволяючи виконувати додаткові маніпуляції з даними, а оригінальні класи залишатимуться чистими і міститимуть лише реалізацію описаних в DAO інтерфейсі методів.

Висновки. Таким чином, поєднання створюючих та структурних шаблонів проєктування при проєктуванні архітектури управління даних у гібридному програмному забезпеченні здатне якісно вплинути як на масштабованість, підтримку продукту, так і зменшити час відлагодження програмного продукту в цілому, оскільки проєктована структура міститиме чіткі зони відповідальності при роботі з даними. Окрім того, поєднання шаблонів проєктування Factory та Proху дозволяє уникнути використання більш складної організації програмного коду, що, у свою чергу, дозволяє вести розробку сучасних програмних систем, які можуть реалізовувати в собі різну логіку поведінки в залежності від платформи чи офлайн або онлайн сховищ даних.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Морозов, А., Вакалюк, Т., Кубрак, Ю., Зосімович, Д. (2022). Аналіз факторів впливу на архітектури програмних систем. *Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security*, 1, 44–52. <https://doi.org/10.32782/IT/2022-1-76>
- [2] Альшаммарі, Р., Хаммад, М. (2019). Ефективність шаблонів проєктування в об'єктно-орієнтованій програмній інженерії: систематичний огляд літератури. *Журнал систем і програмного забезпечення*, 151.
- [3] Соні, Д., Нахар, В. (2015). Оглядова стаття про шаблони проєктування. *Міжнародний журнал інженерних досліджень і технологій*, 4(02), 935-938.
- [4] Factory Method. (n.d.). <https://refactoring.guru/design-patterns/factory-method>.
- [5] Гобов, Д. А., Шевченко, Н. Ю. (2024). Визначення архітектури вимог до ІТ-рішення як бізнес-аналітичного продукту. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*, 1(27), 26-38. <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2024.27.026>.

Oliinyk R.V.

Designing Architecture for Data Source Management in Hybrid Software

Abstract. The task of designing the architecture of hybrid software has been considered with the aim of creating a flexible data access environment using modern programming patterns. The structure of the core of the hybrid software has been developed using structural and creational design patterns, which has simplified access to local or network data providers in accordance with the requirements of business logic.

Keywords: Hybrid software; design pattern; software architecture; interface

УДК 004.94:355

ОСНОВНІ ПІДХОДИ ЩОДО РОЗВИТКУ СИСТЕМ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ У ЗБРОЙНИХ СИЛАХ УКРАЇНИ

Крайнов В.О., к.т.н. доцент;¹ Мельник Я.В.²^{1,2} Національний університет оборони України^{1,2} Україна, Київ¹0000-0002-7314-2056; ²0000-0002-2919-9119

Анотація. Під час дослідження розроблені деякі підходи розвитку та впровадження систем комп'ютерного моделювання (СКМ), які повинні забезпечувати застосування комп'ютерних технологій навчання особового складу органів військового управління. Використання СКМ забезпечить можливість поліпшити бойову готовність військ (сил), вдосконалити технологічний потенціал ЗС України та сприятиме створенню єдиної досконалої технологічної інфраструктури для підготовки органів військового управління ЗС України.

Ключові слова: органи військового управління; система моделювання бойових дій; комп'ютерні технології навчання; система комп'ютерного моделювання; комп'ютерна форма навчання; засоби спеціального математичного и програмного забезпечення.

Вступ

Проблема подальшого розвитку та ширшого впровадження інформаційних технологій, засобів автоматизації, програмно-технічних (програмних) комплексів, систем комп'ютерного моделювання (СКМ) у процес навчання органів військового управління (ОВУ) вимагає коригування сформованих поглядів на організацію та проведення заходів бойової та оперативної підготовки, необхідності скорочення військового бюджету. У зв'язку з цим було вирішено активно розвивати та впроваджувати у війська технології імітаційного моделювання (ІМ). У ряді робіт [1-3, 5,6, 8,9] розглядається можливість використання ІМ: при відпрацюванні навчально-тренувальних завдань з вогневої підготовки, у командно-штабних та комплексних тренуваннях щодо підтримки бойової готовності, дій сил спільних операцій; сценарії цивільної оборони у надзвичайних ситуаціях (ГО НС); під час навчання пілотуванню, логістиці, тактичній підготовці; в системах управління та ін. Але зміст даних публікацій не враховує в повній мірі специфіку основних форм підготовки ОВУ: командно-штабні та військові навчання, військові ігри, штабні тренування, а також збори та конференції керівного складу [10 -13], а наведений науково-методичний апарат не дозволяє визначити порядок доцільної реалізації потенціалу засобів ІМ як інформаційно-комунікаційної технології в питаннях формування необхідних навичок на достатньому рівні, удосконалення методів роботи штабів, уміння вироблення єдиних підходів до організації управління угрупованнями військ (сил), відпрацювання питань взаємодії ОВУ по вертикалі та горизонталі, необхідності дослідження нових форм та способів застосування збройних сил у конфліктах різного характеру та масштабу. На цей час розгляд питань можливості використання поряд із засобами імітації передових інформаційних технологій, програмно-технічних комплексів та комп'ютерних форм навчання (КФО) тільки розпочинаються [10-12].

Метою дослідження є визначення можливих підходів щодо розвитку систем комп'ютерного моделювання у Збройних силах України та їх широкого впровадження у процес оперативної підготовки ОВУ на основі нових комп'ютерних форм навчання.

Основна частина

Ефективне функціонування системи управління військами (силами) в сучасних умовах може бути досягнуто лише за досить високого рівня підготовки посадових осіб та широкого впровадження інформаційних технологій, засобів та комплексів зв'язку та автоматизації в роботу ОВУ. В умовах оптимізації витрат на військову сферу підвищити якість навчання військових фахівців та знизити витрати на їх підготовку можливо за рахунок комплексної автоматизації найбільш трудомістких функцій органів управління; застосування на АРМ посадових осіб інформаційно-розрахункових задач (ІРЗ), засобів відображення та моделювання бойової обстановки, прогнозування ходу та результату операцій (бойових дій), підтримки прийнятих рішень та оцінки їх реалізованості в системах управління різних ланок; комплексного використання ЕОМ, апаратно-програмних засобів та інших компонентів сучасних інформаційних технологій. Одним із пріоритетних підходів щодо підвищення якості підготовки військових фахівців є впровадження СКМ, які дозволять у масштабах реального часу здійснювати об'єктивний прогноз розвитку обстановки відповідно до рішень протиборчих сторін, враховувати значно більшу кількість факторів, що впливають на хід і результат операцій (бойових дій), порівняно з методами абстрактно-логічного прогнозування, що застосовуються в ОВУ. Виконані в центрі імітаційного моделювання НУОУ дослідження [8,11-14], підсумки проведених КШУ оперативно-стратегічного рівня свідчать, що головним показником, що характеризує ефективність розвитку та впровадження КФО, є досягнута ступінь віртуального відображення (деталізації) реальних процесів збройного протистояння сторін, забезпечення інформаційних потреб посадових осіб та автоматизації розрахунково-аналітичних функцій тих, хто навчає та тих, кого навчають. Застосування СКМ дозволить посадовим особам ОВУ, які навчаються, відповідно до послідовності та змісту своєї роботи, усвідомлювати завдання, оцінювати обстановку та приймати рішення на основі проведення багатоваріантних розрахунків та моделювання операцій (бойових дій), застосовуючи різноманітні засоби спеціального математичного та програмного забезпечення (СМПО). Розробка СМПО різними підприємствами промисловості, науково-дослідними організаціями та військово-навчальними закладами Міністерства оборони України повинна здійснюватися за умови відповідної координації з боку ОВУ та замовників програмної продукції. Це дозволить впроваджувати в автоматизовані інформаційні системи (АІС), які розробляються, єдині за ідеологією побудови та узгоджуються один з одним за вхідними та вихідними даними, алгоритмами проведення розрахунків та практичного застосування засобів СМПО, що відповідають стандартам НАТО. При цьому покладений в їхню основу методичний апарат повинен враховувати науково-практичні розробки, які апробовані у штабах при організації та проведенні КШУ, військових ігор, а також досвід ведення бойових дій. Ппрограми засоби, які розробляються на користь створення ситуаційних центрів, центрів навчання оперативного складу ОВУ та забезпечення заходів оперативної підготовки, повинні вестись у суворій відповідності до сформованої та реалізованої концепції розвитку ЄАСУ ЗС України. Це дозволить забезпечити навчання, реальну бойову роботу та повсякденну діяльність ОВУ на розроблених програмних засобах та подальше їх спільне застосування. Математичні моделі та ІРЗ, які розробляються підприємствами промисловості, перед включенням їх до складу програмного забезпечення АСУ військами (силами) та інших АІС, повинні піддаватися експертизі їх якості (у тому числі атестації та сертифікації) та апробації під час проведення КШУ та військових ігор. Засоби СМПО (задачі, моделі, розрахунково-моделюючі комплекси), що розробляються та наявні в даний час, повинні забезпечувати інформаційні потреби посадових осіб, а також ступінь автоматизації розрахунково-аналітичної діяльності апарату

(штабу) керівництва, яка потрібна у процесі розробки та проведення штабних тренувань, КШУ та військових ігор. Аналогічно має вирішуватися задача і з підтримкою ОВУ, що навчаються, при прийнятті ними рішень і плануванні операцій (бойових дій), а також при безпосередньому управлінні військами (силами). Особливу увагу необхідно приділити зниженню витрат на розвиток та впровадження СКМ. Це можна досягти шляхом укрупнення об'єктів, що моделюються, і елементів обстановки за рахунок підвищення рівня їх узагальнення (оскільки при цьому значно знижується вартість розробки СМПО, що має найбільшу питому вагу).

Таким чином, розглядаючи перспективи подальшого розвитку СКМ та КФО, можна зробити висновок, що формування знань, умінь та навичок, необхідних посадовим особам для виконання професійно-посадових функцій, сьогодні вже немислимо без використання комп'ютерних інформаційних технологій. Їх створення та впровадження у практику бойової та оперативної підготовки має розглядатися як один із найважливіших та актуальних напрямів підвищення ефективності процесу навчання ОВУ.

Висновки

З метою відповідності вимогам, що висуваються до бойової та оперативної підготовки ОВУ Сил Оборони держави, необхідно забезпечити застосування в процесі навчання сучасних систем моделювання операцій (бойових дій), які дозволяють командирам і штабам відпрацьовувати навчальні завдання із залученням мінімально необхідної кількості особового складу, техніки та коштів, формування якісно нового інформаційно-моделюючого середовища ЗС України, істотно змінить та вдосконалив форми та способи навчання посадових осіб відповідно до стандартів НАТО, а також підвищить рівень злагодженості ОВУ, насамперед стратегічної та оперативно-стратегічної ланок, порівняно з існуючими можливостями використання традиційних форм оперативної підготовки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Казмірчук, Р.В. (2012). *Обґрунтування пропозицій щодо впровадження в процес бойової підготовки форм і методів навчання, заснованих на використанні сучасних систем імітаційного моделювання*, Львів: НДР, АСВ, № держ. реєстрації 0112U007006
- [2] Соколовський, С.М. (2013). *Підвищення ефективності проведення навчання за рахунок впровадження в навчальний процес засобів імітаційного моделювання*, Львів: НДР, АСВ, № держ. реєстрації 0101U001560,.
- [3] Систук, В.А., Богачевський, А.А., Шумський, В.Ю. (2016). *Можливості використання програми імітаційного моделювання PTV VISSIM для підготовки спеціалістів за напрямками «Транспортні технології» і «Автомобільний транспорт»*. Інформаційні технології і засоби навчання. Київ: Теорія, методика і практика використання ІКТ в освіті, том. 52. № 2.
- [4] Руснак І.С., Шевченко, В.Л., Артемов, Ю.І. (2002). *Методологічні засади створення інтегрованої навчально-тренувальної системи оперативної та бойової підготовки військ*. Київ: НУОУ, Наука і оборона, № 2.
- [5] Гавалко, В.І., Маслюк, Л.А., Крайнов, В.О., Пащенко, Т.П. (2005). *Основи моделювання бойових дій військ*. Київ: НУОУ.
- [6] Пермьков, О.Ю. (2006). *Шляхи інтегрування імітаційного моделювання у процес оперативної і бойової підготовки Збройних Сил України*. Київ: НАОУ. Тези доповіді на кафедрі інформатизації штабів.
- [7] Резяпов, Н.В. (2007) *Развитие систем компьютерного моделирования в вооруженных силах США*. Київ: Зарубежное военное обозрение. № 6.
- [8] Бобильов, В.Є., Загородніх, В.В., Заїка, Л.А., Зінченко, Ю.М., Коба, А.Б., Кононенко, С.М., Крисанова, С.В., Мельник, Я.В., Михайлик, І.В., Найдьонова, І.А., Рома, О.М., Чопа, Д.А. (2011). *Методика підготовки і проведення командно-штабних навчань за допомогою*

комп'ютерів з використанням технологій імітаційного моделювання. Київ: Методичний посібник.

[9] Пермяков, О.Ю. *Імітаційне моделювання у практиці підготовки військ*. (2015). Київ: НУОУ ім. Івана Черняхівського.

[10]. Микусь, С.А., Солонніков, В.Г., Крайнов, В.О., Пащенко, Т.П. (2019). *Застосування сучасних інформаційних технологій у науковій діяльності*. Київ: НУОУ ім. І. Черняхівського.

[11] Заїка, Л.А. Крайнов, В.О., Лаврінчук, О.В. (2020). *Реалізація методу комп'ютерної ділової гри з використанням засобів імітаційного моделювання бойових дій*. Київ: НУОУ. Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони № 3(39).

[12] Крайнов, В.О., Солонніков, В.Г., Лаврінчук, О.В. (2021). *Застосування інформаційних технологій та інновацій у воєнній сфері*. Київ: НУОУ імені Івана Черняхівського.

[13] Заїка, Л. А. Крайнов, В.О., Лаврінчук, О.В. (2021). *Використання можливостей засобів імітаційного моделювання бойових дій у ході практичної підготовки органів військового управління*. Київ: НУОУ. Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони № 3(42).

[14] Крайнов, В.О. (2023). *Удосконалення інформаційної підтримки процесів управління військами (силами) на основі створення єдиного інформаційного простору*. Київ: НУОУ. Труді університету № 8(183).

Valery KRAINOV, Yaroslav MELNYK

Main approaches to the development of computer Simulation systems in the Armed Forces of Ukraine

Annotation. During the research, some approaches to the development and implementation of computer simulation systems (CMS) were developed, which should ensure the use of computer technologies for training the personnel of military administration bodies.

The use of SCM will provide an opportunity to improve the combat readiness of the troops (forces), improve the technological potential of the Armed Forces of Ukraine and contribute to the creation of a single perfect technological infrastructure for the training of the military management bodies of the Armed Forces of Ukraine.

Keywords: military command bodies; combat simulation system; computer training technologies; computer simulation system and computer form of training; special mathematical and software tools.

УДК 004.06

ПІДВИЩЕННЯ ШВИДКОСТІ ВИКОНАННЯ SQL-ЗАПИТІВ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ПАРТИЦІЮВАНЬ НА РІВНІ СКБД

Чопенко М.С.¹; Гайда А.Ю., доц., к.т.н.²^{1,2} Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова^{1,2} Україна, Миколаїв¹ webnikitchopenko@gmail.com; ² cetus@ukr.net

Анотація. Ефективність сучасних інформаційних систем визначається можливостями накопичення значних обсягів даних і їх обробки за прийнятні для користувачів терміни. Істотною проблемою створення таких систем є забезпечення стабільних експлуатаційних характеристик в умовах зростання обсягів даних, ускладнення структури даних та запитів на їх отримання. В роботі розглянуті механізми підвищення швидкості доступу до даних РСКБД, що базуються на партиціюванні таблиць даних та визначені критерії партиціювання залежно від обсягів даних, що визначаються запитом до бази даних. Визначено, що раціональне використання механізмів партиціювання дозволяє істотно зменшити час обробки запитів і підвищує продуктивність бази даних.

Ключові слова: система керування базами даних; реляційна база даних; Structured Query Language; PostgreSQL; партиції.

Вступна частина. У сучасних високонавантажених системах ефективність бази даних (БД) відіграє ключову роль в процесах збереження і обробки інформації. Однією з найбільш поширених технологій для організації і управління даними є реляційні системи керування базами даних (РСКБД), а основним засобом звернення до СКБД є SQL-запити. Зі збільшенням обсягів даних в базі даних і, головне, складності структури бази даних та підвищенні вимог щодо первинної обробки даних на рівні СКБД зростає складність SQL-запитів до БД. Як наслідок, швидкість доступу до даних може суттєво зменшуватись та впливати на загальне функціонування системи. Тривалі запити не тільки споживають значну кількість системних ресурсів, що може спричинити перевантаження сервісів, але також здатні викликати тимчасове блокування таблиць та, навіть, призвести до втрати або пошкодження даних на рівні додатків. Популярним шляхом вирішення зазначеної проблеми є підвищення вимог до апаратної частини, але це не завжди дає очікуваний результат.

Загалом, на поточний момент визначено основні проблеми, які зустрічаються при роботі з великими обсягами даних в БД:

- Відсутність індексів або їх неефективне використання. Індеси дозволяють прискорювати пошук по таблицях, але значна складність структур даних і запитів може призводити до необхідності створення надмірної кількості індексів, що призводить до розростання бази даних та збільшенням вимог до обчислювальних ресурсів.
- Значне перевищення обсягів даних у БД над обсягами вибірки даних у конкретних запитах. Партиціювання таблиць дозволяє розділити великі таблиці на менші частини за певним критерієм, наприклад, за датою або за діапазонами значень, що дозволяє СКБД виконувати запити над окремими партиціями БД, а не БД у цілому.
- Нераціональна або недостатня конфігурація серверів бази даних. Параметри СКБД, такі як розмір буферів, кешування даних в оперативній пам'яті, які не відповідають

потребам конфігурації БД та складності запитів, призводять до уповільнення обробки запитів.

- Невідповідність апаратної частини СКБД обсягам даних та складності запитів. Недостатня оперативна пам'ять, перевантаження процесорів через численні одночасні запити може призвести до уповільнення виконання операцій. В таких випадках краще використовувати шардування. Це дозволить розподілити дані між кількома серверами для горизонтального масштабування, для підвищення продуктивності та балансування навантаження.
- Недостатня або надмірна нормалізація даних БД. Якщо база даних має не оптимізовану структуру, це може викликати затримки у виконанні запитів. Надмірна кількість зв'язків між таблицями або використання не відповідних типів даних негативно впливають на продуктивність SQL.

Отже, на поточний момент є багато способів збільшення швидкості виконання запитів – це використання індексів, оптимізованих структур даних, шардування та партиціювання даних, алгоритми з'єднання та обмеження вибірки. Ці засоби частково впроваджені в СКБД їх розробниками і також можуть впроваджуватись проєктантами БД. Для створення ефективних SQL-запитів найчастіше використовуваним способом є створення декількох варіантів запиту та отримання плану їх виконання для подальшого аналізу та визначення оптимальних варіантів, а також правильне використання вбудованих інструментів.

Дослідження в області оптимізації бази даних підкреслюють важливість використання партиціювання для високонавантажених продуктивних систем.

Автор Танаєма П. [1] та інші стверджують, що продуктивність бази даних є одним із основних компонентів підтримки стійкості системи. У дослідженні вони провели проектування та оцінку таблиць розділів, яка потім почала використовуватись у продуктовому середовищі. Результати показали, що таблиці з партиціями мають кращу продуктивність, але наголосили, що вставка працює погано порівняно зі звичайними таблицями.

Науковець Беднарчук П. [2] показав, що поширеною проблемою доступу до БД є уповільнення звітів у базах даних з часом. На початку система працює швидко та ефективно, але з часом вона сповільнюється і без впровадження відповідних рішень система може перестати відповідати вимогам. Дослідник довів, що завдяки партиціюванню можливо досягти однакової продуктивності системи за весь період експлуатації, не зважаючи на збільшення обсягів накопичених даних та ускладнення запитів до БД.

Автор Мустафа С.[3] та інші вважають, що багато факторів впливають на рішення щодо розділення даних на партиції. Це розмір бази даних, тип даних, тип запитів та частота запитів. Дослідження показали, що абсолютного ультиматуму не існує, а конкретне рішення потрібно вибирати емпіричним шляхом.

З огляду на дослідження різних науковців можна зробити висновок, що партиціювання є одним із ключових методів оптимізації продуктивності баз даних, особливо в умовах високого навантаження та роботи з великими обсягами інформації.

Метою дослідження є збільшення швидкості та ефективності виконання SQL-запитів шляхом використання партиціювань на рівні СКБД.

Основна частина. Розподілення таблиць SQL – це процес розподілу даних таблиці на кілька таблиць. Це дозволяє покращити продуктивність запитів під час сканування даних з одного або декількох розділів, а не при читанні чи пошуку по всій таблиці (або її індексу). Якщо фільтр запиту охоплює одну або декілька партицій, багато з них виключається зі сканування. Загальна схема партиціювання таблиці зображена на рис 1.

В PostgreSQL є три типи декларативного партиціювання таблиці: розбиття по діапазону значень, розподіл списку, розподілення хешу, це зображено на рис 2. Розбиття за діапазоном дозволяє ділити таблицю на частини на основі діапазонів значень одного або кількох стовпців. За списком на основі конкретних значень стовпця, де кожна партія містить записи, що відповідають певному набору значень. Розбиття за хешем дозволяє розподілити значення на основі хеш функції стовпця. В нашому випадку ми використовуємо розбиття даних за діапазоном [4].

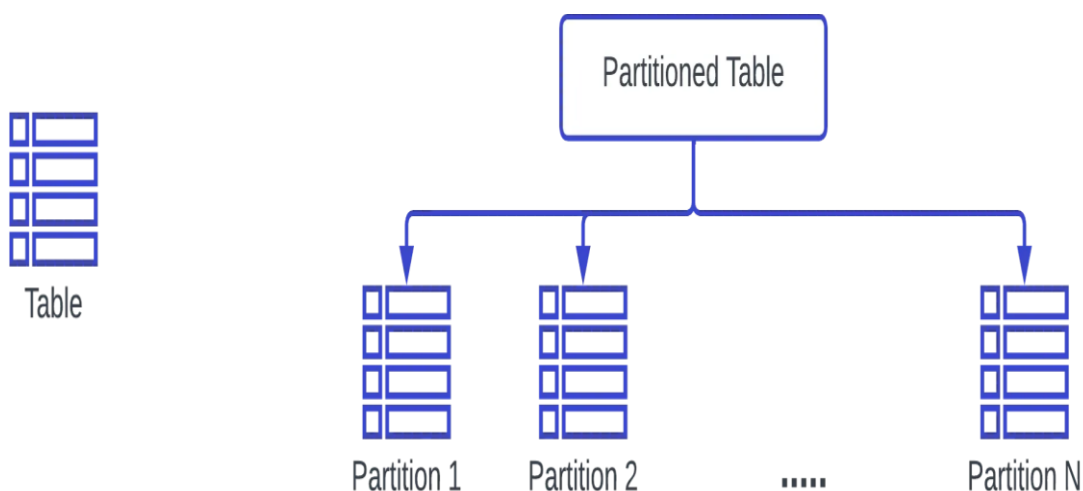


Рис 1. Загальна схема партиціювання таблиці

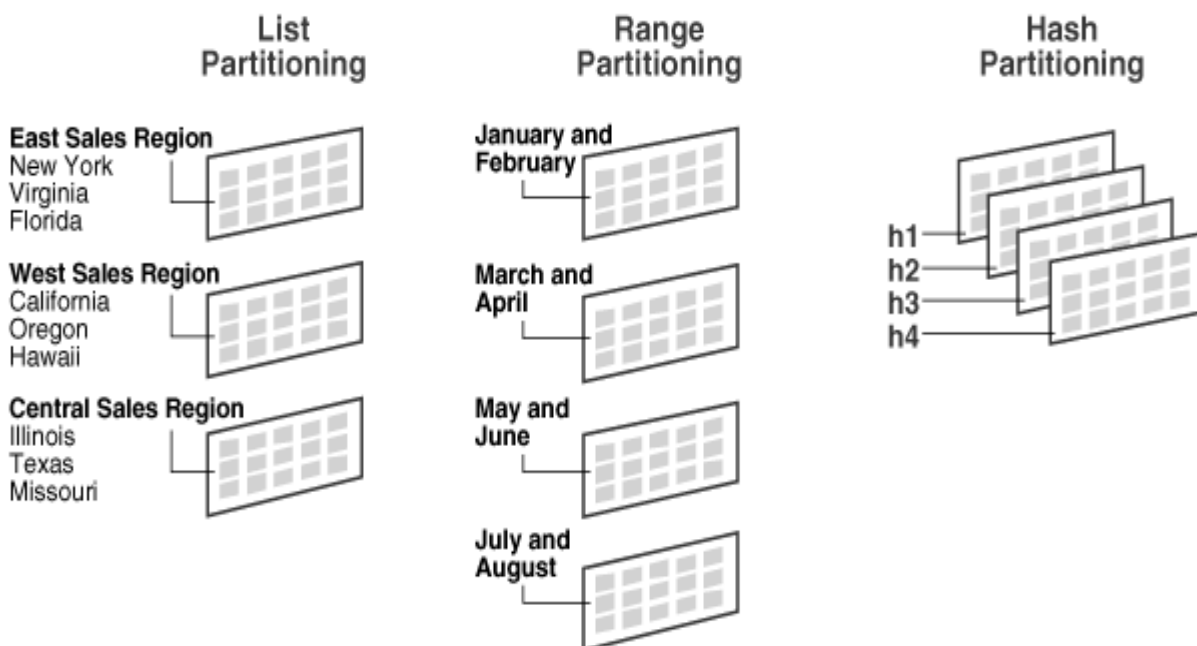


Рис 2. Типи партиціювання таблиці

Проведемо експеримент, який досліджує вплив кількості партицій таблиці на продуктивність операції вибору даних. Було вибрано реляційну базу даних PostgreSQL. Характеристики комп'ютера, на якому проводяться експерименти, описані у таблиці 1.

Таблиця 1 – Опис комп'ютера, що використовується

Характеристика	Значення
Процесор	Десяти ядерний 2021 M1 PRO
Оперативна пам'ять	16 ГБ
Операційна система	MacOS Ventura 13.0
Диск	SSD 256 gb, запис та читання до 3,3 ГБ/с

Було згенеровано таблицю користувачів, яка імітує систему з 60 мільйонами записів та має рівномірний розподіл по 5 мільйонів за датою реєстрації протягом 2023 року. У ході виконання досліджень застосуємо діапазон значень у якості логічного розділення даних для поля дата реєстрації. За допомогою команди EXPLAIN ANALYZE ми можемо побачити час виконання запитів з використанням партицій.

Хід виконання:

1. Створимо таблицю користувачів: `CREATE TABLE users_no_partition (id INT, first_name VARCHAR(25) NOT NULL, date_joined DATE NOT NULL) PARTITION BY RANGE(date_joined).`
2. Заповнимо 60 млн. користувачів з датою реєстрації 2023 року: `INSERT INTO users_no_partition (id, first_name, date_joined) VALUES(GENERATE_SERIES(1, 5000000), 'Bob',(TIMESTAMP '2023-01-01' + RANDOM() * (TIMESTAMP '2023-01-31' - TIMESTAMP '2023-01-01'))::DATE.`
3. Створимо партиції для таблиці, з різним діапазоном значень для поля дата реєстрація користувача. Приклад запиту з квартальним діапазоном: `CREATE TABLE users PARTITION of users FOR VALUES FROM ('2023-01-01') to ('2023-04-01').`
4. Виконуємо запит з пошуком користувачів, які зареєструвались у грудні, не змінюючи дати пошуку для кожного діапазону розбиття таблиці: `SELECT COUNT(*) FROM users_no_partition WHERE date_joined >= '2023-12-01' AND date_joined <= '2023-12-31'.`
5. Повторюємо запит пошуку для різних діапазонів розбиття: місяць, 3 місяці, квартал, півроку.

Результати виконання запитів представлені в таблиці 2 та на рисунку 3.

Таблиця 2 – Час виконання запиту вибору користувачів з різним діапазоном розбиття партицій

Діапазон розбиття	Значення
Відсутній	1500 мілісекунд
Тиждень	470 мілісекунд
Місяць	160 мілісекунд
3 Місяці	636 мілісекунд
Квартал	811 мілісекунд
Півроку	1266 мілісекунд

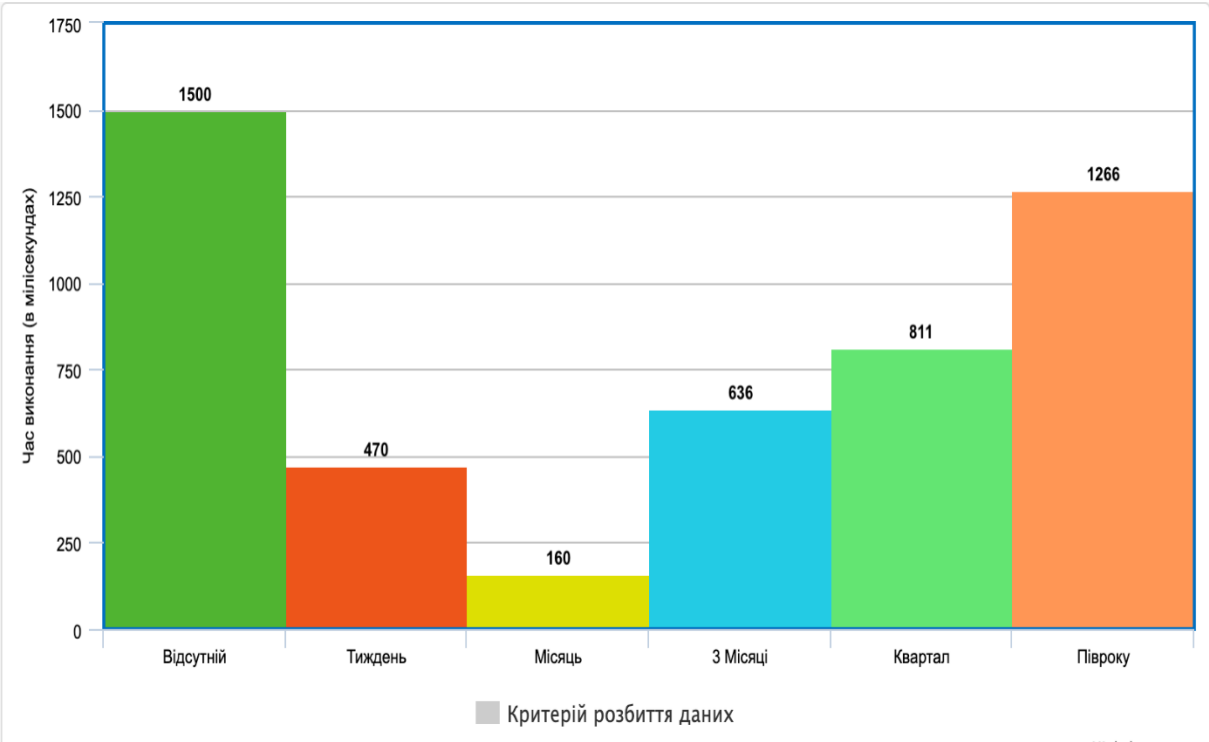


Рис 3. Діаграма виконання запитів з критеріями розбиття даних і відповідним часом виконання

Партиціювання за місяцями забезпечило найкращу продуктивність, скоротивши час виконання на 89,3% порівняно з відсутністю партицій. Партиція за 3 місяці скоротила час на 57,6%, а за квартал на 45,9%. Найгірший результат дала партиція за півроку, яка скоротила час виконання лише на 15,6%, що вказує на значне зниження ефективності при великих інтервалах партиціювання. Розбиття таблиць на партиції за тижнями є повільнішим порівняно з розбиттям за місяцями, що зумовлено збільшенням кількості партицій і, як наслідок, зростанням витрат на їх обробку.

Висновки. Спочатку система може функціонувати швидко та ефективно, але зі збільшенням даних її швидкодія погіршується. У ході дослідження було проведено аналіз ефективності партиціювання таблиць для підвищення швидкості виконання SQL-запитів. Результати експериментів на прикладі великої таблиці користувачів показали, що партиціювання за короткі інтервали, зокрема за місяцями, забезпечує найбільше скорочення часу виконання запитів. Для досягнення найкращих результатів зменшення часу виконання SQL необхідно експериментувати з критерієм розподілу даних. Таким чином, дослідження

підтвердило, що правильний вибір інтервалу партиціювання може суттєво покращити швидкість доступу до даних і підвищити загальну ефективність бази даних.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Tanaem, P. F., Tanaamah, A. R., & boymau, infrain oktofianus. (2022a). *Table Partition in Stars: Concept and Evaluations*. <https://doi.org/10.36227/techrxiv.21324264>
- [2] Bednarczuk, P. (2020). Optimization in very large databases by partitioning tables. *Informatyka, Automatyka, Pomiary w Gospodarce i Ochronie Środowiska*, 10(3), 95–98. <https://doi.org/10.35784/iapgos.2056>
- [3] Matalqa, S., & Mustafa, S. (2016). The Effect of Horizontal Database Table Partitioning on Query Performance . *The International Arab Journal of Information Technology*, 13, 184–189.
- [4] Schönig, H.-J. (2019). *Mastering postgresql 12: Advanced techniques to build and administer scalable and reliable postgresql database applications*, 3rd Edition. Packt Publishing, Limited.

Chopenko M. S. , Gaida A. Y.

Improving SQL Query Execution Speed Through the Use of Partitioning at the DBMS Level

Abstract. The efficiency of modern information systems is determined by their ability to accumulate significant volumes of data and process it within acceptable timeframes for users. A critical challenge in creating such systems is ensuring stable operational characteristics in the face of growing data volumes and the increasing complexity of data structures and queries for data retrieval. This work examines mechanisms for improving data access speed in relational database management systems (RDBMS) based on table partitioning and defines partitioning criteria depending on the data volumes specified by the queries to the database. It has been established that the rational use of partitioning mechanisms significantly reduces query processing time and enhances database performance.

Keywords: Database Management System; relational database; Structured Query Language; PostgreSQL; partitions.

КІБЕРБЕЗПЕКА ЯК КЛЮЧОВИЙ РИЗИК В ІТ ПРОЕКТАХДемченко Д.О.¹; Петрова Р.В., доц., к.т.н.²^{1,2} Харківський національний університет радіоелектроніки^{1,2} Україна, Харків¹ dmytro.demchenko3@nure.ua; ² roksana.petrova@nure.ua

Анотація. Під час дослідження розроблено підходи до оцінки кіберризиків у великих ІТ проектах, зокрема в розподілених системах та комп'ютерних мережах. Експериментально підтверджено ефективність проактивного моніторингу загроз. Запропоновані методи можуть бути практично застосовані для підвищення рівня безпеки в корпоративній і хмарній інфраструктурі.

Ключові слова: кібербезпека; кіберризики; кіберзагрози; управління ризиками.

Вступна частина. У сучасному світі цифровізація процесів у великих ІТ проектах призводить до зростання кіберзагроз, що негативно впливає на конфіденційність, цілісність та доступність даних. Це безумовно стосується розподілених систем та хмарних платформ, які надають можливості для розвитку, але в той же час є цілями для зловмисників. З кожним роком кількість кібератак зростає, а їхні особливості дещо ускладнюють звичайні методи виявлення загроз, що використовуються в більшості організацій.

Існуючі методи боротьби з кіберзагрозами часто сфокусовані на реактивних підходах, а саме: виявленні і виправленні вразливостей вже після атак. Однак такі методи не завжди ефективні, особливо в умовах складної ІТ інфраструктури. Проблема вимагає проактивного підходу, який передбачає інтеграцію безпеки ще на стадії проектування та постійний моніторинг ризиків [2].

Метою дослідження є розробка підходів до проактивного управління кіберризиками у великих ІТ проектах, з акцентом на безпеку розподілених систем і мереж.

Основна частина. Основні кіберризики можна класифікувати за трьома ключовими критеріями: конфіденційність, цілісність та доступність даних. Порушення одного з цих елементів може призвести до критичних наслідків для ІТ проекту, таких як втрата даних або несанкціонований доступ до конфіденційної інформації [3]. Наприклад, атаки DDoS можуть серйозно порушити доступність сервісів, що особливо небезпечно для великих компаній, які надають критичні послуги через інтернет.

Однією з причин зростання кіберзагроз є збільшення використання хмарних технологій та віддаленої роботи, що відкриває нові горизонти та можливості для атак. Цифрова трансформація, хоч і забезпечує нові можливості для розвитку бізнесу, але вона також збільшує вразливість ІТ систем через більшу кількість точок доступу [1]. Особливо це стосується великих розподілених систем, де контроль за доступом та захистом даних є дещо ускладненим через використання віддалених серверів та персоналу.

Для ефективного управління кіберризиками в великих ІТ проектах необхідно впроваджувати проактивні стратегії, такі як "Security by Design". Це означає, що заходи безпеки повинні бути інтегровані на всіх етапах розробки проекту, починаючи від планування та закінчуючи впровадженням. Такий підхід дозволяє знизити ймовірність успішних атак шляхом попередження потенційних загроз ще до їх виникнення. Експериментальні дослідження показали, що використання методів тестування і постійного

моніторингу допомагає виявляти вразливості в системах ще до їхнього використання зловмисниками.

Управління кіберризиками включає як технічні, так і організаційні аспекти. Технічні методи, такі як шифрування даних, двофакторна аутентифікація та сегментація мережі, забезпечують фізичний захист даних від зовнішніх атак. Проте без належної організаційної підтримки вони можуть бути недостатньо ефективними. Організаційні підходи, такі як навчання співробітників та регулярне проведення аудитів безпеки, також є критично важливими для мінімізації ризиків. Це дозволяє зменшити можливості для людських помилок, які залишаються одним із найбільших джерел кіберризиків.

Ключовим компонентом стратегії кібербезпеки у великих ІТ проектах є інцидентний менеджмент. Це процес, який дозволяє організаціям швидко реагувати на загрози та мінімізувати шкоду. Важливим елементом інцидентного менеджменту є наявність чіткого плану дій при виникненні загрози, що включає в себе певну команду швидкого реагування на інциденти та готовність до відносно швидкого відновлення операцій. Використання автоматизованих систем моніторингу та швидкого сповіщення про підозрілу активність однозначно підвищує ефективність таких заходів, дозволяючи виявляти атаки на дуже ранніх етапах розробки ІТ проектів.

Оцінка кіберризиків є невід'ємною частиною управління безпекою у великих ІТ проектах. Важливою складовою цього процесу є використання моделей оцінки ризиків, які допомагають визначити ймовірність загроз і їхні потенційні наслідки для системи. Одним із таких підходів є метод, який дозволяє пріоритезувати ризики залежно від їхнього впливу на проект. Застосування цих методів дозволяє компаніям ефективно розподіляти ресурси для управління ризиками, зосереджуючи увагу на найнебезпечніших загрозах, причому водночас звертаючи увагу і на менш небезпечні потенційні проблеми.

Таким чином, проактивне управління кіберризиками, підтримане технічними та організаційними заходами, дозволяє зменшити ймовірність атак, покращити стійкість систем до інцидентів і знизити потенційні втрати від кіберзагроз.

Останнім десятиліттям сталося стрімке зростання впливу цифрової трансформації на рівень кіберризиків у великих ІТ проектах. Впровадження таких технологій, як хмарні сервіси та штучний інтелект, сприяє підвищенню ефективності та гнучкості бізнес-процесів. Однак це також значно збільшує вразливість інфраструктури до атак, оскільки кожен новий компонент є потенційним носієм шкідливого програмного забезпечення. Масова цифровізація створює комплексні мережі з численними точками доступу, що ускладнює управління безпекою [2]. Відсутність належного захисту таких відносно новітніх елементів може призвести до серйозних наслідків, включаючи витік даних та збої в роботі критично важливих систем.

Висновки. Під час дослідження розроблено підходи до оцінки та управління кіберризиками у великих ІТ проектах. Визначено основні типи загроз, такі як атаки на конфіденційність і доступність даних, та розроблено стратегії для мінімізації ризиків через впровадження методів "Security by Design". Експериментально підтверджено, що постійний моніторинг і активні методи безпеки дозволяють значно зменшити кількість успішних кібератак. Практичне застосування цих підходів може бути корисним для великих організацій та хмарних платформ, що працюють з критичними даними та інфраструктурою будь-якого масштабу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Clarke, R. A., & Knake, R. K. (2019). *The Fifth Domain: Defending Our Country, Our Companies, and Ourselves in the Age of Cyber Threats*. Penguin Press.
- [2] Singer, P. W., & Friedman, A. (2014). *Cybersecurity and Cyberwar: What Everyone Needs to Know*. Oxford University Press.
- [3] Wheeler, E., & Sutton, D. (2011). *Security Risk Management: Building an Information Security Risk Management Program from the Ground Up*. Syngress.

Demchenko D.O., Petrova R.V.

Cyber security as a key risk in IT projects

Abstract. During the research, approaches were developed to assess cyber risks in large IT projects, in particular in distributed systems and computer networks. The effectiveness of proactive threat monitoring has been experimentally confirmed. The proposed methods can be practically applied to increase the level of security in corporate and cloud infrastructures.

Keywords: Cyber security; cyber risks; cyber threats; risk management.

УДК 339.138

ЦИФРОВІ КАНАЛИ МАРКЕТИНГУ В МЕДИЦИНІ: НОВІ ПІДХОДИ ДО ПРОСУВАННЯ МЕДИЧНИХ ПОСЛУГ

Рузакова О.В., к.е.н., доц.;¹ Мазур Г.М.²^{1,2} Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова^{1,2} Україна, Вінниця^{1,2} olgarkv81@gmail.com

Анотація. Стаття присвячена аналізу ефективності цифрових каналів маркетингу в сучасній медицині. Розглядаються основні інструменти та стратегії, які дозволяють медичним закладам залучати нових пацієнтів, підвищувати лояльність існуючих та покращувати загальний імідж. Проаналізовано переваги та виклики використання цифрового маркетингу в охороні здоров'я.

Ключові слова: цифровий маркетинг; медицина; маркетинг медичних послуг; SMM; SEO; контент-маркетинг; онлайн-репутація; веб-сайт; мобільні додатки; телемедицина.

Вступна частина. Сучасна медицина все більше інтегрується в цифровий простір. Пацієнти активно використовують інтернет для пошуку інформації про захворювання, лікарів та клініки [1]. Це створює нові можливості для медичних закладів, які прагнуть залучати та утримувати пацієнтів.

Мета дослідження – проаналізувати ефективність різних цифрових каналів маркетингу в медицині, визначити їхні переваги та недоліки, а також розробити рекомендації для медичних закладів щодо ефективного використання цифрових інструментів.

Основна частина. Розглянемо основні цифрові канали маркетингу в медицині та їх складові:

1. Соціальні мережі (SMM) включають у себе таргетовану рекламу, що дозволяє точно визначити цільову аудиторію за віком, статтю, інтересами та географічним розташуванням; інтерактивний контент (вікторини, опитування, прямі ефіри з лікарями підвищують залученість аудиторії); коллаборації з інфлюенсерами (партнерство з лідерами думок у сфері здоров'я допомагає досягти ширшої аудиторії); менеджмент репутації (швидка реакція на відгуки пацієнтів дозволяє вирішувати проблеми та покращувати репутацію).

2. Пошукова оптимізація (SEO) об'єднує у собі локальне SEO (оптимізація сайту під запити користувачів за географічним розташуванням (наприклад, "лікар-терапевт у Києві"); SEO для відео (оптимізація відеоконтенту для пошукових систем (YouTube, Google) збільшує видимість); технічне SEO (оптимізація структури сайту, швидкості завантаження сторінок, мобільної версії).

3. Контент-маркетинг передбачає ведення блогу на сайті (регулярна публікація статей на медичні теми підвищує авторитет закладу); вебінари (онлайн-семінари на актуальні теми дозволяють залучати нових пацієнтів і навчати існуючих); кейси успішного лікування (розповіді про позитивний досвід пацієнтів підвищують довіру).

4. Email-маркетинг включає у себе автоматизацію email-розсилок (створення персоналізованих розсилок на основі поведінки користувачів); сегментацію бази (розподіл бази підписників на сегменти за інтересами, демографічними даними для більш релевантних пропозицій).

5. Мобільні додатки передбачають: онлайн-запис на прийом (зручний інструмент для пацієнтів, що дозволяє записатися на прийом в будь-який час); моніторинг здоров'я (додатки для відстеження фізичної активності, харчування, сну).

6. Телемедицина уособлює у собі відеоконсультації (онлайн-консультації з лікарем для вирішення нескладних проблем зі здоров'ям); дистанційну діагностику; моніторинг хронічних захворювань (регулярні онлайн-консультації для пацієнтів з хронічними захворюваннями) [2].

Нові цифрові підходи до просування медичних послуг відкривають низку переваг та викликів. Основними перевагами впровадження цифрових каналів маркетингу в медицині є: можливість створення індивідуальних пропозицій для кожного пацієнта; відкрита комунікація і надання корисної інформації підвищують довіру до медичного закладу; автоматизація рутинних завдань дозволяє медичному персоналу зосередитися на більш важливих питаннях; можливість відстежувати ефективність маркетингових кампаній і вносити необхідні корективи [3].

Розглянемо виклики сьогодення у сфері маркетингу, що пов'язані з розвитком інформаційних технологій:

- ✓ Необхідність дотримання законодавства про захист персональних даних.
- ✓ Дефіцит фахівців з цифрового маркетингу в медичній сфері.
- ✓ Необхідність постійного оновлення знань про нові тренди в цифровому маркетингу.
- ✓ Впровадження і підтримка цифрових маркетингових інструментів може бути дороговартісним [4].

Висновки. Цифровий маркетинг відіграє все більш важливу роль у просуванні медичних послуг. Завдяки правильно підібраним інструментам та стратегіям, медичні заклади можуть значно підвищити свою ефективність, залучити нових пацієнтів та зміцнити свою позицію на ринку. Однак, для досягнення успіху необхідно враховувати специфіку медичної галузі та постійно адаптуватися до змін цифрового ландшафту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Rahman, A.N., & Pribadi, F. (2022). Effective marketing strategies in health services: systematic literature review. *Expert journal of marketing*, 10 (2). 73–84.
- [2] Saura, J.R. (2021). Using data sciences in digital marketing: framework, methods, and performance metrics. *Journal of innovation & knowledge*, 6 (2), 92–102.
- [3] Дибчук Л.В., Головчук Ю.О., Рузакова О.В. (2024). Використання цифрових технологій у маркетингу транспортних послуг. *Вісник економіки і промисловості (збірник науково-практичних статей)*, № 86, С. 196-209.
- [4] Azarova A., Azarova L., Krak I., Ruzakova O., Azarova V. (2024) Information system for assessing the level of human capital management», *Informatyka, Automatyka, Pomiarzy W Gospodarce I Ochronie Środowiska*, 14(3), 123–128.

Galyna Mazur, Yulia Prokhorova

Digital marketing channels in medicine: new approaches to the promotion of medical services

Abstract. This article explores the effectiveness of digital marketing channels in modern medicine. It examines the key tools and strategies that allow medical institutions to attract new patients, increase the loyalty of existing ones, and improve their overall image. The advantages and challenges of using digital marketing in healthcare are analyzed.

Keywords: digital marketing; medicine; healthcare marketing; SMM; SEO; content marketing; online reputation; website; mobile apps; telemedicine.

УДК 004.8

ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ РІЗНИХ ТИПІВ ПОШКОДЖЕННЯ АВТОТРАНСПОРТУ

Телішевський П.А.

Національний університет «Львівська Політехніка»

Україна, Львів

petro.a.telishevskiy@lpnu.ua, <https://orcid.org/0009-0008-8328-0373>

Анотація. У роботі було описано використання нейронної мережі типу одностадійного детектора об'єктів, а саме YOLOv8 та проведені експерименти із її використанням для задач сегментації об'єктів на зображенні. У даному дослідженні була поставлена задача розпізнати та сегментувати різні типи пошкодження автомобілів. Експерименти було проведені з метою можливого застосування у автоматизації оцінки збитків.

Ключові слова: одностадійний детектор об'єктів; пошкодження автомобіля; сегментація; instance segmentation; YOLO.

Вступна частина. Невпинними темпами у містах зростає кількість автотранспорту. З кожним року це число буде рости, а це призводить до того, що кількість автопригод на дорогах зростає, це дає велике навантаження на страхові компанії. Оскільки традиційні методи, що базуються на візуальній перевірці експертами, є трудомісткими, суб'єктивними та можуть призводити до помилок. Уявімо, що якщо автомобіль отримав незначну вм'ятину крила, подряпину бампера або тріщину на лобовому склі, не потрібно буде годинами чекати на експерта, який оцінить пошкодження. І навіть замість того, щоб чекати, ви зможете дізнатися, яку компенсацію надасть страхова компанія в той же день. Використання сучасних алгоритмів комп'ютерного зору, дозволяє автоматизувати цей процес. У цьому дослідженні представлено застосування методу для сегментування пошкоджень різних типів, що відкриває можливості для підвищення ефективності оцінки пошкоджень і зменшення часу на проведення ремонтних робіт.

Метою дослідження є використання моделі YOLOv8 у задачах сегментації пошкоджень автотранспорту, проведення експериментів та оцінки роботи моделі для подальшого використання у системі автоматизованого оцінювання пошкодження.

Аналіз літературних джерел. У даному дослідженні [1] автори обговорили різні засоби та методи класифікації пошкоджень автомобілів. Спочатку вони розглянули згорткові нейронні мережі (CNN). Однак це не дало успішних результатів. Тоді автори спробували переносне та ансамблеве навчання. І це дало хороші результати, а саме точність 89,5%. У дослідженні [2] автори застосували нейронну мережу Mask RCNN для сегментації пошкоджень автомобілів. Вони продемонстрували ефективність моделі за різних умов, зокрема при нормальному та слабкому освітленні, на малій дистанції та за інших обставин отримавши точність у покращеному варіанті Mask RCNN. 83,14%. У третьому дослідженні [3] для вирішення аналогічного завдання також використали Mask RCNN, але з попередньо натренованою моделлю Inception ResNetV2, яка продемонструвала найкращі результати, а саме у 92%.

Основна частина. Як можна побачити із аналізу літературних джерел найпоширенішим методом для вирішення даної задачі – Mask RCNN. Даний вид нейронних мереж є двостадійним детектором об'єктів. У даному дослідженні пробується використати одностадійний детектор об'єктів. Оскільки у даного виду є кілька переваг, а саме, проводить

передбачення координат і класів об'єктів за один прохід через мережу, що забезпечує високу швидкість.

У даній роботі було використано YOLO, а якщо уточнювати – це YOLOv8. Дана модель [4] – це потужний і гнучкий інструмент для задач комп'ютерного зору, який поєднує в собі швидкість, точність і простоту використання. Також можна зазначити кілька переваг над попередніми версіями YOLO. Оскільки дану версію моделі можна використати у різних задачах:

- класифікація
- розпізнавання об'єктів
- сегментація об'єктів.

Набором даним у виконанні задачі сегментації було використано CarDD [5]. Це поширений набір даних для даного виду задач, тому що є можливість використання як розпізнаванні так і у сегментації пошкодження. У даному наборі даних описується 6 видів пошкодження автотранспорту:

- тріщина
- вм'ятина
- осколок скла
- розбита лампа
- подряпина
- спустило колесо

Наведемо кілька прикладів зображень що давалися на навчання нашої моделі. На рисунку 1 буде продемонстровано два зображення, де на одному є кілька пошкоджень різного типу та на другому лише один вид пошкодження.



Рис. 1 Приклад зображень із різними пошкодженнями автомобіля

Обравши методи та набір даних було проведено експеримент. Для оцінки роботи YOLOv8 було використано такі метрики, як: precision, recall та mAP, де це означає Mean Average Precision. У таблиці 1 буде наведено значення що були отриманні при використанні натренованої моделі на тестовому наборі даних.

Таблиця 1 Результат роботи YOLOv8

precision	recall	mAP
0.753	0.707	0.742

Також буде наведено результати по даним показниках для кожного класу набору даних у таблиці 2

Таблиця 2 Результат роботи YOLOv8 для кожного класу

клас	precision	recall	mAP
crack	0.528	0.423	0.383
dent	0.674	0.534	0.61
glass shatter	0.947	0.933	0.986
lamp broken	0.837	0.872	0.915
scratch	0.567	0.588	0.586
tire flat	0.964	0.89	0.973

З результатів у таблиці 1 та 2 видно, що дані результати не є високими, особливо якщо їх порівнювати із методами що використовували інші автори. Можна відмітити, що певні класи показали досить високі показники. Однак є клас який демонструє найгірші результати, а саме, клас crack. Якщо оглядати, що у нас різні значення по класам, загальне значення моделі не дало високих результатів. Також це можна спостерігати візуально, на рисунку 2 буде продемонстровано набір тестових зображень із нашими результатами.



Рис. 2 Результати виконання натренованої моделі YOLOv8 на тестових зображеннях

Висновки. У даному дослідженні було продемонстровано застосування моделі YOLOv8 для сегментації пошкоджень автотранспорту. Модель продемонструвала середні результати за такими метриками, як precision, recall та mAP. Хоча деякі класи пошкоджень, як-от glass shatter та tire flat, досягли високих результатів, клас crack показав найгіршу продуктивність. Зазначимо що модель YOLOv8 має перевагу в швидкості обробки, але поступається в точності. Це відкидає можливість використання цієї моделі для автоматизованої оцінки пошкоджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Patil, K., Kulkarni, M., Sriraman, A., & Karande, S. (2017). Deep Learning Based Car Damage Classification. *2017 16th IEEE International Conference on Machine Learning and Applications (ICMLA)*, 50–54. <https://doi.org/10.1109/ICMLA.2017.0-179>
- [2] Zhang, Q., Chang, X., & Bian, S. B. (2020). Vehicle-Damage-Detection Segmentation Algorithm Based on Improved Mask RCNN. *IEEE Access*, 8, 6997–7004. Scopus. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2964055>
- [3] Qaddour, J., & Siddiq, S. A. (2023). Automatic damaged vehicle estimator using enhanced deep learning algorithm. *Intelligent Systems with Applications*, 18, 200192. <https://doi.org/10.1016/j.iswa.2023.200192>
- [4] Sapkota, R., Ahmed, D., & Karkee, M. (2024). Comparing YOLOv8 and Mask R-CNN for instance segmentation in complex orchard environments. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 13, 84–99. <https://doi.org/10.1016/j.aiia.2024.07.001>
- [5] Wang, X., Li, W., & Wu, Z. (2023). CarDD: A New Dataset for Vision-Based Car Damage Detection. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 24(7), 7202–7214. <https://doi.org/10.1109/TITS.2023.3258480>

Telishevskiy P.A.

Use of neural networks to identify different types of vehicle damage

Abstract. The paper describes the use of a neural network of the single-stage object detector type, namely YOLOv8, and conducts experiments with its use for object segmentation tasks in an image. In this study, the task was to recognize and segment different types of car damage. The experiments were conducted with the aim of possible application in the automation of damage assessment.

Keywords: one-stage object detector; car damage; segmentation; instance segmentation; YOLO.

УДК 378.147

ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ НАВЧАННЯ ПРОГРАМУВАННЮ

Тицький Б. Ю.¹; Ємельянов С. І., д-р. філ. з фіз. та астр.²^{1, 2} Миколаївський національний університет імені В.О. Сухомлинського^{1, 2} Україна, Миколаїв¹ bogdan.titsky2003@gmail.com; ² sviatoslavem@gmail.com

Анотація. В даній роботі розглядається роль візуалізації в процесі навчання програмуванню. Показано, що візуалізація полегшує засвоєння абстрактних концепцій і сприяє глибшому розумінню матеріалу. Описано переваги використання інтерактивних інструментів для підвищення ефективності навчання.

Ключові слова: візуалізація; навчання програмуванню; інтерактивні інструменти; ефективність навчання.

Вступна частина. Навчання програмуванню на початкових етапах є складним завданням для учнів через високий рівень абстрактності багатьох концепцій, таких як алгоритми, структури даних і рекурсія. Відсутність візуальних підказок у процесі навчання може призводити до неповного розуміння того, як програми працюють з даними. Ця абстрактність створює бар'єри для учнів у розумінні того, як програми взаємодіють із даними. Візуалізація є одним із ефективних підходів для подолання цих бар'єрів. За допомогою візуальних інструментів учні можуть спостерігати за тим, як виконуються алгоритми і змінюються дані, що робить процес навчання більш наочним і зрозумілим [1]. Візуалізація також сприяє кращому сприйняттю програмних помилок і їх усуненню, оскільки учень має змогу бачити логіку роботи програми в дії [2].

Мета дослідження. Метою цього дослідження є аналіз ефективності візуалізаційних інструментів у навчанні програмуванню. Особлива увага приділяється їхньому впливу на розуміння абстрактних концепцій, таких як алгоритми та структури даних, і вдосконаленню навчального процесу за допомогою інтерактивних візуалізаційних засобів.

Основна частина. Для дослідження впливу візуалізаційних інструментів на процес навчання програмуванню було застосовано кілька підходів. Спочатку проведено аналіз наукової літератури, зосереджений на публікаціях, що досліджували ефективність візуалізаційних інструментів, таких як Jeliot 2000, Python Tutor та Scratch [1], [2]. Експериментальною частиною дослідження було навчання учнів, поділених на експериментальну та контрольну групи. Експериментальна група використовувала візуалізаційні інструменти, а контрольна навчалась без них. Для оцінки результатів проведено статистичний аналіз, який показав значно вищі результати у учнів експериментальної групи [3].

Візуалізація сприяє покращенню сприйняття абстрактних понять, таких як алгоритми та структури даних, особливо для початківців[4]. Завдяки таким інструментам, як Jeliot 2000, учні можуть наочно спостерігати за послідовністю виконання програм та змінами в структурах даних, що полегшує засвоєння складних концепцій і знижує кількість помилок у коді [1]. Візуальні демонстрації підвищують зацікавленість учнів і мотивацію до експериментів із програмами, а платформи типу Scratch або Blockly дозволяють новачкам легко освоїти основи програмування, зосереджуючи увагу на логіці, а не на синтаксисі [2].

Інтерактивні середовища, такі як Python Tutor і Visualgo, надають можливість учням вводити власний код і негайно бачити результати його виконання, що робить навчальний процес більш ефективним і персоналізованим. Інтерактивність дозволяє краще запам'ятовувати матеріал і вчитися на помилках, що зменшує кількість помилок у коді та покращує загальну успішність [1].

За результатами дослідження, учні, які використовували візуалізаційні інструменти, досягли на 30% вищих результатів порівняно з тими, хто не використовував таких засобів.

Висновки. Проведене дослідження показало, що використання візуалізаційних інструментів значно підвищує ефективність навчання програмуванню. Учні, які працювали з візуалізаційними інструментами, краще засвоювали абстрактні концепції, зокрема алгоритми та структури даних, демонструючи вищі результати в тестах порівняно з контрольною групою. Крім того, спостерігалось підвищення рівня зацікавленості учнів у навчанні, що позитивно вплинуло на їхню активність під час виконання практичних завдань. Інтерактивні візуалізаційні інструменти сприяли також зменшенню кількості помилок у коді завдяки можливості спостерігати за виконанням програм у реальному часі та аналізувати дії крок за кроком.

Роль візуалізації у навчанні програмуванню в майбутньому тільки зростатиме, оскільки технології продовжують розвиватися і надають нові можливості для створення інтерактивних і наочних освітніх ресурсів [2, 3]

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Ben-Bassat Levy, R., Ben-Ari, M., & Uronen, P. (2003). The Jeliot 2000 program animation system. *Computers & Education*, 40(1), 1-15.
- [2] Hundhausen, C. D., Douglas, S. A., & Stasko, J. T. (2002). A meta-study of algorithm visualization effectiveness. *Journal of Visual Languages & Computing*, 13(3), 259-290.
- [3] Sorva, J. (2013). Notional machines and introductory programming education. *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)*, 13(2), 1-31.
- [4] Naps, T. L., Rößling, G., Almstrum, V., Dann, W., Fleischer, R., Hundhausen, C., ... & Velázquez-Iturbide, J. Á. (2003). Exploring the role of visualization and engagement in computer science education. *ACM SIGCSE Bulletin*, 35(2), 131-152.

Titskyi B. Y., Yemelianov S. I.

Visualisation as a tool to improve the effectiveness of programming training

Abstract. The paper discusses the role of visualization in the process of programming education. It shows that visualization facilitates the comprehension of abstract concepts and enhances the understanding of the material. The advantages of using interactive tools to increase the effectiveness of learning are described.

Keywords: visualization; programming education; interactive tools; learning efficiency.

ПРОБЛЕМИ УПРАВЛІННЯ РЕСУРСАМИ OpenGL та DirectX

Худік Д.В.¹, Жульковський О.О., к.т.н., доц.²
^{1,2} Дніпровський державний технічний університет

^{1,2} Україна, Кам'янське

¹ khudik.dmytro@gmail.com; ² olalzh@ukr.net

Анотація. Досліджено проблеми управління пам'яттю в OpenGL та DirectX, зокрема обмеження пам'яті GPU та фрагментацію. Запропоновано методи оптимізації, такі як управління буферами та стиснення текстур. Отримані результати показують можливість підвищення продуктивності графічних застосунків.

Ключові слова: управління пам'яттю; методи оптимізації; управління буферами; стиснення текстур.

Вступна частина. В процесі розвитку технологій роботи з комп'ютерною графікою та візуальними ефектами, питання оптимізації використання пам'яті в створюваних застосунках стає актуальним завданням для розробників. Зокрема, API OpenGL та DirectX широко застосовуються для реалізації комп'ютерної графіки, однак при більш глибокому вивченні, можна зробити однозначний висновок, що обидва інструмента стикаються з певними проблемами під час управління ресурсами. До ключових завдань оптимізації даного процесу належать обмежений обсяг пам'яті графічного процесору, неефективна передача даних між центральним та графічним процесором, а також фрагментація пам'яті, що призводять до зниження продуктивності роботи програм.

Актуальність теми дослідження обумовлена постійним зростанням вимог до графіки в ігровій індустрії, 3D-моделюванні, віртуальній реальності та машинному навчанні. Існуючі попередні дослідження демонструють, що традиційні методи вирішення проблеми оптимізації, такі як стиснення текстур або оптимізація буферів, часто повністю не вирішують проблеми продуктивності. Розробки останніх років вказують на необхідність нових підходів, які будуть включати в себе покращене управління ресурсами на рівні API, зокрема в контексті багатопоточності та асинхронної передачі даних.

Метою дослідження є аналіз існуючих проблем управління пам'яттю в графічних застосунках, побудованих на OpenGL та DirectX, а також дослідження традиційних методів оптимізації та більш суттєвих підходів, спрямованих на максимально ефективне використання ресурсів для підвищення продуктивності використання графіки.

Основна частина. Проведено аналіз основних викликів, з якими стикаються розробники: фрагментація пам'яті; передача даних між CPU та GPU [1]; обмеження в управлінні ресурсами. Для вирішення вищезгаданих проблем у дослідженні було випробувано декілька підходів до оптимізації використання пам'яті.

Оптимізація управління буферами – один із основних підходів до вирішення проблеми фрагментації пам'яті. Замість використання великої кількості малих буферів, що можуть сприяти фрагментації, запропоновано застосовувати великі єдині буфери для зберігання різних типів даних. Це знижує кількість перемикачів між буферами і зменшує навантаження на GPU. У DirectX 12 був протестований підхід «Resource Aliasing», який дозволяє кільком різним об'єктам використовувати ту саму область пам'яті, коли вони не використовуються одночасно. Це дозволяє зекономити значні обсяги пам'яті та зменшити ризик фрагментації [2].

Оскільки текстури займають значну частину пам'яті GPU, застосування стиснення текстур та методів адаптивного рендерингу може значно покращити продуктивність. У дослідженні застосовано методи стиснення текстур за допомогою алгоритмів DXT (для DirectX) та ETC (для OpenGL). Крім того, було використано технологію MIP-mapping, яка дозволяє використовувати текстури з різною роздільною здатністю залежно від відстані до об'єкта. Цей підхід дозволив не лише зменшити використання пам'яті для текстур, але й оптимізувати продуктивність, оскільки GPU завантажується меншою кількістю пікселів на далеких об'єктах [3].

Кешування та передача даних дозволяє зменшити кількість передач між CPU та GPU. Було застосовано техніки кешування, які дозволяють зберігати найбільш використовувані ресурси без необхідності їх постійного оновлення. Для тестування розроблено систему асинхронного завантаження даних, яка дозволяє CPU і GPU працювати паралельно без очікування завершення передачі ресурсів. Такий підхід забезпечує безперервний рендеринг навіть при великих обсягах даних [4]. Також в процесі дослідження було протестовано методи використання асинхронних обчислень, зокрема шейдери, які виконують обробку даних незалежно від основного потоку рендерингу. В результаті основний процес рендерингу був розвантажений, знижуючи при цьому затримки під час обробки великих сцен та складних ефектів.

Експериментальні тести продемонстрували суттєві покращення в продуктивності при застосуванні описаних методів оптимізації:

- використання великих буферів дозволило знизити фрагментацію пам'яті на 30 %, що призвело до підвищення загальної продуктивності на 15 % при рендерингу складних сцен;
- стиснення текстур та використання MIP-mapping дало змогу зменшити обсяг пам'яті, що використовується для текстур, на 40 % без втрат якості графіки;
- кешування та асинхронна передача даних знизили кількість звернень до GPU на 25 %, що дозволяє досягти плавного рендерингу при великому навантаженні.

Висновки. Незважаючи на досягнуті покращення, ще залишаються відкриті питання, які можуть стати напрямками для подальших досліджень, наприклад: автоматичне управління пам'яттю; необхідність у більш розумних алгоритмах автоматичного управління пам'яттю на рівні API, щоб зменшити втрати від людських помилок; робота з новими технологіями (інтеграція сучасних графічних технологій, таких як Ray Tracing та AI-інструментів; паралелізація обробки графіки, зокрема, використання кількох GPU та багатоядерних процесорів для зниження навантаження на один обчислювальний блок [5].

Дослідження показало, що існуючі проблеми управління пам'яттю в OpenGL та DirectX можна суттєво нівелювати за рахунок використання вдосконалених методів оптимізації. Однак залишається потенціал для подальшого покращення, особливо у сфері автоматизації управління ресурсами та паралелізації обчислень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Microsoft. (2022). Resource: Microsoft Learn. *Optimizations and advanced topics for DirectX games*. <https://learn.microsoft.com/en-us/windows/uwp/gaming/directx-optimization-and-advanced-topics>
- [2] Microsoft. (2022). Resource: Microsoft Learn. *Asynchronous programming (DirectX and C++)*. <https://learn.microsoft.com/en-us/windows/uwp/gaming/asynchronous-programming-directx-and-cpp>
- [3] Microsoft. (2022). Resource: Microsoft Learn. *Optimize input latency for Universal Windows Platform (UWP) DirectX games*. <https://learn.microsoft.com/en-us/windows/uwp/gaming/optimize-performance-for-windows-store-direct3d-11-apps-with-coredispatcher>

- [4] Yamagiwa, S., Sousa, L., & Antão, D. (2007). Data buffering optimization methods toward a uniform programming interface for gpu-based applications. *CF '07: Proceedings of the 4th international conference on Computing frontiers* (pp. 205-212). ACM Press. DOI: <https://doi.org/10.1145/1242531.1242562>
- [5] McReynolds, T., & Blythe, D. (2005). *Advanced Graphics Programming Using OpenGL*. Elsevier.

Khudik D.V., Zhulkovskyi O.O.

Problems of OpenGL and DirectX resource management

Abstract. *The article investigates memory management issues in OpenGL and DirectX, including GPU memory limitations and fragmentation. Optimization methods such as buffer management and texture compression are proposed. The obtained results show the possibility of improving the performance of graphic applications.*

Keywords: *memory management; optimization methods; buffer management; texture compression.*

ІНСТРУМЕНТИ СТАТИЧНОГО ТЕСТУВАННЯ БЕЗПЕКИ

Трофименко О.Г., к.т.н., доцент

Національний університет «Одеська юридична академія»

Україна, Одеса

ORCID: 0000-0001-7626-0886

Анотація. Інструменти SAST необхідні для раннього виявлення вразливості. У топ-5 таких засобів нині входять: PMD, Code Climate Quality, Snyk, Codacy, Veracode Static Analysis. Для ефективного вибору того чи іншого засобу для тестування безпеки застосунків варто враховувати специфіку відповідного програмного засобу.

Ключові слова: статичне тестування; SAST; тестування безпеки; інструменти тестування; кібербезпека.

Вступна частина. Інструменти статичного тестування безпеки застосунків (Static Application Security Testing, SAST) аналізують вихідний код і допомагають розробникам виявляти недоліки ще під час кодування. Процес SAST ще відомий як тестування білої скриньки [1]. Цей підхід тестувальники використовують, щоб перевірити внутрішню структуру програмного забезпечення та побачити, як воно інтегрується із зовнішніми системами.

Мета роботи – проаналізувати специфіку застосування інструментів статичного тестування безпеки застосунків на прикладі популярних на сьогодні інструментів безпеки.

Основна частина. Інструменти статичного аналізу коду використовують такі методи: аналіз синтаксису, аналіз потоку даних і аналіз безпеки. Синтаксичний аналіз перевіряє вихідний код на наявність синтаксичних помилок, подібно до того, як редактори документів, наприклад Microsoft Word, виділяють граматичні помилки. Аналіз потоку даних програмно аналізує потік даних на виявлення проблем зациклення. Нарешті, аналіз безпеки перевіряє вихідний код на наявність вразливостей у безпеці, якими можуть скористатися атаки [2].

Інструменти статичного аналізу коду допомагають у створенні якісного коду для будь-якого програмного проєкту. Низька якість коду може спричинити зниження ефективності, проблеми з масштабованістю, вразливості безпеки тощо. Якщо ці проблеми не вирішити на етапі розробки, це може спричинити величезні проблеми надалі. З іншого боку, на практиці, хоча інструменти SAST корисні для раннього виявлення вразливостей, вони можуть генерувати помилкові спрацьовування та пропускати вразливості [3].

Наразі на ринку є десятки різних інструментів безпеки, які пропонують різні набори послуг безпеки програмних продуктів. Більшість наявних на ринку інструментів безпеки за різну абонплату намагаються надавати комплексні набори засобів для розробників і команд безпеки та не обмежуються наданням інструментів SAST, DAST чи то інших. Для розуміння можливої специфіки та відмінностей розглянемо п'ять популярних на сьогодні інструментів безпеки, які дозволяють безплатно аналізувати відкритий код на виявлення можливих проблем або надають безплатну тріал-версію, а саме: PMD, Code Climate Quality, Snyk, Codacy та Veracode Static Analysis.

PMD (<https://pmd.github.io/>) – розширюваний багатомовний статичний аналізатор відкритого коду, який підтримує загалом 16 мов, але переважно стосується Java та Apex. PMD доступний для Windows, macOS і Linux. На відміну від більшості інших аналізаторів коду, які вимагають платної ліцензії або пропонують обмежену функціональність у своїх безплатних

планах, PMD є програмним забезпеченням з відкритим вихідним кодом, що робить його економічно ефективною, безплатною альтернативою платним варіантам. PMD виявляє типові недоліки програмування, як-от: невикористані змінні, порожні блоки catch, створення непотрібних об'єктів тощо. Він має 400+ вбудованих правил, які можна розширювати. Вбудовані перевірки дозволяють налаштовувати правила для різних мов, щоб забезпечити дотримання стандартів кодування. Інструмент також містить детектор копіювання/вставлення (CPD), який допомагає ідентифікувати повторюваний код у кодовій базі. Інтеграція через плагіни доступна з такими популярними IDE, як Eclipse, JDeveloper і Gradle. Щодо недоліків PMD, то налаштування правил аналізу може бути складним, а зворотний зв'язок щодо кодування не надається в режимі реального часу.

Code Climate Quality (<https://codeclimate.com/quality>) – є інструментом аналізу коду, що здатен забезпечити статичний аналіз для таких мов: PHP, Java, JavaScript, Python і Ruby. Code Climate Quality має вбудовану інтеграцію з GitHub і GitLab. Інструмент також інтегрується з такими системами обміну заявками та повідомленнями, як Asana, Trello та Slack. Особливістю, які відрізняє Code Climate Quality, є наявна 10-бальна оцінка (від A до F) коду на основі його ремонтпридатності та покриття тестами. Він також оцінює, скільки часу може знадобитися для розв'язання проблеми. Ці показники та візуальні звіти про прогрес допомагають краще визначити пріоритети проблем з обслуговування або недостатнє покриття, тим самим допомагає командам розробників створювати кращий код. Пропонується безплатна версія для проєктів з відкритим кодом.

Snyk (<https://snyk.io/>) – платформа безпеки для розробників, яка пропонує сканування та аналіз коду в реальному часі. Snyk підтримує такі мови для аналізу коду: Python, Java, JavaScript, TypeScript, C++, Kotlin, Ruby, Go, Apex, .NET, PHP, Scala, Swift і VB NET. Він пропонує інтеграцію зі сховищем Git, що дозволяє визначати пріоритетність проблем у проєктах. Доступна інтеграція для таких інструментів CI/CD: Jenkins, Azure Pipelines і Bitbucket Pipelines. Є також плагіни для інструментів IDE: Eclipse, JetBrains Visual Studio і PhpStorm. Зручною функцією Snyk є надання кожній проблемі оцінки ризику, тож можна визначити пріоритетність проблем і зробити свій код більш безпечним. Інструменти аналізу коду Snyk включають сканування контейнерів, яке перевіряє наявність вразливостей у зображеннях контейнерів, і відстеження коду в реальному часі, яке перевіряє код під час роботи. Його інструмент DeepCode AI відкриває список швидких виправлень, які можна переглянути та застосувати ці виправлення у своєму інтегрованому середовищі розробки (IDE). Хоча повний функціонал Snyk є платним (25\$ на місяць), доступний безплатний план з обмеженням у 100 тестів на місяць.

Codacy (<https://www.codacy.com/>) – інструмент перевірки коду, який автоматизовано аналізує вихідний програмний код і висвітлює виявлені проблеми, дозволяючи розробляти більш ефективно програмне забезпечення. Платформа підтримує понад 40 мов програмування та фреймворків, добре інтегрується з робочими процесами CI і DevOps. Проста інтеграція Codacy з GitHub, GitLab, Bitbucket, Jira та Slack дозволяє отримувати миттєві відгуки про код, стандартизувати якість коду, автоматично блокуючи невідповідні запити, тобто вирішувати будь-які виявлені негаразди з кодом. В Codacy є зручна можливість, крім наявних сотень доступних правил, встановлювати ще й власні набори правил. Передбачена 14-денна безплатна пробна версія. До мінусів можна віднести відсутність інтеграції з Lombok, бібліотекою Java, яка скорочує шаблонний код, та неможливість експортувати шаблони коду.

Veracode Static Analysis (<https://www.veracode.com/>) – платформа статичного тестування безпеки, яка підтримує понад 100 мов програмування і фреймворків, забезпечуючи широке

покриття. Можлива інтеграція з понад 40 платформами, серед яких: Azure DevOps, Bitbucket, Eclipse, Jenkins, Visual Studio тощо. Veracode забезпечує зворотний зв'язок у режимі реального часу, сканує та визначає вразливості протягом усього циклу розробки, пропонує конвеєрні інтеграції CI/CD. Рекомендації щодо виправлення в режимі реального часу допомагають визначити пріоритетність виправлень, які становлять найбільшу загрозу. Особливостями Veracode Static Analysis є його швидка продуктивність сканування та низький рівень хибнопозитивних результатів (<1,1%) [4]. Доступна 14-денна безплатна пробна версія Veracode. Щодо можливих недоліків, то в деяких областях бракує документації, крім того, характерним є крута крива навчання.

Висновки. Загалом інструменти SAST необхідні для раннього виявлення вразливості. Для них не потрібна працююча програма і таке тестування може відбуватися без виконання коду. Це допомагає розробникам виявляти вразливості на початкових етапах розробки та швидко вирішувати проблеми, не порушуючи збірки та не передаючи вразливості до остаточного випуску програми. Деякі інструменти вказують на точне розташування вразливостей і виділяють ризикований код. Інструменти SAST також можуть надавати доволі докладні вказівки щодо вирішення проблем і підказувати найкраще місце в коді для їх вирішення, не вимагаючи глибоких знань у сфері безпеки [5]. Тому важливо запускати інструменти SAST в програмі на регулярній основі, наприклад, під час щоденних/щомісячних збірок, кожного разу, коли перевіряється код, або під час випуску коду.

З іншого боку, інструменти SAST можуть генерувати помилкові спрацьовування та пропускати вразливості під час виконання. Тому рекомендованим є багаторівневий підхід до безпеки, що поєднує різні інструменти (SAST, DAST, IAST і RASP) тестування для досягнення комплексної безпеки застосунків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Трофименко, О.Г., Дика, А.І., Лобода, Ю.Г. (2023). Аналіз інструментів тестування вебзастосунків. *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*, 4(20), 62-71. <https://doi.org/10.28925/2663-4023.2023.20.6271>.
- [2] Трофименко, О. Г., Соколов, А. В., Чикунів, П. О., Ахматєєва, Г. В., Атанасевич, А. О. (2024). Аналіз ролі фахівців із тестування та забезпечення якості. *Збірник наукових праць Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова*, 3(496), 106-113. [https://doi.org/10.15589/znп2024.3\(496\).16](https://doi.org/10.15589/znп2024.3(496).16).
- [3] Fernandes, A.A. (2024). Evaluating the top application security tools: from static analysis to runtime protection. *Asian Journal of Research in Computer Science*, 17(7), 119-27. <https://doi.org/10.9734/ajrcos/2024/v17i7483>
- [4] Gardini, P.M. (2024). *20 Best Code Analysis Tools in 2024*. <https://thectoclub.com/tools/best-code-analysis-tools/>
- [5] Black Duck. (2024). *Static Application Security Testing*. <https://www.blackduck.com/glossary/what-is-sast.html>

Trofymenko Olena

Static security testing tools

Abstract. SAST tools are essential for early vulnerability detection. The top 5 such tools are: PMD, Code Climate Quality, Snyk, Codacy, Veracode Static Analysis. In order to effectively choose a tool for testing the security of applications, it is necessary to take into account the specifics of the corresponding software tool.

Keywords: static application security testing; SAST; security testing; testing tools; cybersecurity.

УДК 004.056

СУЧАСНІ ІНТЕРАКТИВНІ ІНСТРУМЕНТИ ТЕСТУВАННЯ БЕЗПЕКИ ЗАСТОСУНКІВ

Дика А. І.

Національний університет «Одеська юридична академія»

Україна, Одеса

ORCID: 0000-0002-4196-8734

Анотація. Для проведення тестування безпеки вебзастосунків тестувальник безпеки, в числі іншого, має розбиратися з різними інструментами тестування безпеки, вміти налаштовувати та адмініструвати відповідні інструменти. Специфіка інструментів інтерактивного тестування працювати всередині програми, зумовлює можливість безпомилково виявляти й усувати уразливості у режимі реального часу.

Ключові слова: інтерактивне тестування; тестування програмного забезпечення; тестування безпеки; інструменти тестування; безпека програми; кібербезпека; IAST.

Вступна частина. В інтерактивних інструментах безпеки (Interactive Application Security Testing, IAST) усунуто всі обмеження, які є в SAST і DAST. Інструменти IAST виявляють проблеми та повідомляють про них в режимі реального часу під час виконання програми. Агенти IAST зазвичай розгортаються на серверах застосунків.

Мета роботи – проаналізувати сучасні інтерактивні інструменти тестування безпеки застосунків.

Основна частина. IAST використовує методологію тестування сірої скриньки, може визначити рядок коду, який спричиняє проблеми з безпекою, та швидко повідомити розробника про це для негайного усунення. Наприклад, якщо дані надходять від користувача, і він хоче виконати SQL-ін'єкцію в програмі, додавши SQL-запит до запиту, запит буде позначено як небезпечний [1].

Інструменти IAST легко інтегруються у фреймворки для аналізу вихідного коду і контролю виконання програми. Їх можна легко інтегрувати в конвеєр CI/CD команди DevOps. Проводячи IAST, команди DevOps можуть виявити та виправити будь-які вразливості до того, як вебзастосунок вийде на ринок. Це означає, що виправити такі вразливості набагато легше та дешевше. Це також гарантує безпеку програми до того, як хтось її фактично розгорне, допомагаючи запобігти тому, щоб майбутні користувачі програми стали жертвами потенційного витоку даних [2].

З іншого боку, IAST залежить від мови програмування, тому якщо організація використовує не дуже популярну технологію розробки, вона може бути несумісною з інструментом IAST [3]. Суттєво, що інструменти IAST сканують код під час його виконання. Тому рекомендовано розгорнути інструмент IAST у середовищі контролю якості, яке запускає автоматизовані функціональні тести. Це може допомогти уникнути людської помилки та переконатися, що увесь функціонал програми перевірено [4].

Розглянемо декілька популярних інструментів IAST: Synopsys Seeker, Invicti, Checkmarx та Acunetix.

Synopsys Seeker (<https://www.synopsys.com/>) – інструмент IAST з активною перевіркою та відстеженням конфіденційних даних для вебзастосунків. Synopsys допомагає командам розробників, QA, DevOps і безпеки автоматизувати тестування безпеки вебзастосунків і служб. Він визначає та вразливі місця застосунків шляхом активного моніторингу їх взаємодії.

Цей динамічний підхід до безпеки робить його особливо корисним для організацій, яким потрібні ефективні та ґрунтовні рішення IAST. Synopsys Seeker здатен виявляти вразливості в режимі реального часу під час роботи програми. Він інтегрується з інструментами Jira для легкого відстеження помилок і платформами CI/CD для більш плавного робочого процесу розробки. З іншого боку, ціни Synopsys Seeker не є загальнодоступними, їх можна отримати за запитом.

Invicti (<https://www.invicti.com/>) – масштабована платформа, яка пропонує свій підхід до інтерактивного та динамічного (DAST + IAST) автоматизованого сканування безпеки. Invicti (раніше Netsparker) автоматизовано виявляє та оцінює вразливості, що допомагає розставляти пріоритети у роботі з усунення проблем. Панелі моніторингу Invicti надають інформацію у зрозумілій та стислій формі, навіть якщо у користувача є велика кількість вебресурсів. Invicti використовує масштабовані агенти сканування, які звітують перед основним застосунком та ефективно використовують кілька IT-ресурсів для скорочення часу сканування. Звіти Invicti можуть бути налаштовані відповідно до вимог користувача. Invicti можна інтегрувати з наявними системами Azure DevOps, GitLab, GitHub, Jira, а також системами керування вразливістю Metasploit або Kenna. Також можна інтегрувати Invicti з платформами CI/CD: Jenkins, TeamCity або Bamboo. Цінова політика на офіційному сайті не публікується і надається за запитом, тріал-версії не передбачено.

Acunetix (<https://www.acunetix.com/>) – платформа сканування вразливостей у програмах, написаних на Node.js, PHP, Java (включаючи Spring framework) і ASP.NET. Acunetix поєднує сканування DAST + IAST і забезпечує перевірку широкого спектра вразливостей: топ-10 OWASP і топ-10 API, SQL-ін'єкції, XSS, неправильні конфігурації, викриті бази даних, позадіапазонні вразливості тощо. Acunetix IAST з AcuSensor сканує кожен файл, у тому числі приховані та незв'язані, забезпечуючи користувачам кращу видимість серверної частини їхніх вебзастосунків. Acunetix також може імпортувати файли визначення API та посилання для тестування API за допомогою архітектури REST, SOAP або GraphQL.

Checkmarx (<https://checkmarx.com/>) – корпоративна хмарна платформа безпеки вебзастосунків, яке допомагає організаціям виявляти, керувати та пом'якшувати вразливі місця веббезпеки. підходить для статичного та інтерактивного тестування безпеки застосунків. Checkmarx IAST сумісний із застосунками на основі мікросервісів і забезпечує зворотний зв'язок у реальному часі та комплексний аналіз спеціального коду, бібліотек, фреймворків і потоку даних під час виконання. Checkmarx приділяє значну увагу безпеці API, забезпечуючи охоплення топ-10 вразливостей API OWASP. Він виявляє, класифікує та документує API, а також відстежує їх використання та авторизацію. Розроблений з урахуванням розробників Checkmarx пропонує детальний аналіз вихідного коду для швидкого усунення потенційних вразливостей. Checkmarx має автоматизоване сканування SCA та відображення вразливостей сторонніх розробників під час сканування IAST. Checkmarx IAST можна розгорнути як локально в приватному центрі обробки даних, так і розмістити в приватному клієнті в AWS, пропонуючи гнучкі варіанти розгортання. Платформа має широкі можливості налаштування, що дозволяє створювати та налаштовувати користувацькі запити для оптимізації результатів, а її повна інтеграція в наявні робочі процеси забезпечує безпечний процес розробки без збоїв.

Висновки. Проведений аналіз сучасних інтерактивних інструментів тестування вебзастосунків виявив наявність різних підходів і розмаїття засобів для захисту програмних продуктів. Не існує ідеального універсального інструмента тестування безпеки.

Усі інтерактивні інструменти тестування безпеки мають свої переваги й недоліки через специфіку їх організації. Комбінування та використання переваг кожного чи то більшості з них може забезпечити високий рівень безпеки програмного вебпродукту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Трофименко, О.Г., Дика, А.І., Лобода, Ю.Г. (2023). Аналіз інструментів тестування вебзастосунків. *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*, 4(20), 62-71. <https://doi.org/10.28925/2663-4023.2023.20.6271>.
- [2] Трофименко, О.Г., Дика, А.І. (2024). *Тестування та забезпечення якості програмних систем*: навч. посібник. Одеса: Фенікс. 195 с.
- [3] Harris, C., Iannini, L. (2024). *The Top 7 Interactive Application Security Testing (IAST) Tools*. <https://expertinsights.com/insights/the-top-interactive-application-security-testing-iast-tools/>
- [4] Contrast. (2024). *Interactive Application Security Testing*. <https://www.contrastsecurity.com/glossary/interactive-application-security-testing>

Dyka Anastasiia

Analysis of project management software

Abstract. A security tester for testing web application security, among other things, must know various security testing tools, configure and administer them. The specificity of interactive testing tools to work inside the program determines the ability to accurately identify and eliminate vulnerabilities in real time.

Keywords: interactive application security testing; software testing; security testing; testing tools; application security; cybersecurity; IAST.

УДК 681.5:004.41

РОЗРОБКА НЕЧІТКОЇ МОДЕЛІ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ У ПРИМІЩЕННІ

Бабенко М.В., к.т.н., доц.¹; Волошин Р.В.²,
^{1,2} Дніпровський державний технічний університет

^{1,2} Україна, Кам'янське

¹ mvbab@ukr.net; ² volosinruslan4276@gmail.com

Анотація. У роботі представлено результати моделювання нечіткого регулятора для мікропроцесорної системи контролю та керування мікрокліматом у приміщенні. Використання нечіткої логіки дає певні переваги – простота введення даних в систему контролю та здатність зменшення похибок класичних мікроконтролерів. Система розроблена на апаратній платі Arduino UNO моделі Arduino Rev3, яка виконана на базі мікроконтролера ATMEGA328P, і є компактною, дешевою та простою у використанні.

Ключові слова: нечітка модель керування, мікропроцесорна система; керування мікрокліматом; мікроконтролер; IDE Arduino; LabView.

Вступна частина. Під час знаходження людини в будь-якому приміщенні необхідно управляти станом навколишнього середовища, адже це впливає тим чи іншим чином на її працездатність і якість виконаної роботи. На все це впливають такі чинники, як: температура, вологість, вміст вуглекислого газу, приток свіжого повітря, велика кількість пилу і т.д.

Для підтримки оптимального самопочуття важливо зберігати тепловий баланс між людиною та навколишнім середовищем, а також підтримувати необхідний тепловий стан організму [1]. Параметри мікроклімату можна розділити на два типи:

- Оптимальні, тобто такі показники, що характеризують функціональний стан людини та оптимальний тепловий вплив на неї та відчуття комфорту.

- Допустимі, тобто такі показники, що вказують на можливе погіршення самопочуття у працівника. Вони використовуються, коли неможливо забезпечити оптимальні показники.

Основним нормативним документом, що регулює параметри мікроклімату у виробничих приміщеннях, є ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» [2]. У ньому визначені оптимальні та допустимі показники мікроклімату, а також встановлені вимоги до методів їх вимірювання.

Щоб людина працювала в комфортних умовах, для зручності керування станом навколишнього середовища в приміщенні останнім часом все частіше встановлюють мікропроцесорні пристрої контролю та управління мікрокліматом [3, 4].

Найновітнішими системами для контролю стану та автоматичного керування параметрами мікроклімату приміщень є smart HVAC (heating, ventilation, and air conditioning) systems, які використовують алгоритми машинного навчання в поєднанні з Internet of thing (IoT) технологіями. Використання систем автоматизованого контролю за внутрішнім мікрокліматом приміщень дозволяє, з одного боку, позитивно впливати на самопочуття та працездатність людей, їх стан здоров'я, а з іншого – оптимізувати параметри мікроклімату, забезпечуючи раціональне енергоспоживання [5]. Також цікавим напрямом досліджень є розгляд впливу параметрів внутрішнього мікроклімату на енергоефективність використання

приміщень, де контроль за мікрокліматом виступає важливим фактором у контексті раціонального використання енергоресурсів [3].

У випадках, коли параметри мікроклімату важко передбачити через їх нелінійний характер, застосування нечіткої логіки сприяє прийняттю більш ефективних рішень, що в кінцевому підсумку підвищує комфорт, енергоефективність та адаптивність систем клімат-контролю [6]. Популярним і практично цінним підходом є використання нечіткої логіки для створення лінгвістичних змінних і правил у системах контролю мікроклімату. Зокрема, в роботах [7, 8] описані результати проектування та успішного впровадження такого підходу. Застосування нечіткої логіки дає змогу підвищити якість управління параметрами мікроклімату в порівнянні з бінарними системами або rigid rule-based controllers, оскільки дозволяє оброблювати неточні вхідні значення і конвертувати їх до конкретних команд електронних пристроїв.

Метою дослідження є моделювання роботи нечіткого регулятора для розробленого алгоритму функціонування мікропроцесорної системи керування мікрокліматом у приміщенні.

Основна частина. Побудова систем керування з використанням нечіткого регулятора проводилась в наступному порядку:

- вибір входів та виходів системи керування;
- визначення для кожної з вхідних та вихідних змінних функції приналежності;
- формування бази даних нечітких правил;
- вибір та реалізація алгоритму нечіткого виводу;
- аналіз процесу керування мікропроцесорною системою.

Проектування нечіткої системи відбувалось за допомогою доповнення Fuzzy System Designer програмного середовища LabView.

Для поставленої задачі комфортні умови визначаються переважно вологістю та температурою повітря всередині приміщення. Вимір цих параметрів подається на входи системи керування. В якості вихідних сигналів системи використовуються сигнали увімкнення та вимкнення, що подаються на нагрівач, кондиціонер та зволожувач. Для нечіткого регулятора температури вхідною лінгвістичною змінною є температура приміщення. Відповідно до рекомендацій, температура повітря в приміщенні повинна бути в межах 18-24 °C. Якщо температура в приміщенні нижче 18 °C, то вона вважається низькою і має низький ступінь комфорту для людини. Якщо температура повітря вище 24 °C, можна говорити про перегрів в приміщенні. Таким чином, ця вхідна змінна містить три терми (низька, норма, висока). Вихідними сигналами є сигнали увімкнення і вимкнення нагрівача та кондиціонера, що працює в режимі охолодження. Тому ці сигнали мають по два терми (On та Off).

Вимоги до функціонування даної системи зводяться до забезпечення заданого температурного режиму та вологості в приміщенні. Для забезпечення цих вимог система збирає інформацію вимірів температури та вологості в приміщенні і відсилає результати вимірювання на мікроконтролер.

Основними критеріями при розробці програмних продуктів є швидкість виконання програми, зручність у користуванні, можливість роботи на різних платформах, простота реалізації та багато інших. У даному випадку для реалізації проекту задіяна плата Arduino UNO моделі Arduino Rev3, яка виконана на базі мікроконтролера ATMEGA328P. Апаратна плата Arduino складається не тільки з мікроконтролера, а має і все необхідне для

підключення до зовнішніх периферійних пристроїв. Крім того, вона має вбудований програматор, який дозволяє здійснювати програмування безпосередньо із комп'ютера. Характерною особливістю цих мікропроцесорних пристроїв є наявність відкритого вихідного коду та значної кількості бібліотек для взаємодії вбудованого мікроконтролера з іншими зовнішніми компонентами. Він широко використовується для розробки інтерактивних об'єктів, отримання даних від різних датчиків або комутаторів. Зважаючи на це, Arduino є найпоширенішою вбудованою платформою, яка використовується в багатьох проектах.

Створення програмного коду здійснюється у власному середовищі IDE Arduino, заснованому на мові програмування, яка є варіантом мови C/C++ для мікроконтролерів. Проекти Arduino можуть бути як автономними, так і взаємодіяти з будь-яким програмним забезпеченням, що працює на комп'ютері.

Висновки. Розроблено мікропроцесорну систему контролю та керування мікрокліматом в приміщенні на основі нечіткого управління. Інтеграція платформи Arduino та програмного середовища LabView значно скорочує строки на розробку системи та підвищує її якісні показники. Проведено тестування розробленого програмного забезпечення, яке підтвердило відповідність вимогам технічного завдання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Левчук, К.О., Крюковська, О.А., & Романюк, Р.Я. (2018). *Практикум з безпеки життєдіяльності*: навчальний посібник. Кам'янське: ДДТУ.
- [2] МОЗ України, Головний державний санітарний лікар. (1999). Постанова № 42 від 01.12.1999. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99. <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99#Text>.
- [3] Shao, T. (2021). Indoor environment intelligent control system of green building based on PMV index. *Advances in Civil Engineering*, Volume 2021, Issue 1. <https://doi.org/10.1155/2021/6619401>
- [4] Kim, S.H., & Moon, H.J. (2023). The performance of reinforcement learning for indoor climate control devices according to the level of outdoor air particulate matters. *Buildings*, 13(12), 3062. <https://doi.org/10.3390/buildings13123062>
- [5] Banjac, A., Novak, H., & Vasak, M. (2023). Implementation of model predictive indoor climate control for hierarchical building energy management. *Control Engineering Practice*, Volume 136, 105536. <https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2023.105536>
- [6] Бойко, В.І., Багрій, В.В., & Красніков О.С. (2013). Дослідження використання алгоритму нечіткого виводу в системі управління комплексом поперечно-клинової прокатки. *Математичне моделювання*, 2(29), 58–60.
- [7] Olenych, I. (2022). Smart home climate control system based on fuzzy logic controller. *Electronics and Information Technologies*, 17, 26–35. <https://doi.org/10.30970/eli.17.3>
- [8] Berouine, A. et al. (2019). A Fuzzy Logic-Based Approach for HVAC Systems Control. *Proceedings of the 6th International Conference on Control, Decision and Information Technologies, CoDIT'19, Paris, France*, pp. 1510–1515. <https://doi.org/10.1109/CoDIT.2019.8820356>

Babenko Mykhailo¹, Voloshin Ruslan²

Development of a fuzzy control model for indoor microclimate

Abstract. The paper presents the results of modeling a fuzzy controller for a microprocessor system of indoor microclimate control and management. The use of fuzzy logic gives certain advantages – ease of entering data into the control system and the ability to reduce the errors of classic microcontrollers. The system is developed on the Arduino UNO hardware board of the Arduino Rev3 model, which is based on the ATMEL ATmega328P microcontroller, and is compact, cheap and easy to use.

Keywords: fuzzy control model; microprocessor system; microclimate management; microcontroller; IDE Arduino; LabView.

АНАЛІЗ РОЗРОБКИ ДОМЕННОЇ ЧАСТИНИ В ПАРАДИГМІ ООП

Дерменжи К. В.

Національний університет «Одеська юридична академія»

Україна, Одеса

dermenzhi.kostya@gmail.com

Анотація. Програмні системи мають базуватися на добре розробленій моделі домену. Проєкти зі складною бізнес-логікою потребують від розробника розуміння процесів, що потребують автоматизації. В роботі проаналізовано різні доменні моделі.

Ключові слова: доменна модель; активна модель; анемічна модель домену; багата модель домену.

Вступна частина. Розробка доменної частини застосунку є важливою задачею для розробника, адже саме ця частина відображає предметну область і дані, з якими працює застосунок. При цьому далеко не кожен застосунок потребує доменної частини. Коли йдеться про прості й нескладні завдання, створення окремого шару буде зайвим.

Мета роботи – аналіз популярних доменних моделей.

Основна частина. Під час розробки програмного забезпечення поняття логіки домену або доменного рівня використовують для опису бізнес-логіки, тобто моделювання взаємодії бізнес-об'єктів програми. Є різні погляди на розробку доменної моделі.

Активна модель (Active Record) використовується для невеликих і середніх застосунків, завдяки своїй простоті та інтеграції. Вона використовується у багатьох фреймворках як частина архітектури [1]. Суть побудови цієї моделі полягає в тому, що вона містить як дані, так і елементи бізнес-логіки. Маючи доступ до бази даних, вона працює з нею особисто. Така модель не має чітких вимог до інкапсуляції. Перевагами моделі є спрощення роботи з базою даних та ORM (Object-Relational Mapping), а недоліками — перенасичення моделі, складність підтримки проєкту при зростанні кодової бази, порушення принципу єдиної відповідальності [2].

Анемічна модель домену (Anemic Domain Model) добре проявляє себе в невеликих і середніх застосунках, але дещо програє у великих. Суть її в тому, що вона не має жодної бізнес-логіки та ігнорує інкапсуляцію. Тобто анемічна модель є набором даних, якими вільно може користуватися або змінювати клієнтський код. Вся бізнес-логіка та взаємодія з базою даних застосунку при такому підході віддається в руки інших частин застосунку [3]. Перевагами є простота, хороша інтеграція з різними ORM та висока швидкість розробки. Недоліками є порушення принципів ООП, погана стабільність і безпека, особливо у великих проєктах, де ймовірність припуститись помилки через відсутність інкапсуляції є великою.

Багата модель домену (Rich Domain Model) є протилежністю анемічної моделі. По-перше, багаті моделі містять бізнес-логіку, по-друге, вони інкапсульовані та керують своїм станом і поведінкою, абстрагуючись від бази даних і всього, що не стосується предметної області [4]. Переважно такі моделі використовують у контексті предметно-орієнтованого програмування, в якому наріжним каменем застосунку є саме доменна частина, а інші частини застосунку орієнтовані на неї. У свою чергу, багаті моделі поділяють на три види: агрегатні корені, сутності та значущі об'єкти [5].

Значущий об'єкт (Aggregate Root) — проста, переважно незмінна модель, яка відображає певне значення з предметної області та інкапсулює логіку його створення і взаємодії. Він не має унікального ідентифікатора і здебільшого є частиною сутності або агрегатного кореня.

Сутність (Entity) — комплексна модель, яка переважно складається з значущих об'єктів і має унікальний ідентифікатор. Вона може містити в собі більш складну логіку, ніж значущі об'єкти, і є частиною агрегатного кореня.

Агрегатний корінь (Value Objects) – основна сутність в агрегаті, що є вхідною точкою для доступу та зміни сутностей, що належать до цього агрегату. Агрегат сам по собі є сукупністю пов'язаних сутностей та значимих об'єктів, які розглядаються як єдине ціле для управління та цілісності даних. Тобто всі зміни сутностей можуть відбуватися лише через корінь.

Рішення про те, які сутності повинні бути призначені агрегатними коренями, є одним із найскладніших і найважливіших. Агрегатним коренем варто призначати ту сутність, без якої всі частини цього агрегату не мають особливого сенсу і не можуть існувати окремо від неї. Для наочності можна навести приклад бізнесу з бронювання залів. Припустимо, що у залу є певне обладнання, наприклад: проєктор, інтернет тощо. У такому випадку модель залу міститиме колекцію обладнання. Виходячи з предметної області в контексті цього бізнесу обладнання не має сенсу без залу і не може існувати окремо від нього, отже, зал є агрегатним коренем відносно сутності обладнання.

Перевагами багатой моделі є: висока стабільність, гарна підтримуваність і масштабованість, що особливо важливо для великих проєктів. Недоліками є: складність цього підходу, адже він вимагає хороших знань самої концепції та предметної області; уповільнена швидкість розробки, особливо на етапі проєктування, що робить цей підхід не найкращим вибором для невеликого проєкту або у разі, коли швидкість розробки є критично важливою.

Висновки. Розробка доменної частини застосунку є важливим етапом, який часто впливає на архітектуру застосунку. Проведений аналіз показав, що для масштабних, великих проєктів кращим кандидатом є багата модель, оскільки вона здатна забезпечити високу стабільність, безпеку та масштабованість. Для малих та середніх проєктів краще надати перевагу анемічній або активній моделі, залежно від обставин. Якщо потрібно спростити роботу з базою даних, варто вибрати активну модель, а якщо важливою є швидкість, наприклад, для створення мінімально життєздатного продукту, краще вибрати анемічну модель.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Smith, K. (2023). *How to Produce a Rich Domain Model with Active Record*. <https://kevinsmith.io/how-to-produce-a-rich-domain-model-with-active-record/>
- [2] Hanselman, S., Shifflet, D. (2021). *Implementing a Domain with POJO*. <https://blog.ndepend.com/implementing-a-domain-with-poco-plain-old-clr-objects/>
- [3] Schenk, M. (2023). *Anemic Domain Model vs. Rich Domain Model*. <https://medium.com/@inzuael/anemic-domain-model-vs-rich-domain-model-78752b46098f>
- [4] Fowler, M. (2020). *Domain Driven Design*. <https://martinfowler.com/bliki/DomainDrivenDesign.html>
- [5] Paulovich, I. (2018). *Rich Domain Model with DDD/TDD (Reviewed)*. <https://paulovich.net/rich-domain-model-with-ddd-tdd-reviewed/>

Dermenzhi Konstantin

Analysis of the development of the domain part in the oop paradigm

Abstract. Software systems should be based on a well-developed domain model. Projects with complex business logic require the developer to understand processes that require automation. Different domain models are analyzed in the work..

Keywords: domain model; active record; anemic domain model; rich domain model.

УДК 629.7.083

ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ СТРАТОСФЕРНИХ ПЛАНЕРІВ ДЛЯ СПОСТЕРЕЖЕННЯ І РОЗВІДКИ

Артёмов. І.В.¹; Артёмова. А.В., к.т.н., доцент²

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ»

Україна, Харків

¹ i.artomov@khai.edu; ² ORCID 0000-0002-6761-2066

Анотація. В публікації проаналізовано використання автономних стратосферних планерів для тривалого спостереження за територіями. Пропонується створення багаторівневої системи спостереження, де планери використовують енергію вітру та сонця для тривалих польотів. Окремо розглядається програмне забезпечення для управління польотом та обробки даних.

Ключові слова: стратосфера; планер; спостереження; динамічне ширяння.

Постановка проблеми. Автономні повітряні системи є перспективними інструментами для досягнення завдань, пов'язаних із тривалим спостереженням за визначеними територіями. Хоча сучасні супутникові мережі, такі як Starlink і Iridium, забезпечують значне покриття, повністю глобальне і безперервне спостереження вимагає або численних супутників, або геосинхронних систем. Це створює низку проблем, включно з низькою роздільною здатністю через велику відстань до цілі, обмеженою кількістю орбітальних слотів, забезпеченням надійного зв'язку в екстремальних погодних умовах і складністю масштабування інфраструктури. Одним із потенційних рішень цих викликів є використання стратосфери як нового стратегічного простору.

Метою цього дослідження є розробка та впровадження глобальної системи спостереження та розвідки (ISR), що базується на використанні автономних стратосферних планерів. Вивчаються можливості збільшення тривалості польотів безмоторних планерів за рахунок використання енергії вітрових потоків і сонячної енергії для довготривалого спостереження. Крім того, дослідження фокусується на розробці інфраструктури програмного забезпечення, що інтегрує засоби зв'язку, датчики та канали управління між супутниками, планерами та командними центрами.

Основним завданням є підвищення ефективності системи ISR через поліпшене охоплення, розширений діапазон і розширені можливості спостереження. Це досягається шляхом використання динамічного та статичного ширяння в стратосфері для тривалих польотів планерів, а також шляхом створення програмних рішень для керування польотом і обробки даних. Дослідження також ставить за мету подолання аеродинамічних викликів, пов'язаних із польотами при низьких числах Рейнольдса та високих числах Маха, для покращення моделей прогнозування поведінки повітряних потоків на великих висотах.

Актуальність цього дослідження обумовлена зростаючою потребою в ефективних і тривалих системах спостереження та розвідки (ISR), що здатні забезпечувати безперервний моніторинг великих територій у режимі реального часу. Сучасні супутникові системи, такі як Starlink або Iridium, мають обмеження щодо охоплення, роздільної здатності, доступності орбітальних слотів та складності підтримки стабільного зв'язку в екстремальних погодних умовах. Відповідно, дослідження альтернативних методів спостереження, таких як стратосферні планери, стає необхідним для подолання цих проблем.

Застосування стратосферних планерів дозволяє використовувати нові технічні рішення, що забезпечують постійне спостереження завдяки їхній витривалості та можливості використовувати енергію вітрових потоків і сонця. Це дослідження спрямоване на підвищення ефективності глобальних ISR систем шляхом розширення покриття та тривалості спостереження з меншою залежністю від обмежень традиційних супутникових систем.

Актуальність також підкреслюється необхідністю інтеграції сучасних програмних рішень, здатних забезпечити автономне управління планерами та обробку великих обсягів даних у режимі реального часу. Це має велике значення для виконання місій у складних і віддалених регіонах, де традиційні засоби спостереження неефективні.

Виклад основного матеріалу. Для польотів у стратосфері застосовуються системи на основі повітряних куль, легших за повітря, або безпілотних літальних апаратів, спеціально розроблених для тривалих місій на великій висоті. Раніше подібні системи розробляли такі компанії, як Boeing, AeroVironment, Airbus та Lockheed-Martin, однак використання силових установок суттєво ускладнює конструкцію та збільшує масу апаратів, що є критичним фактором для їхньої тривалої експлуатації на великих висотах.

Для забезпечення ефективного доступу до спостережуваних територій пропонується створення глобальної системи спостереження та розвідки (ISR), основними технологічними компонентами якої є стратосферні планери та комплекс інфраструктури допоміжного програмного забезпечення. Стратосферні планери нового покоління здатні використовувати енергію динамічного ширяння в непостійних атмосферних потоках, а також сонячну енергію, що значно збільшує тривалість їх місій.

Інший важливий елемент цієї системи полягає в інтеграції засобів зв'язку, сенсорного обладнання та каналів керування між супутниками, планерами і наземними командними центрами. Для побудови глобальної багаторівневої системи необхідна нова інфраструктура програмного забезпечення. Вона включає комунікаційні рішення для управління передачею даних та мережевими операціями, програмне забезпечення для автономної навігації та управління польотами, а також інструменти для спостереження та обробки даних. Ця система підвищить ефективність ISR завдяки покращенню покриття, розширенню діапазону і підвищенню спостережних можливостей.

Забезпечення тривалого терміну служби безмоторних планерів у стратосфері можливо завдяки використанню вітрової та сонячної енергії. Стратосфера характеризується наявністю різних вітрових режимів, включаючи реактивні течії та турбулентність, що відкриває можливості для використання енергії вітру. Планери можуть отримувати підйомну силу і рухатися вперед за рахунок різниці швидкостей і напрямків вітру на різних висотах, забезпечуючи ефективне виконання довготривалих місій.

Статичне ширяння ґрунтується на використанні висхідних повітряних потоків, таких як терміки, що утворюються через нерівномірне нагрівання земної поверхні. Планери здатні ефективно кружляти в межах цих терміків для набору висоти без витрат енергії. Динамічне ширяння передбачає маневрування в повітряних масах із різною швидкістю вітру з метою отримання кінетичної енергії. Планер може зберігати або навіть збільшувати свою енергію без використання двигуна завдяки ретельному плануванню маневрів. Особливий інтерес становлять реактивні течії — потужні та стійкі вітри, що існують по всій планеті.

Поєднання енергії вітру і сонячної енергії дозволяє планеру підтримувати тривалі польоти. Взаємодія динамічного та статичного ширяння забезпечує ефективне використання атмосферних умов, тоді як сонячна енергія виступає надійним і відновлюваним джерелом

енергії. Ця інтегрована методика підвищує тривалість автономних польотів і сприяє реалізації довготривалих місій у стратосфері.

Автономне управління енергоресурсами значно покращується завдяки знанням про навколишнє середовище. Наприклад, планери збирають дані про повітряне середовище, які передаються в оперативний центр для синхронізації з існуючими погодними моделями, що дозволяє оновлювати регіональні карти повітряних потоків. Місцеві дані, оброблені на борту планера, допомагають оптимізувати енергоефективні траєкторії польоту. Цілі місії, такі як точки маршруту або межі регіону, визначаються користувачем і використовуються як параметри в алгоритмах автономної навігації.

Постійний зв'язок між автопілотом і бортовим комп'ютером забезпечує отримання інструкцій польоту в реальному часі, що доповнюється системами керування положенням і управлінням кінетичною та потенційною енергією. Дані від датчиків, що використовуються автопілотом, передаються в комп'ютер для точного визначення орієнтації, швидкості та місця розташування літального апарата, що підвищує ефективність і автономність виконання місій.

Програмне забезпечення для спостереження та обробки даних використовує датчики для отримання зображень на різних масштабах, включаючи електрооптичні (ЕО) та інфрачервоні (ІР) технології. Воно також проводить моніторинг атмосферних параметрів, таких як тиск, температура та вітер. Завдяки меншій робочій висоті стратосферних планерів у порівнянні з орбітальними платформами, якість зображень із землі значно покращується. Стратосферні апарати також мають перевагу в постійній навігації та гнучкій зміні позиції для кращого охоплення цільових регіонів.

Програмне забезпечення для керування операціями відповідає за локалізацію та навігацію всіх компонентів системи під час виконання місій. Мікросупутники використовують автономну систему наведення для підтримки зв'язку зі стратосферними об'єктами та наведення на віддалені атмосферні сенсори. Планери керуються автономною системою польоту, яка визначає траєкторії на основі поточних умов навколишнього середовища та цілей місії. Для управління польотом використовуються комерційні системи автопілота, такі як Pixhawk blue [1] та мікропрограмна система AduPilot [2], що включає потрібні резервні інерційні вимірювальні блоки (IMU), барометричний датчик висоти MS5611 і GPS з підтримкою RTK (NEO-M8P) [3].

Навігаційні інструкції надходять від автономної системи управління, що працює на одноплатному комп'ютері Raspberry Pi Linux [4]. Планери, які функціонують за принципом «запустив і забув», використовують динамічні траєкторії ширяння в стратосфері, зокрема в реактивних потоках та зсувах. Вони автоматично визначають карти вітрів різних масштабів для вибору енергоефективних траєкторій польоту, що моделюються в реальному часі на основі нелінійних оптимізаційних алгоритмів. Ці траєкторії коригуються відповідно до вимог місії, а модифікації вагових коефіцієнтів враховують типи місій, визначені кінцевим користувачем через наземний інтерфейс управління.

Постійний моніторинг. Висотні планери, завдяки своїй високій витривалості, здатні забезпечувати безперервне спостереження за визначеними регіонами. Їх інтеграція з мікросупутниками розширює покриття, забезпечуючи можливість спостереження навіть поза прямою видимістю. Така мережа може використовуватися для завдань розвідки і спостереження, надаючи інформацію в реальному або майже реальному часі про певні регіони чи події. Постійна наявність систем візуалізації на висоті, що недосяжна для більшості загроз, підвищує надійність платформи ISR. Хоча камери, які використовуються на космічних апаратах, мають високу роздільну здатність, їхня ефективність обмежена відстанню та

орбітою. Впровадження цих технологій на стратосферних платформах значно розширює можливості мережі.

Для забезпечення тривалих польотів планери використовуватимуть енергію непостійних атмосферних потоків [5]. Протягом проекту будуть розроблені інноваційні динамічні маневри. У попередніх дослідженнях були виведені рівняння руху планера під час польоту в умовах неоднорідного вітру. Чисельне моделювання динаміки та енергетики проводилося для різних траєкторій з урахуванням атмосферних умов як на великих висотах, так і на рівні землі. Результати показали доцільність використання маневрів з позитивним енергетичним балансом в умовах нерівномірного вітру. Проведені попередні експериментальні польоти з отриманням телеметричних даних, які підтвердили доцільність запропонованих маневрів[6].

Висновки. Таким чином зазначимо, що польоти за умов низьких чисел Рейнольдса та високих чисел Маха створюють складні аеродинамічні проблеми. Повітряний потік навколо планера стає стисливим і нелінійним, що ускладнює точне прогнозування аеродинамічної поведінки[7]. Існуючі аеродинамічні моделі, досліджені раніше [8], можуть бути недостатні для таких умов і вимагають додаткового тестування та моделювання. Подальші дослідження та експерименти необхідні для глибшого розуміння цих аеродинамічних явищ та вирішення пов'язаних із ними викликів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Bouskela, A., Kling, A., Chandra, A., Schuler, T., Shkarayev, S., Thangavelautham, J. (2019). Planetary Exploration Using Cubesat Deployed Sailplanes. *International Astronautical Congress*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1910.03842>
- [2] Shkarayev, S., and Bouskela, A. (2020). Modeling of Dynamic Soaring Maneuvers in the Atmospheres of Earth and Mars. *AIAA AVIATION Forum*, 2020-2680. <https://doi.org/10.2514/6.2020-2680>
- [3] Bouskela, A., Kling, A., Schuler, T., Shkarayev, S., Kalita, H., and Thangavelautham, J. (2022). Mars Exploration Using Sailplanes. *Aerospace*, 9(6), 306. <https://doi.org/10.3390/aerospace9060306>.
- [4] Bouskela, A., Shkarayev, S.V. (2023). Numerical modeling and flight experiments of glider dynamics in non-uniform winds. *AIAA SCITECH Forum*, 757-779. <https://www.proceedings.com/content/069/069768webtoc.pdf>
- [5] Wachter, A. and Biegler, L.T. (2006). On the Implementation of a Primal-Dual Interior Point Filter Line Search Algorithm for Large-scale Nonlinear Programming. *Mathematical Programming*, 106, 25-57. <https://doi.org/10.1007/s10107-004-0559-y>
- [6] Bézard, H., Désert, T., Moschetta, J-M., and Jardin, T. (2019). Aerodynamic design of a Martian micro air vehicle. *8th European Conference for Aeronautics and Space Sciences*, <https://doi.org/10.13009/EUCASS2019-217>.
- [7] Anyoji, M., Numata, D., Nagai, H., Asai, K. (2015). Effects of Mach number and specific heat ratio on low-Reynolds-number airfoil flows. *AIAA Journal*, 53(6), 1640-1654. <https://doi.org/10.2514/1.J053468>
- [8] Anyoji, M., Okamoto, M., Fujita, K., Nagai, H., and Oyama, A. (2017). Evaluation of Aerodynamic Performance of Mars Airplane in Scientific Balloon Experiment. *Fluid Mech. Res. Int.* 1(3), 00012. <https://doi.org/10.15406/fmrij.2017.01.00012>.

Artomov, I.V., Artomova, A.V.

Innovative solutions of using stratospheric sailplanes for observation and recognition

Abstract. The publication analyzes the use of autonomous stratospheric gliders for long-term surveillance of territories. It proposes the creation of a multi-level surveillance system where gliders use wind and solar energy for long flights. Software for flight control and data processing is considered separately.

Keywords: stratosphere; sailplane; observation; dynamic soaring.

УДК 656.1

АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ ДЛЯ ПОБУДОВИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ

Покровський М.В.¹; Маршак О.І.²

^{1,2}Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

^{1,2}Україна, Миколаїв

¹231344@nuos.edu.ua; ²olena.marshak@nuos.edu.ua

Анотація. Розглядаються різні способи використання Інтернету речей у громадському транспорті, такі як відстеження транспортних засобів у реальному часі, прогнозне технічне обслуговування, інтелектуальні системи продажу квитків і функції безпеки пасажирів. Оцінюються труднощі та можливості, пов'язані з широким впровадженням IoT у цій сфері.

Ключові слова: Інтернет речей; транспортна система; безпека пасажирів.

Вступна частина. Інтернет речей (Internet of things – IoT) трансформує роботу систем громадського транспорту, що призводить до значного підвищення ефективності, безпеки та задоволеності пасажирів. Завдяки інтеграції датчиків, систем зв'язку та аналітики даних технології IoT дозволили транспортним органам контролювати роботу транспортних засобів, оптимізувати маршрути та покращувати загальне надання послуг.

Мета роботи полягає у вивченні різних варіантів використання IoT у громадському транспорті, досліджуючи як його потенційні переваги, так і проблеми впровадження. Крім того, необхідно проаналізувати практичні приклади, щоб продемонструвати, як рішення IoT змінюють сферу громадського транспорту.

Основна частина. Переваги впровадження IoT у громадському транспорті численні:

1. Підвищена безпека – в режимі реального часу відстежується працездатність транспортного засобу та поведінка водія. [1]
2. Покращена операційна ефективність – постачальники послуг громадського транспорту можуть покращити маршрути, зменшити споживання палива та зменшити витрати на технічне обслуговування, використовуючи дані IoT. [2]
3. Комфорт пасажирів – в режимі реального часу надаються оновлення про час прибуття, рівень заповнюваності та збої в обслуговуванні.
4. Підвищена екологічність – завдяки управлінню та оптимізації парку транспортних засобів можна мінімізувати вплив на навколишнє середовище за рахунок зменшення викидів вуглецю та споживання палива.
5. Прийняття рішень на основі даних – IoT створює великі обсяги даних, які можна досліджувати, щоб розпізнавати закономірності, прогнозувати вимоги до обслуговування та покращувати надання послуг.

Зразок системи громадського транспорту на основі технологій IoT показано на рис. 1. Ця система ефективно використовує технології IoT для підвищення ефективності роботи та задоволеності клієнтів. Завдяки використанню датчиків IoT в транспортних засобах та транспортній інфраструктурі система може передбачити й запобігти потенційним проблемам з обслуговуванням до того, як вони спричинять збої. Ці датчики постійно збирають дані про стан критичних компонентів, таких як гальма, двері та системи сигналізації. Це дозволяє командам технічного обслуговування вживати активних заходів для вирішення проблем і зменшення перебоїв у обслуговуванні. Така проактивна позиція підвищує надійність

послуги, а також зменшує загальні витрати на обслуговування транспортної організації. Крім того, дані IoT використовуються для оптимізації розкладу руху відповідно до моделей попиту пасажирів у години пік. Моніторинг заповнення в режимі реального часу також доступний для сповіщення пасажирів про перевантажені зони, рівномірно розподіляючи навантаження між посадочними платформами. [3]

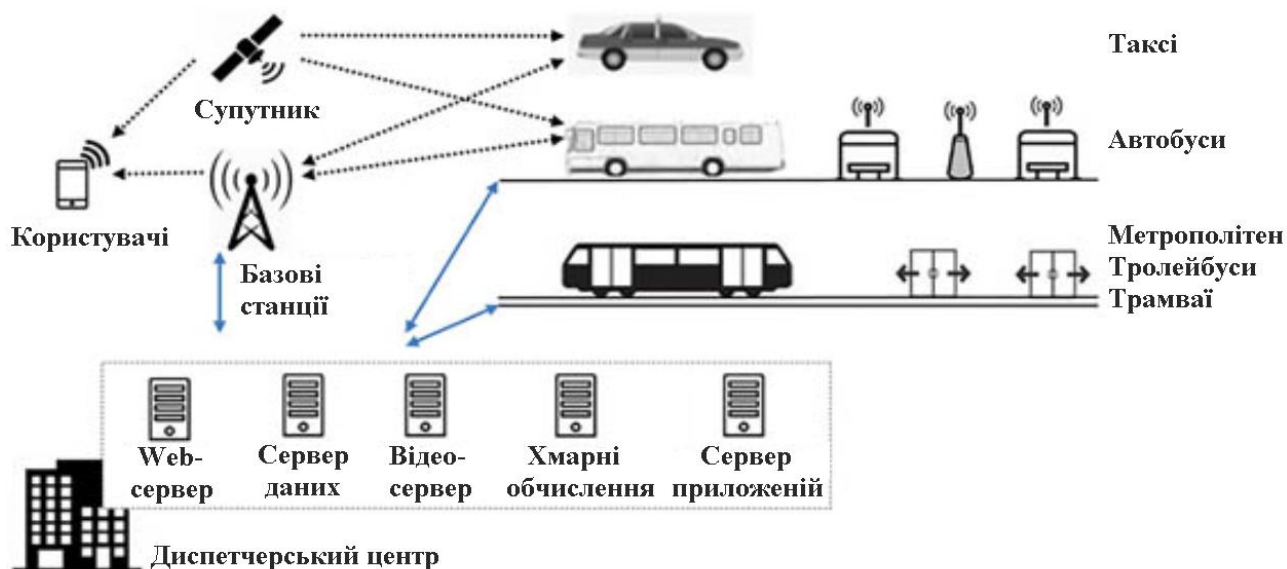


Рисунок 1 – Зразок системи громадського транспорту на основі технологій IoT

Впровадження IoT для інтелектуальних систем продажу квитків значно покращує комфорт пасажирів і дає цінну інформацію для оптимізації послуг. Завдяки використанню систем оплати проїзду з підтримкою IoT пасажирів можуть легко отримати доступ і оплатити свої тарифи за допомогою різних безконтактних методів, таких як мобільні пристрої та смарт-картки безпосередньо у транспорті. Дані, зібрані в результаті цих транзакцій, дозволяють транспортним компаніям аналізувати моделі подорожей, визначити години пік і оптимізувати графіки обслуговування, щоб краще задовольняти попит пасажирів. Крім того, моніторинг заповненості транспорту в режимі реального часу дозволяє ефективніше розгортати транспортні засоби, щоб вирішити проблему переповненості та підвищити загальну надійність обслуговування. Тематичні дослідження існуючих транспортних систем демонструють, що, незважаючи на те, що існують проблеми з інтеграцією IoT у громадський транспорт, результативні покращення ефективності роботи, комфорту пасажирів та обслуговування інфраструктури є справді трансформаційними. Завдяки ретельному плануванню, інвестиціям і співпраці можна реалізувати весь потенціал IoT у громадському транспорті, прокладаючи шлях до розумніших і стійкіших рішень для міської мобільності. [4]

Інтеграція технологій IoT у громадському транспорті відкриває нові можливості для партнерства та інноваційних послуг. Співпраця з підприємствами приватного сектору, такими як постачальники технологій і фірми з аналізу даних, може призвести до розробки інноваційних рішень для мобільності та послуг, що приносять прибуток, створюючи нові джерела доходу для транспортних агентств. Загалом, економічний вплив IoT у громадському транспорті виходить за рамки миттєвої економії витрат, сприяючи більш фінансово стійкій та адаптивній транзитній екосистемі. Оскільки IoT продовжує розвиватися та стає все більш інтегрованим у системи громадського транспорту, потенціал для економічного зростання та

інновацій у транспортному секторі є значним. Використання IoT в системі планування та контролю показано на рис. 2.



Рисунок 2 – Використання IoT в системі планування та контролю

IoT може допомогти зменшити викиди вуглецю від громадського транспорту кількома способами. Одним із найважливіших способів є оптимізація маршрутів і диспетчеризація транспортних засобів на основі даних про дорожній рух у реальному часі, що може допомогти зменшити споживання палива та викиди вуглецю. Датчики IoT також можуть відстежувати справність автопарку з будь-якого підключеного пристрою, дозволяючи здійснювати прогнозне технічне обслуговування, щоб оцінити стан транспортних засобів і передбачити несправності до їх виникнення. Це може допомогти уникнути несправностей, продовжити термін служби транспортних засобів і підвищити надійність транспортних засобів, що контролюються. Це може призвести до зниження попиту на нові транспортні засоби та зниження викидів вуглецю. [5]

Окрім безпеки та економічних переваг, IoT також надає значний потенціал для підвищення безпеки в системах громадського транспорту. Інтеграція рішень IoT для цілей безпеки пропонує такі переваги:

1. Камери та датчики спостереження з підтримкою IoT виявляють незвичайну поведінку, неавторизований доступ або підозрілі дії, дозволяючи проактивне втручання для зменшення ризиків безпеки.
2. Системи контролю доступу на основі IoT і технології біометричної ідентифікації можуть підвищити безпеку транспортних засобів і обмежити несанкціонований

вхід, а також запропонувати надійний спосіб підтвердити особу для пасажирів або персоналу.

3. Додатки IoT можна використовувати для відстеження руху та розташування транспортних засобів і вантажу в режимі реального часу.
4. Технології IoT можуть включати потужні заходи безпеки для запобігання несанкціонованому проникненню, витоку даних і кібератакам, захищаючи конфіденційність і цілісність даних.

Хоча переваги впровадження IoT у громадському транспорті значні, необхідно вирішити кілька проблем: великі інвестиції у нові технології, інфраструктуру та персонал; захист значної кількості конфіденційних даних, які збираються, зберігаються та передаються; налаштування різних мереж та платформ для з'єднання у загальну систему. Незважаючи на ці проблеми, потенціал IoT незаперечний. Оскільки технології продовжують розвиватися та встановлюються стандарти сумісності та безпеки, очікується, що широке впровадження IoT у громадському транспорті подолає ці перешкоди та забезпечить значну цінність для операторів, пасажирів та міського середовища.

Висновки. Інтеграція IoT у системи громадського транспорту відкриває багато можливостей і переваг, включаючи оптимізацію ефективності, покращення безпеки та підвищення комфорту пасажирів. Оскільки транспортні компанії продовжують охоплювати та використовувати потенціал IoT, еволюція та трансформація транспортного сектору, безсумнівно, сприятиме створенню більш стійкої, сталої та орієнтованої на пасажирів транспортної екосистеми.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Luo, X. -G., Zhang, H. -B., Zhang, Z. -L., Yu, Y. & Li, K. (2019) A New Framework of Intelligent Public Transportation System Based on the Internet of Things. *IEEE Access*, 7, 55290-55304.
- [2] Chavhan, S., Gupta, D., Gochhayat, S. P., Chandana, B. N., Khanna, A., Shankar, K., & Rodrigues, J. J. P. C. (2022) Edge Computing AI-IoT Integrated Energy-efficient Intelligent Transportation System for Smart Cities. *ACM Transactions on Internet Technology*, 22(4), 1-18.
- [3] Technological innovations that make London Underground Work (2016). <https://www.intelligenttransport.com/>
- [4] Lawrence, C. (2021) NYC IoT Strategy Paves the Way Forward for Smart City Development - IoT Tech Trends. <https://www.iottectrends.com/>
- [5] Elstad, S. (2023). <https://greenerideal.com/>

Pokrovskiy M.V., Marshak O.I.

Analysis of the use of the Internet of Things to build an intelligent transport system

Abstract. Various uses of IoT in public transport are considered, such as real-time vehicle tracking, predictive maintenance, intelligent ticketing systems and passenger safety features. Challenges and opportunities associated with widespread adoption of IoT in this area are assessed.

Keywords: Internet of Things; transport system; passenger safety.

УДК 004

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОСТІ БПЛА

Горбань В.В.¹; Немченко В.В.²; Немченко В.Ю.³^{1,2} Черкаський державний технологічний університет; ³ Черкаський державний бізнес-коледж^{1,2,3} Україна, Черкаси¹ h.vadym83@gmail.com; ² nemchenkovv@ukr.net; ³ victoria.nvy@gmail.com

Анотація. Штучний інтелект (ШІ) значно розширює можливості безпілотних літальних апаратів (БПЛА), дозволяючи автоматизувати навігацію, покращувати розпізнавання об'єктів і приймати рішення в реальному часі. У роботі аналізуються сучасні методи використання ШІ для оптимізації функціональності БПЛА, зокрема в контексті автоматизації навігації, обробки зображень та розумного керування польотом. Основні результати вказують на перспективи подальшого розвитку таких технологій для різних галузей.

Ключові слова: безпілотні літальні апарати; штучний інтелект; автоматизація; розпізнавання об'єктів.

Вступна частина. Розвиток сучасних технологій безпілотних літальних апаратів (БПЛА) відкриває нові можливості для їхнього використання в різних галузях, таких як логістика, сільське господарство, рятувальні операції, військові задачі, моніторинг навколишнього середовища тощо. Основними перевагами БПЛА є їхня здатність працювати в умовах, недоступних або небезпечних для людини, а також точність і швидкість виконання завдань. Проте існуючі методи управління БПЛА часто обмежуються попередньо запланованими маршрутами або вимагають постійного контролю з боку оператора, що знижує їхню ефективність в умовах мінливого середовища.

Штучний інтелект (ШІ) у поєднанні з машинним навчанням має потенціал значно підвищити функціональність БПЛА [1]. ШІ надає можливість автоматизувати процеси навігації, розпізнавання об'єктів, ухвалення рішень та реагування на зміни в реальному часі. Наприклад, алгоритми глибинного навчання дозволяють апаратам самостійно аналізувати дані з датчиків, виявляти закономірності та швидко адаптуватися до змінних умов. Такі технології можуть бути особливо корисними в ситуаціях, коли необхідно швидко приймати рішення, а зв'язок з оператором відсутній або обмежений.

Однак, існують значні виклики та обмеження, які ускладнюють впровадження ШІ в БПЛА. Наприклад, обмежені обчислювальні ресурси на борту та потреба в енергоефективних рішеннях, а також питання надійності та безпеки програмного забезпечення. Незважаючи на ці труднощі, можливості інтеграції ШІ з безпілотними технологіями продовжують активно досліджуватися, і вже зараз існують значні досягнення в цій галузі.

Метою роботи є аналіз сучасних підходів до застосування ШІ для підвищення функціональності БПЛА, а також оцінка їхніх перспектив з урахуванням сучасних досягнень та обмежень.

Основна частина. Впровадження штучного інтелекту в технології БПЛА може бути розділене на кілька основних напрямків, які включають автоматизацію навігації, розпізнавання об'єктів та ухвалення рішень. Кожен з цих напрямків має свої специфічні

особливості та виклики, але разом вони формують цілісну концепцію інтелектуальних безпілотників, здатних виконувати завдання автономно.

Однією з головних задач, яку можна вирішити за допомогою ШІ, є підвищення ефективності автоматизації навігації. Традиційні методи навігації часто залежать від заздалегідь закладених маршрутів або постійного контролю з боку оператора. Використання ШІ дозволяє забезпечити динамічне планування маршруту, адаптацію до змінних умов середовища, а також розпізнавання перешкод і безпечне обмінування їх.

Сучасні алгоритми машинного навчання, такі як глибинне навчання, можуть використовуватися для аналізу даних, отриманих з камер, радарів, лідарами та інших сенсорів, що дозволяє БПЛА самостійно розпізнавати та класифікувати об'єкти на своєму шляху. Наприклад, згорткові нейронні мережі (Convolutional Neural Networks, CNN) демонструють високу ефективність у задачах комп'ютерного зору, дозволяючи розпізнавати типи перешкод, їхні розміри, форму та розташування [2]. Це значно покращує здатність БПЛА до самостійного ухвалення рішень щодо маршруту польоту.

Окремо слід відзначити алгоритми підкріплювального навчання, які використовуються для оптимізації траєкторій польоту в умовах невизначеності. Такі методи дозволяють навчати алгоритми через взаємодію з середовищем, що дає змогу БПЛА ефективно вирішувати задачі навігації в умовах складного рельєфу або у випадках, коли наявні дані є неповними.

Розпізнавання об'єктів є ще однією важливою складовою, що впливає на функціональність БПЛА. Сучасні технології дозволяють інтегрувати в БПЛА алгоритми комп'ютерного зору, які здатні розпізнавати об'єкти в реальному часі та забезпечувати високу точність ідентифікації. Це особливо важливо в таких галузях, як сільське господарство, де дрони використовуються для моніторингу стану посівів, або в рятувальних операціях, де необхідно швидко виявити постраждалих.

Наприклад, метод YOLO (You Only Look Once), який є одним з найшвидших алгоритмів для детектування об'єктів, використовується для виконання задач в умовах реального часу [3]. Його ефективність полягає в одноетапному підході до розпізнавання, що дозволяє БПЛА виявляти об'єкти на зображенні за одну обробку кадру. Застосування більш сучасних моделей, таких як Vision Transformers, може забезпечити ще вищу точність і швидкість розпізнавання завдяки здатності моделювати довгострокові залежності у вхідних даних.

Важливим аспектом є також обробка даних на борту. З огляду на обмежені ресурси, інтеграція апаратно-програмних рішень, що дозволяють виконувати обчислення швидко й ефективно, є критичним завданням для забезпечення автономної роботи дронів.

Штучний інтелект надає БПЛА здатність ухвалювати складні рішення в умовах невизначеності. Зокрема, методи підкріплювального навчання дозволяють навчати алгоритми ухвалювати рішення на основі аналізу середовища та оцінки різних параметрів, таких як енергоефективність, безпека польоту та оптимізація ресурсів.

У військових застосуваннях, де БПЛА можуть діяти автономно в зоні бойових дій, здатність до самостійного ухвалення рішень має критичне значення. Система на основі ШІ може забезпечити швидке реагування на зміну обстановки, а також адаптуватися до нових загроз або перешкод. Важливим напрямком досліджень є також забезпечення етики та безпеки в автоматизованих системах, що діють у таких чутливих сферах.

Висновки. Аналіз показує, що використання ШІ в безпілотних літальних апаратах має значний потенціал для покращення їхньої функціональності, включаючи автоматизацію

навігації, розпізнавання об'єктів і ухвалення рішень. Впровадження інтелектуальних алгоритмів підвищує адаптивність і ефективність БПЛА, дозволяючи їм виконувати складні завдання автономно. Однак на шляху до повної інтеграції цих технологій є певні виклики, пов'язані з обмеженнями обчислювальних ресурсів, забезпеченням надійності та безпеки.

Подальші дослідження та вдосконалення алгоритмів можуть призвести до суттєвого підвищення рівня автономності БПЛА, розширення їхніх функціональних можливостей і розширення сфер застосування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Gómez Arnaldo, C., Zamarreño Suárez, M., Pérez Moreno, F., & Delgado-Aguilera Jurado, R. (2024). Path planning for unmanned aerial vehicles in complex environments. *Drones*, 8(7), 288. <https://doi.org/10.3390/drones8070288>.
- [2] Sünderhauf, N., Brock, O., Scheirer, W., Hadsell, R., Fox, D., Leitner, J., Upcroft, B., et al. (2018). The limits and potentials of deep learning for robotics. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1804.06557>.
- [3] Redmon, J., & Farhadi, A. (2018). YOLOv3: An incremental improvement. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1804.02767>

Horban Vadym, Nemchenko Vadym, Nemchenko Victoria

Using artificial intelligence to improve UAV functionality

Abstract. Artificial intelligence (AI) significantly enhances the capabilities of unmanned aerial vehicles (UAVs) by automating navigation, improving object recognition, and making real-time decisions. This paper analyzes modern methods of using AI to optimize UAV functionality, in particular in the context of automated navigation, image processing, and smart flight control. The main results indicate the prospects for further development of such technologies for various industries.

Keywords: unmanned aerial vehicles; artificial intelligence; automation; object recognition.

МЕТОД ФІЛЬТРАЦІЇ ЗА КІЛЬКІСТЮ ПРОЙДЕНИХ ВУЗЛІВ В БОРОТЬБІ З DDoS-АТАКАМИ

Студенников В. Д.;¹ Рудник Д. М.²

^{1,2} Національний авіаційний університет

^{1,2} Україна, Київ

¹ vladstudennikovwork@gmail.com; ² 5739122@stud.nau.edu.ua

Анотація. У статті розглянуто метод фільтрації за кількістю пройдених вузлів як ефективний спосіб боротьби з DDoS-атаками. Описано принцип роботи фільтрації за кількістю переходів між маршрутизаторами, який дозволяє виявляти та блокувати зловмисні пакети, що використовуються в атаках. Метод допомагає виявляти аномальні пакети, характерні для DDoS-атак. Також наведено приклади його застосування та аналіз ефективності в реальних умовах.

Ключові слова: кібербезпека; DDoS-атака; інформаційна безпека; фільтрація трафіку.

Вступна частина. DDoS-атаки – зростаюча проблема, яка впливає на всіх користувачів мережі. Це навмисна дія, мета якої – перешкодити нормальному використанню інтернет-ресурсів. Основна ідея DDoS-атаки – вичерпати ресурси цілі і змусити її відповідати на величезну кількість помилкових запитів, при цьому запити звичайних користувачів залишаються без відповіді або будуть оброблятися дуже довго. [1]

Головною проблемою у боротьбі з DDoS-атаками є відсутність надійного способу визначення джерела пакетів, що дозволяє зловмисникам уникати відповідальності. [1]

Методи протидії DDoS-атакам можна розділити на пасивні і активні, а також на превентивні і реакційні. Нижче наведений короткий список основних методів [2]:

- Запобігання – профілактика причин, що змушують тих або інших осіб організовувати та здійснювати DDoS-атаки.

- Зустрічні міри – вводячи технічні або правові міри, потрібно якомога активніше діяти на джерело та організатора DDoS-атаки.

- Програмне забезпечення – на ринку сучасного програмного і апаратного забезпечення існує і таке, що може захистити сервіси від слабких DDoS-атак.

- Фільтрація і блекхолинг (з англ. Blackholing – методи проти спаму) – блокування вихідного трафіку від атакуючих машин. Ефективність цих методів знижується по мірі наближення до об'єкта атаки і підвищується по мірі наближення до атакуючої машини.

- Зворотній DDoS – перенаправлення трафіку, використаного для атаки, на атакуючого.

- Усунення вразливостей – не працює проти флуд-атак, для яких «вразливістю» є обмеженість тих чи інших системних ресурсів. Сама міра націлена на усунення помилок в системах і службах.

- Збільшення обсягу ресурсів – як окремий метод демонструє певну обмеженість, але може стати хорошою базою для використання інших видів захисту від DDoS-атак.

- Розподіл – побудова розподілених і дубльованих систем, які не припиняють обслуговувати користувачів, навіть якщо деякі їх елементи стануть недоступними через DDoS-атаки.

- Ухилення – відхилення безпосередньої цілі атаки подалі від інших ресурсів, які часто також є вразливими разом з самою ціллю атаки.

- Активні зворотні дії – вплив на джерело, організатора або центр управління атакою, як технічними так і організаційно-правовими методами.

- Використання обладнання для захисту від DDoS-атак.

- Купівля сервісу по захисту від DDoS-атак.

Одним з сучасних методів боротьби з DDoS-атаками є фільтрація запитів за кількістю пройдених вузлів у мережі. Запит звичайного клієнта йде напряду від клієнтського пристрою до цілі, проте в разі DDoS-атаки запит проходить довший шлях – від комп'ютера зловмисника до зараженого комп'ютера, який здійснюватиме запит, і лише після чого направляється до цілі. Таким чином, з однієї і тієї ж локації звичайні запити проходять менший шлях по мережі, ніж запити, що є частиною DDoS-атаки.

Метою роботи є дослідження методу фільтрації запитів за кількістю пройдених вузлів для боротьби з DDoS-атаками і дослідженні потенційних проблем даного методу.

Основна частина. Кількість пройдених маршрутизаторів запитом можна порахувати на основі поля TTL в IP-пакеті – це 8-бітове поле, в яке записується максимальна кількість переходів пакету у мережі перед тим, як його буде знищено. При проходженні пакету через маршрутизатор значення в даному полі зменшується на 1. [3]

Таким чином, порахувати кількість пройдених маршрутизаторів можна, віднявши від початкового значення TTL те значення, що залишилося після досягнення цілі. Наприклад, якщо під час відправки пакету поле TTL дорівнювало 32, а після досягнення цілі TTL став рівним 20, то запит пройшов через $32 - 20 = 12$ маршрутизаторів (12 маршрутизатор є цільовим).

Даний метод боротьби з DDoS-атаками ускладнюється тим, що кожен пристрій при відправці пакету може задати будь-яке значення TTL, таким чином, відправивши запит з одного пристрою, поле TTL на цільовому пристрої може приймати різні значення в залежності від початкового значення TTL. Проте всі операційні системи, як правило, задають значення TTL за списку: 30, 32, 60, 64, 128 або 255, що значно спрощує обрахунки можливих кінцевих значень TTL. [3]

Також шлях різних пакетів по мережі може бути різним: один і той самий пакет може проходити через різну кількість маршрутизаторів, щоб дістатися цілі. Проте у [3] було визначено, що ймовірність, з якою кількість пройдених маршрутизаторів приймає конкретне значення, добре апроксимується функцією нормального розподілу.

У [3] було обрано декілька веб-ресурсів та визначено кількість пристроїв, через які проходить запит від клієнтського пристрою до заданого веб-ресурсу, з допомогою утиліти traceroute. На рисунку 1, зокрема, зазначено залежність між кількістю пройдених запитом маршрутизаторів до веб-ресурсу Стенфордського університету і кількістю дослідів, у яких запит пройшов задану кількість пристроїв, а також графік функції нормального розподілу. З рисунку 1 видно, що отримані експериментальні дані дійсно добре апроксимуються функцією нормального розподілу.

З допомогою нормального розподілу можна визначити ймовірність того, що деякий запит є нормальним або є частиною DDoS-атаки, а запити, в яких вказано достатньо мало ймовірний TTL, вважатимуться аномальними і не будуть розглядатися системою.

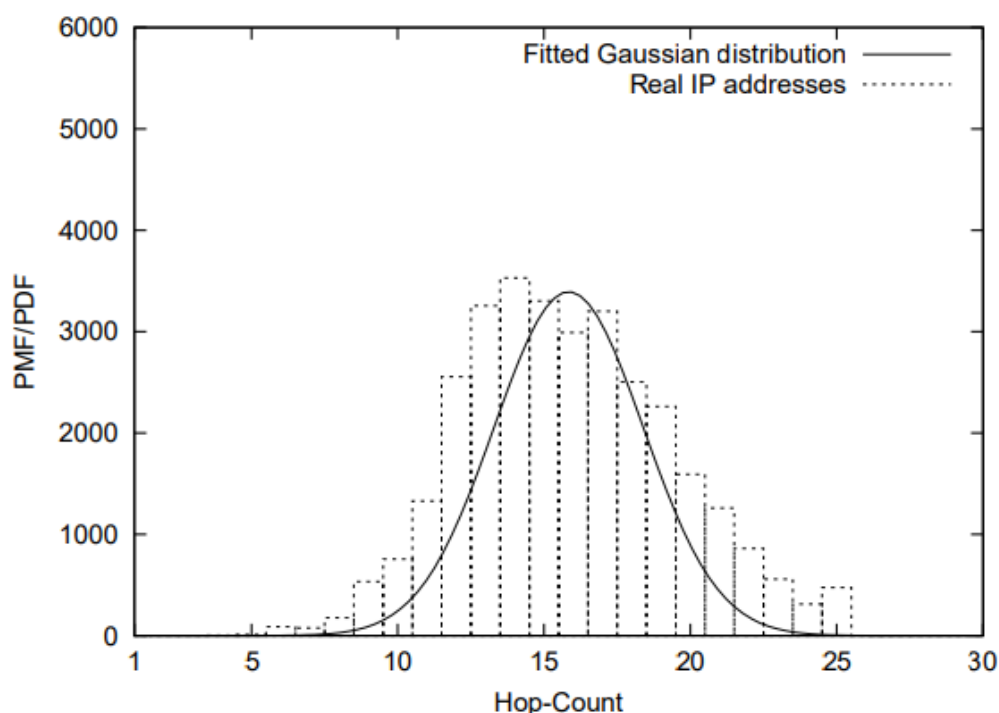


Рис. 1 – залежність між кількістю маршрутизаторів, що проходив кожен пакет від клієнтського пристрою до веб-ресурсу Stanford University, і кількістю експериментів, в яких пакет проходив задану кількість маршрутизаторів

Висновки. Метод фільтрації за кількістю пройдених вузлів є дієвим методом для боротьби з DDoS-атаками. На основі ідеї про те, що можна класифікувати пакети як злоякісні або нормальні на основі кількості пройдених маршрутизаторів в мережі, а також використовуючи статистичні та алгоритмічні методи, сьогодні створюються нові, ефективні апаратні та програмні інструменти для боротьби за DDoS-атаками, що здатні допомогти веб-ресурсами убезпечити себе від цього небезпечного типу атак.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Гвозденко, М., & Чобу, Я. (2014). Технічні та програмні засоби виявлення джерела DDoS-атаки. *Global Scientific Unity* 2014, 1.
- [2] Ковальов, В.А. (2019). Методи виявлення DDoS-атак [Магістерська робота, Вінницький національний технічний університет]. <https://iq.vntu.edu.ua/repository/getfile.php/1123.pdf>
- [3] Wang, H., Jin, C., & Shin, K. G. (2007). Defense Against Spoofed IP Traffic Using Hop-Count Filtering. *IEEE/ACM Transactions on Networking*, 15(1), 40–53. <https://doi.org/10.1109/tnet.2006.890133>

Studennykov V. D., Rudnyk D. M.

Hop count filtering for DDoS-attacks prevention

Abstract. The article discusses the hop count filtering method as an effective way to prevent DDoS attacks. The principle of operation of filtering by the number of transitions between routers is described, which allows detecting and blocking forged packets used in attacks. The method helps to detect anomalous packets typical of DDoS attacks. Examples of its application and analysis of effectiveness in real conditions are also given.

Keywords: cybersecurity; DDoS attack; information security; traffic filtering.



СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ В ГАЛУЗІ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ПРОГНОЗУВАННЯ ПОПУЛЯРНОСТІ КОНТЕНТУ В СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖАХ НА ОСНОВІ ОБРОБКИ ВЕЛИКИХ ДАНИХ

Івченко І.Ю., к.е.н., доц; Михелев І.Л., к.т.н., доц.

¹ Національний університет «Одеська політехніка»; ² Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

¹ Україна, Одеса; ² Україна, Миколаїв

¹ i.y.ivchenko@op.edu.ua , ORCID 0000-0002-1977-0342; ² igor.michelev@nuos.edu.ua , ORCID 0000-0001-9579-6547

Анотація. У статті розглядається задача прогнозування популярності контенту в соціальних мережах за допомогою обробки великих даних. Особлива увага приділяється проблемам роботи з неповними даними та застосуванню нейронних мереж для прогнозування поведінки користувачів. Запропонована прогнозна нейромережева модель поведінки об'єктів на базі часових рядів соціальних мереж. Результати дослідження демонструють практичну цінність моделі для оптимізації стратегій просування та оцінки впливу зовнішніх чинників на популярність контенту.

Ключові слова: прогнозування; соціальна мережа; нейронна мережа; часовий ряд.

Вступ. Бізнес має бути в курсі соціальних переваг суспільства щодо його потреб і бажань. Ці переваги залежать від цінностей, переконань і звичаїв населення. Компанії часто намагаються впливати на соціальні цінності за допомогою маркетингових, рекламних та цільових стратегій. Тому перед бізнес-аналітиками постає актуальне завдання прогнозування популярності контенту на основі аналізу великих обсягів даних. Джерелами таких даних є соціальні мережі, а також різноманітні платформи для обміну контентом, аналітичні системи веб-трафіку, онлайн-опитування та інші канали взаємодії з аудиторією, що забезпечують доступ до поведінкової та демографічної інформації користувачів.

Прогнозування поведінки об'єктів соціальних мереж має широкий спектр застосувань, що охоплює як комерційні, так і некомерційні цілі. Це сприяє підвищенню ефективності комунікацій компаній і брендів з цільовою аудиторією, забезпеченню актуальності контенту інфлюенсерів, дослідженню суспільних настроїв соціальними та культурними організаціями, а також оптимізації взаємодії користувачів з платформами.

Для якісного аналізу великих обсягів даних, проведення перспективних оцінок, прогнозування та вибору найкращих варіантів розвитку в науковій літературі запропоновано багато математичних інструментів моделювання. Математична теорія прогнозування була закладена у роботах таких вчених як Н. Вінер, А. Колмогоров, А. Ширяєв та інших. Їхні ідеї стали фундаментом для побудови моделей, що ґрунтуються на екстраполяції стаціонарних процесів. Але традиційні моделі прогнозування часто не враховують динамічні зміни, що відбуваються в соціальних мережах та контенті, оскільки популярність останнього підлягає впливу зовнішніх факторів, таких як суспільні події і зміни в поведінці користувачів. Так, використання тільки текстової інформації може не відобразити реальні тенденції популярності, обмежена точність даних може бути спричинена ігноруванням соціальних динамік і реальних подій. Тому інтеграція різноманітних джерел даних залишається складним завданням. У сучасній науці спостерігаються зміни, які обмежують застосування традиційних методів екстраполяції стаціонарних процесів, адже вони недостатньо адаптовані до якісних

змін (Gayo-Avello, 2012). Нестабільність інформації та соціальних впливів робить подібні моделі менш ефективними.

Дослідження вказують на те, що для точного прогнозування популярності контенту важливо враховувати різні типи даних, такі як текстові публікації, зображення та відео, джерелом яких є різноманітні соціальні мережі, телеграм-канали, інтернет-спільноти, чати та форуми. До того ж, соціальні мережі є складними системами, де людська поведінка може бути важко передбачуваною. Наприклад, популярність контенту може значно залежати від випадкових факторів, таких як дії впливових користувачів або несподівані соціальні події. Це ускладнює прогнозування, оскільки сучасні методи часто не можуть врахувати вплив окремих репостів або різких змін у настроях користувачів.

Для підвищення точності прогнозів необхідно розвивати адаптивніші методи, здатні враховувати динамічні зміни та інтегрувати різні джерела даних. У дослідженні соціально-економічних процесів, попри значний розвиток адаптивного прогнозування, досі не вирішені питання адаптації моделей для перспективного аналізу соціальних мереж, що доводить актуальність даного дослідження.

Розробка математичних моделей з використанням нейромереж є новим інструментом для вивчення таких соціально-економічних явищ як соціальні мережі та прогнозування популярності контенту на основі обробки великих даних.

Метою роботи є вибір та обґрунтування використання моделі, здатної працювати з великими обсягами даних соціальних мереж, аналізувати їх для виявлення закономірностей та передбачати зміни в популярності контенту. Особлива увага приділяється викликам, пов'язаним із роботою з неповними або зашумленими даними, а також обробці та аналізу багатомірних стохастичних даних для побудови прогнозів поведінки соціальних об'єктів у динаміці. Це сприятиме прийняттю управлінських рішень в умовах невизначеності та неповноти інформації, створюючи можливості для соціальних досліджень, вибору оптимальних стратегій просування, розміщення реклами, підвищення ефективності комунікацій з аудиторією та оцінки впливу зовнішніх чинників на популярність контенту, що допоможе забезпечити довгострокову конкурентоспроможність та інноваційний розвиток компаній.

Основна частина. Соціальні мережі є значущим джерелом вхідних даних для моделювання, оскільки вони дозволяють відслідковувати динаміку поширення контенту серед великої кількості користувачів.

Об'єктом дослідження є часові ряди, що характеризують репости контенту в соціальних мережах.

Репости контенту є показником соціальної активності користувачів, що відображає динаміку поширення інформації та рівень її популярності серед аудиторії. Ці вхідні дані мають стохастичний характер, належать до типу BigData, формуються за невизначеними правилами і містять значну кількість шуму. Дані про популярність контенту в соціальних мережах можуть не збиратися щодня, і при відсутності достовірних даних на певний період у моделі необхідно передбачити механізм корекції для аналізованих процесів. Це означає, що модель повинна враховувати пропущені дні спостереження, адаптуючи прогноз таким чином, щоб забезпечити коректність і точність результатів, незважаючи на пропуски у вибірці

Використання таких "сирих даних" створює складнощі для традиційних методів аналізу, що вимагає застосування спеціалізованих інструментів, таких як нейронні мережі та методи машинного навчання для обробки та виявлення прихованих закономірностей.

Для аналізу взаємозв'язків між репостами контенту та іншими факторами, що впливають на його популярність, а також для прогнозування динаміки популярності, запропоновано використати рекурентну нейронну мережу (мережа зі зворотними зв'язками). Базовим елементом моделі є динамічний нейрон для обчислення прогнозних показників репостів (рис. 1).

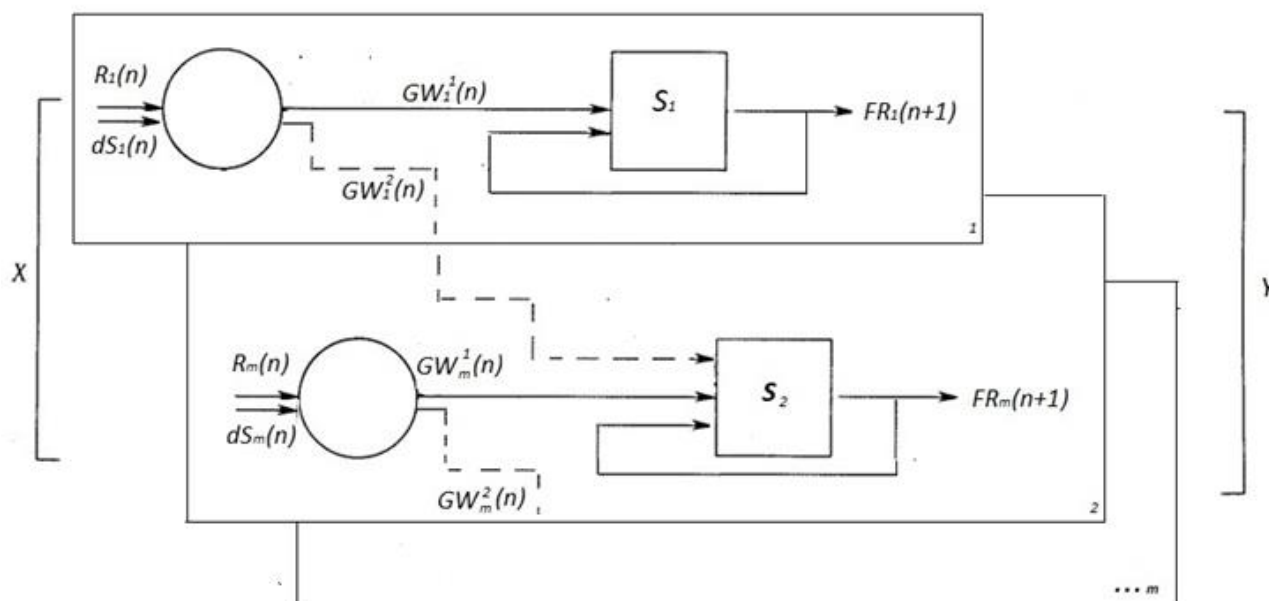


Рисунок 1 – Схема нейронної мережі

Вхідні змінні $X = \{R_i(n); dS_i(n)\}$ пов'язують нейрони з ядром через синапси, які характеризуються вагою $GW_i(n)$. Вага показує ступень впливу кожного входу на вихід нейрона. Таким чином, $GW_i(n)$ репрезентує надію нейрона на якість передбачення.

В процесі навчання нейронної мережі вагові коефіцієнти $GW_i(n)$ постійно уточнюються. Ядро нейрона S_i розраховує значення вихідних змінних $Y = \{FR_i(n)\}$ та видає вихідний сигнал. Навчання нейрона S_1 , наприклад, для передбачення репостів контенту як показника соціальної активності користувачів, здійснюється за допомогою алгоритму зворотного розповсюдження помилки, що передбачає налаштування вагових коефіцієнтів для підвищення точності прогнозів.

Кожна нова ітерація використовує змінені вхідні параметри (прогноз репостів $FR_i(n)$), які коригуються відповідно до поточних вхідних значень (кількість репостів $R_i(n-1)$) та передбачених виходів (передбачення кількості репостів $DRF_i(n-1)$). Завдяки процесу навчання, якість прогнозу швидко покращується, і нейронна мережа з кожною новою ітерацією стає здатною видавати все більш точні прогнози.

Висновки. У дослідженні представлено особливості побудови динамічної рекурентної нейронної мережі, призначеної для прогнозування часових рядів, що характеризують поведінку складних систем, до яких відносяться соціальні мережі. Базовим елементом нейронної мережі, запропонованої в цьому дослідженні, є динамічний нейрон, що виконує обчислення прогнозних показників репостів контенту в соціальній мережі. Нейронна мережа здатна постійно вдосконалюватися, що дозволяє в майбутніх дослідженнях забезпечити високу точність прогнозів шляхом інтеграції даних з різних типів контенту. Практична цінність розробленої моделі полягає в її універсальності та можливості застосування в будь-якому середовищі, яке потребує перспективного аналізу та прогнозування даних.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Wiener, N., (1965). *Cybernetics or control and communication in the animal and the machine*. M.I.T. Press Cambridge, Massachusetts P. 223
- [2] Gayo-Avello, D. (2012). *No, You Cannot Predict Elections with Twitter*. *Internet Computing, IEEE*. 16. 91-94. 10.1109/MIC.137.
- [3] Балабанов, О. С. (2019). *Аналітика великих даних: принципи, напрямки і задачі (огляд)*. *Проблеми програмування*. № 2. С. 47-68. <http://jnas.nbuv.gov.ua/article/UJRN-0001000726>, <https://doi.org/10.15407/pp2019.02.047>

Ina Ivchenko, Ihor Mykheliev.

Prediction of content popularity in social networks based on big data processing

Abstract. *The article addresses the task of forecasting content popularity on social media through the processing of big data. Special attention is given to the challenges of working with incomplete data and the application of neural networks for predicting user behavior. A predictive neural network model based on time series from social networks is proposed. The research results demonstrate the practical value of the model for optimizing promotion strategies and assessing the impact of external factors on content popularity.*

Keywords: *forecasting; social network; neural network; time series.*

УДК 004.89

АЛГОРИТМИ ABC-XYZ АНАЛІЗУ ТА МЕТОДИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ДАНИХ В УПРАВЛІННІ ТОВАРНИМ АСОРТИМЕНТОМ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Ковтун В. В.¹; Фаріонова Т.А., к.т.н., доц.²¹Національний університет «Одеська політехніка»; ²Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова¹Україна, Одеса; ²Україна, Миколаїв¹ORCID 0009-0003-4636-5099; ²ORCID 0000-0003-3384-4712

Анотація. В роботі представлено поетапний алгоритм управління асортиментом і товарними запасами на основі ABC-XYZ аналізу та інтелектуального аналізу даних. Представлений підхід демонструє можливість гнучкого керування складськими запасами та асортиментом, знижуючи витрати на їх зберігання. Основний акцент зроблено на вирішенні проблеми забезпечення точності прогнозування закупівель в умовах динамічного ринку.

Ключові слова: управління асортиментом; товарні запаси; ABC-XYZ аналіз; інтелектуальний аналіз даних; прогнозування

Вступна частина. Стабільність функціонування підприємства значною мірою залежить від стратегії управління його діяльністю та застосування того чи іншого підходу до управління. Слід зазначити, що впровадження ефективної концепції логістичного управління бізнес-процесами організації визначає подальші напрями та перспективи розвитку для компанії. Таким чином, підхід ABC-XYZ-аналізу може стати одним із методів організації роботи складського господарства та пов'язаних із ним логістичних процесів [1-3]

Основна частина. Сутність методу ABC-аналізу полягає у поділі зусиль із контролю над запасами на запаси, які потребують постійного контролю, та запаси, для яких достатнім є здійснення контролю з періодичною частотою шляхом поділу останніх на групи відповідно до класифікаційної ознаки, передбаченої таким методом. Згідно з таким поділом, запаси на складі ранжують за такими групами:

- група А (на яку припадає орієнтовно 20% обсягу запасів, що становлять 80% вартості запасів);
- група В (вона налічує близько 30% обсягу запасів, які становлять близько 10% вартості запасів);
- група С (найчисельніші запаси – близько 50% обсягу запасів, однак їх вартість є незначною – близько 10% загальної вартості) [1, 4, 5]

Метою роботи є підвищення ефективності управління асортиментом та товарними запасами підприємства шляхом розробки та впровадження алгоритму ABC-XYZ, який поєднує аналіз і методи інтелектуального аналізу даних.

Запропонований підхід забезпечує не тільки точність прогнозування закупівель, але й дозволяє підприємствам швидко адаптуватися до змін ринку. Це особливо важливо для компаній, що працюють у галузях з високим рівнем сезонності та динамікою попиту, оскільки ефективне прогнозування дозволяє зменшити втрати від дефіциту або надлишкових запасів [6].

Алгоритм складається з трьох етапів, кожен з яких спрямований на вирішення конкретних завдань в управлінні товарними запасами. Кожен етап алгоритму відіграє

важливу роль у загальному процесі, дозволяючи підприємству ефективно прогнозувати попит, планувати закупівлі та керувати запасами.

Етап 1: Класифікації товарів за допомогою ABC-XYZ аналізу. ABC-XYZ аналіз дозволяє розподілити товари на групи за їх важливістю (ABC) та стабільністю попиту (XYZ). Такий підхід допомагає підприємствам визначити пріоритети щодо кожної категорії товарів:

- ABC аналіз класифікує товари за їх вкладом у дохід підприємства. Товари категорії А є найбільш значущими з погляду прибутковості, категорія В охоплює товари з середнім вкладом у дохід, а категорія С включає товари з найменшою часткою у загальних продажах.

- XYZ аналіз оцінює стабільність попиту на товари. Товари категорії Х мають стабільний попит, категорія Y характеризується помірними коливаннями попиту, а категорія Z включає товари зі значною варіативністю попиту.

Поєднання цих двох методів дає змогу підприємству не тільки розподілити товари за їхньою значущістю, але й врахувати, наскільки стабільним є попит на кожен з них. Це дозволяє більш точно визначити необхідні запаси для кожної категорії товарів, зменшуючи ризик надлишкових запасів або дефіциту.

Етап 2: Побудова динамічної асортиментної матриці за допомогою "Дерева рішень". Цей етап передбачає побудову дерева рішень для структуризації товарних груп на основі даних ABC-XYZ аналізу. Дерево рішень надає можливість швидкої адаптації до змін ринкових умов. Наприклад, якщо попит на певну групу товарів раптово змінюється через сезонність або інші чинники, алгоритм може автоматично переглядати пріоритетність закупівель для цієї групи товарів. Це допомагає підприємствам бути більш гнучкими та швидко реагувати на ринкові коливання, що є критично важливим в умовах нестабільного ринку.

Етап 3: Прогнозування оптимальних обсягів закупівель. На основі результатів ABC-XYZ аналізу та дерева рішень, на третьому етапі будується модель прогнозування, яка визначає оптимальні обсяги закупівель для кожної товарної позиції. Важливим показником є рівень забезпеченості, який розраховується як кількість днів, на які вистачить поточного запасу товару для задоволення попиту. Прогнозування обсягів закупівель є одним з ключових аспектів управління запасами, оскільки дозволяє підприємствам зменшити витрати на зберігання товарів та запобігти втратам через недостачу запасів. Модель прогнозування враховує не тільки поточні тенденції попиту, але й сезонні коливання, що дозволяє підприємствам краще підготуватися до пікових періодів продажів або спадів.

Практична складова роботи передбачає застосування алгоритму та автоматизацію процесу прийняття рішень завдяки інтеграції з інформаційними систем підприємства та адаптивне налаштування параметрів управління запасами в залежності від отриманих результатів аналізу.

Важливо зазначити, що всі стадії аналізу, обчислень та прогнозування виконуються потужностями наявних облікових систем організацій. Це забезпечує прямий доступ до вихідних даних для аналізу, а також дозволяє автоматизувати процес прийняття рішень щодо закупівель, знижує ризик людської помилки та забезпечує більш ефективне використання ресурсів підприємства.

Висновки. 1 Розроблено алгоритм для управління асортиментом і товарними запасами на основі ABC-XYZ аналізу та методів інтелектуального аналізу даних, який дозволяє ефективно класифікувати продукти за важливістю та стабільністю попиту, що суттєво покращує процес прийняття рішень щодо планування закупівель.

2 Застосування поетапного підходу з класифікацією товарів і прогнозуванням закупівель є більш ефективним порівняно з традиційними лінійними методами управління запасами.

3 Перспективи подальших досліджень включають розширення використання методів машинного навчання для підвищення точності прогнозування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Тюленєва, Ю.В., Майстренко, Н.В. (2017). Застосування методу ABC-XYZ-аналізу під час управління логістичними процесами аграрного підприємства. *Глобальні та національні проблеми економіки*, 20, 598 – 603.
- [2] Полупан, Ю., Малєєва, О. (2024). Системна модель ризиків та дерева альтернативних рішень з удосконалення логістичного ланцюга виробничого підприємства. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*, 2 (28), 133 – 142. <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2024.2.133>.
- [3] Мартинець, В. Б., Кабан, О. В., Полянська, А. С. (2022). Оптимізація ланцюга постачання на підприємстві в умовах кризових явищ. *Актуальні проблеми розвитку економіки регіону*, 18, 112 – 125. <https://doi.org/10.15330/apred.2.18.112-127>.
- [4] Чорний, І. Г., & Чорний, М. Г. (2019). *Основи логістики*. Видавництво КНЕУ.
- [5] Santos, T. F., Gonçalves, A. T. P., Leite, M. S. A. (2016) Logistics cost management: insights on tools and operations. *International Journal of Logistics Systems and Management*. 23. (2), 171 – 188. <https://doi.org/10.1504/IJLSM.2016.073967>.
- [6] Lytvynenko, D., Malyeyeva, O. (2022). Risk management in projects of restoration the regional transport structure on the basis of participants' communication. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*, 2 (20), 44 – 51. <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2022.20.044>.

Victor Kovtun, Tetyana Farionova.

Algorithms of ABC-XYZ analysis and methods of intelligent data analysis in product assortment management in conditions of uncertainty

Abstract. *The paper presents a step-by-step algorithm for assortment and inventory management based on ABC-XYZ analysis and data mining. The proposed approach demonstrates the ability to flexibly manage stock levels and inventory, reducing storage costs. The focus is on solving the issue of procurement forecasting accuracy in a dynamic market environment.*

Keywords: *assortment management; commodity stocks; ABC-XYZ analysis; intelligent data analysis; prognostication.*

УДК 004.9+303.732

ПІДТРИМКА ПРОЦЕСІВ ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ІЄРАРХІЧНОГО ПЕРЕРОБНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Чикинов П.О., к.т.н., доц.¹; Шкредко А.І., здобувач освіти²
^{1,2} Національний університет «Одеська юридична академія»

^{1,2} Україна, Одеса

¹ ORCID 0000-0003-4959-7744; ² shkredko@gmail.com

Анотація. Виконана класифікація переробних підприємств з власною сировинною базою та сезонним характером формування портфеля як складної ієрархічної системи управління. Встановлено, що комплекс завдань ієрархічної системи можна подати різними критеріями, що визначають можливість оптимального планування виробничої діяльності підприємства. Поставлено вимоги до СППР та її складових для прийняття оптимальних управлінських рішень менеджерами планового відділу.

Ключові слова: системний аналіз; прийняття рішень; оптимальні рішення; ієрархічне переробне підприємство; сировинна база; сезонна виробнича діяльність.

Вступна частина. Переробні підприємства з власною сировинною базою відіграють важливу роль у сучасній економіці України, забезпечуючи ефективність та стабільність виробничого процесу. Ці підприємства можуть бути класифіковані за різними критеріями, включаючи тип продукції, яку вони виробляють, масштаб діяльності, технологічні особливості та структуру виробничих процесів. Діяльність таких підприємств характеризується нерівномірністю надходження замовлень на сезон та варіаціями обсягів замовлень у різні місяці сезону. Це визначає складність планування техніко-економічних показників та капіталізації бюджету підприємства.

Подібні підприємства мають ієрархічну, здебільшого дво- або трирівневу, структуру управління. Планування діяльності на верхньому рівні здійснюється за укрупненими позиціями портфеля замовлень, а виконання рішень, планування та виконання завдань на структурних переробних підрозділах (нижній рівень) здійснюється за розширеним асортиментом продукції, що виробляється.

Метою роботи є підвищення ефективності процесу прийняття управлінських рішень менеджером планового відділу переробного ієрархічного підприємства із сезонним характером формування портфеля замовлень та власною сировинною базою.

Аналіз літературних джерел. В роботі [1] наведено метод побудови інформаційної технології для підтримки процесів оцінювання прогнозів виробничої програми та прийняття оптимальних рішень з планування та управління діяльності підприємства в умовах коливань позицій портфеля замовлень. В роботі [2] наведено правила розробки та застосування інформаційного забезпечення процесу прийняття рішень для дворівневих переробних підприємств, які дозволяють автоматизувати процес прийняття менеджерами обох рівнів управлінських рішень при оптимальному плануванні сезонної виробничої діяльності. В роботі [3] визначена доцільність використання комбінованих евристичних та метаевристичних алгоритмів рішення за короткий час задачі забезпечення постачання сировини у підприємство харчової галузі. Можливе використання декомпозиційного підходу до вирішення задач визначення оптимальних виробничих програм підприємства. Як сучасну реалізацію оптимізаційних процедур можна використовувати [4] генетичний алгоритм. Виходячи з аналізу існуючих методів, підходів та інструментів розробки системи підтримки

прийняття рішень (СППР) встановлено [1, 2], що розробник стикається з відсутністю готового продукту, але має можливість визначати склад, зміст, математичне та алгоритмічне наповнення СППР.

Основна частина. До ієрархічних переробних підприємств з власною сировинною базою можна віднести такі види підприємств вітчизняної промисловості та агропромислового комплексу. Кожен з видів таких підприємств має свої особливості та переваги, що дозволяє задовольнити різноманітні потреби ринку.

1. Агропромислові комплекси об'єднують сільськогосподарське виробництво та переробні підприємства. Комплекси можуть бути різних типів: зернові комплекси, цукрові заводи, м'ясомолочні комплекси, рибні підприємства, фруктових-овочеві комплекси.

2. Лісопромислові комплекси займаються вирощуванням, заготівлею та переробкою деревини. До таких підприємств входять: лісозаготівельні підприємства, целюлозно-паперові заводи, деревообробні підприємства.

3. Гірничо-металургійні комплекси об'єднують видобуток корисних копалин та їх подальшу переробку на метали та сплави. Вони включають такі підприємства: гірничо-збагачувальні комбінати, підприємства з видобутку та переробки харчової солі, металургійні заводи, вугільні підприємства, кар'єри та цементні заводи.

4. Нафтогазові комплекси здійснюють добичу, переробку та транспортування нафти та газу. Основні види таких комплексів: розробка нафтогазових родовищ, нафтопереробні заводи, газопереробні заводи.

5. Хімічні комплекси об'єднують виробництво сировини та її переробку на хімічні продукти. До них відносяться: підприємства з виробництва мінеральних добрив, підприємства з виробництва пластмас і полімерів.

Об'єктом управління у роботі виступає типове переробне підприємство з ієрархічною структурою виробництва, власною сировинною базою та сезонним характером формування портфеля замовлень. Сезонний характер попиту на продукцію впливає як на валовий випуск готової продукції, так і на асортимент виробленої продукції. При аналізі технічних характеристик об'єкта управління необхідно дослідити його структуру, технологічну схему виробництва, номенклатуру сировини та готової продукції, провести аналіз обсягів продукції та специфіки реалізації цієї продукції.

Типове переробне підприємство складається із юридичної особи (керуюча компанія, заводоуправління), сировинних баз (поля, ставки, ліса, кар'єри, рудники, свердловини тощо) та переробних комплексів (підрозділи підприємства), адміністративно підпорядкованих видобувним площадкам. Переробні підрозділи ідентичні між собою за технологічним процесом, хоча й мають відмінності у компонованні та характеристиках встановленого на них обладнання. До функцій керуючої компанії входить координація діяльності, планування та управління процесами видобутку та переробки продукції. Плановий відділ керуючої компанії здійснює маркетинг продукції підприємства, формує позиції портфеля замовлень за заявками замовників. В портфель можуть входити різні види замовлень: державне замовлення, замовлення за тривалими договорами, ринкові сезонні замовлення.

На підставі сформованого портфеля замовлень, плановий відділ розробляє виробничу програму (на сезон, місяць сезону або на добу поточного місяця) для підприємства в цілому та для кожного переробного підрозділу окремо. Виробничі завдання включають видобуток сировини і випуск готової продукції. Підрозділи нижнього рівня мають різнотипне обладнання, що впливає на показники технологічної собівартості продукції, що виробляється. При плануванні діяльності таких підприємств наявність зазначених

особливостей призводить до виникнення протиріч між рівнями управління. Ці протиріччя усуваються альтернативними узгодженнями планових рішень. Задля економічного зростання та розвитку ієрархічних переробних підприємства необхідно забезпечити стабільність та ефективність виробничих процесів.

У зв'язку з різними типами обладнання переробних комплексів та їх компонуванням, технологічна собівартість випуску однакового типу продукції відрізняється, що необхідно враховувати під час планування виробничих завдань для кожного переробного підрозділу, представленої певною позицією у портфелі замовлень підприємства. Відповідно до аналізу технологічної схеми переробка сировини зазвичай включає кілька технологічних операцій. У результаті цих операцій отримують різні види продукції, які можуть бути відправлені споживачеві, якщо вони включені в портфель замовлень, при цьому ціна продукції збільшується після кожної операції. Укрупнені види готової продукції декомпозиуються за видами додаткової обробки, розфасовки та крупності фракції. При плануванні виробництва об'єктом управління враховуються лише укрупнені позиції готової продукції.

Для визначення стратегії діяльності ієрархічних переробних підприємств необхідна СППР, яка містить математичні моделі обробки інформації, необхідних для визначення стратегії виробничої діяльності підприємства на сезон, а також формування критеріїв оптимального оцінювання отриманих стратегій. Це визначає необхідність формування інструментарію системи прийняття стратегічних і тактичних рішень для автоматизації процесу прийняття менеджерами рішень з управління діяльністю підприємства.

Інструментарій СППР для менеджерів обох рівнів ієрархії повинен мати математичні моделі сезонного планування діяльності структурних підрозділів, підпорядкованої рішенням вищого рівня та критерії оцінки оптимальних рішень. Поточна техніко-економічна діяльність цих підрозділів, що супроводжується випадковими відхиленнями від планових завдань, визначає актуальність включення до інформаційної технології математичних моделей і критеріїв оптимальної оцінки рішень, що дозволяють приймати найкращі техніко-економічні показники в умовах супідрядності рішень менеджерів підрозділів підприємства плановим рішенням верхнього рівня.

Оцінка оптимальних управлінських рішень менеджерів планового відділу ієрархічних переробних підприємств в режимі реального часу пов'язане з проблемою залучення значних обчислювальних ресурсів, які потрібні при оперативному вирішенні нелінійних оптимізаційних завдань великої розмірності. Для реалізації алгоритмів оперативного управління переробним підприємством необхідно розглядати оптимальне управління у реальному масштабі часу у складі СППР, створеній на базі аналого-цифрового обчислювального комплексу.

Зазвичай модернізація виробничих потужностей переробних підприємств супроводжується впровадженням ієрархічних систем управління технічними процесами в умовах нормалізації сировинних матеріалів та стабільного портфелю заказів. В сучасних реаліях цих умов не дотримуються, що визначає необхідність адаптації систем управління. Порушення економічних передумов ефективного управління виробництвом пов'язане з нестабільністю характеристик замовлень на продукцію, коли обсяги замовлень змінюються на кожний плановий період місяця. З економічної точки зору провідну роль відіграє стабільність договорів на постачання продукції, їх обсягу та однаковості, а також можливості забезпечення виробництва продукції достатнім обсягом оборотних коштів.

Перелічені умови нормалізації виробничого процесу та стабільності економічних показників лежать в основі експлуатаційних характеристик комплексу обчислювальних

пристроїв, математичного та програмного забезпечення ієрархічної системи управління переробними підрозділами. Необхідні правила, які дозволять оцінити недостатність забезпечення систем управління та отримати вихідний матеріал, що визначає обсяг адаптації алгоритмів та програм.

Висновки. В результаті системного аналізу предметної області виконана класифікація переробного підприємства з власною сировинною базою та сезонним характером формування портфеля як складної ієрархічної системи управління. Встановлено, що на верхньому рівні системи управління планують та керують виробництвом укрупнених видів продукції, а на нижньому – асортиментом видів продукції, що визначається позиціями портфеля заказів. Встановлено, що комплекс завдань, властивих верхньому рівню та нижньому рівню, можна подати різними критеріями, що визначають можливість оптимального планування виробничої діяльності підприємства. Здійснено класифікацію показників діяльності типового переробного підприємств та основні вимоги до СППР для класу ієрархічних систем із сезонним характером формування портфеля замовлень.

Напрямки подальших досліджень. Для прийняття рішень щодо планування діяльності переробного підприємства необхідно розробити статистичні математичні моделі, що дозволять здійснювати розрахунок показників виробничої програми підприємства та його переробних підрозділів. Для вирішення завдань оптимізації необхідна розробка параметричних моделей-структур та подальша їх параметрична ідентифікація за статистичним матеріалом конкретного переробного підприємства, щоб модель стала придатною для прогнозу показників. Згідно з методиками системного аналізу необхідно формувати цілі управління у вигляді функціоналів та обмежень, після чого вибрати процедури пошуку оптимальних рішень СППР для менеджерів верхнього та нижніх рівнів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Чикунов, П., & Нефьодова, І. (2024). Підтримка процесів прийняття управлінських рішень багаторівневими переробними підприємствами. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*, 35(74), 309-315. <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2024.1.1/46>.
- [2] Чикунов, П., & Берестовий, А. (2022). Правила розробки та застосування інформаційного забезпечення процесу прийняття рішень для дворівневих підприємств. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, (3), 79-87. <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2022.3.9>.
- [3] Грибков, С., Седих, О., & Чернобай, К. (2022). Розв'язання задач управління постачання сировини та матеріалів для харчового підприємства. *Modern engineering and innovative technologies*, (19-01), 134-139. <https://doi.org/10.30890/2567-5273.2022-19-01-056>.
- [4] Костенко, О. & Кузенков, О. (2023). Розв'язування задачі розміщення об'єктів генетичними алгоритмами. *Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво*, (53), 125-131. <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2023-53-19>.

Chykunov P.O, Shkredko A.I.

Support of management decision-making processes for hierarchical processing enterprises

Abstract. The classification of processing enterprises with their own raw material base and the seasonal nature of portfolio formation as a complex hierarchical management system has been carried out. It was established that the set of tasks of the hierarchical system can be presented by various criteria that determine the possibility of optimal planning of the enterprise's production activities. Requirements are set for the DSS and its components for making optimal management decisions by the managers of the planning department.

Keywords: system analysis; decision-making; optimal solutions; hierarchical processing enterprise; raw material base; seasonal production activity.

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ЯК ОСНОВА УСПІШНОГО ВПРОВАДЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Остапівський І.І.

Національний університет оборони України

Україна, Київ

0009-0002-3345-9734

Анотація. Розглядається роль системного аналізу як ключового інструмента для успішного впровадження інформаційних технологій в організаціях. Підкреслюється, що системний аналіз дозволяє детально вивчити структуру та функції інформаційних систем, виявити слабкі місця, оптимізувати процеси та адаптувати рішення до специфічних потреб користувачів. Завдяки цьому, організації можуть ефективно інтегрувати нові технології, приймати обґрунтовані рішення та забезпечувати конкурентоспроможність. Стаття також акцентує увагу на важливості навчання персоналу та проактивного підходу до вирішення можливих проблем, що виникають у процесі впровадження нових технологій.

Ключові слова: Системний аналіз; інформаційні технології; оптимізація; впровадження; бізнес-процеси; адаптація; конкурентоспроможність; навчання персоналу.

Вступ

У сучасному світі інформаційні технології (ІТ) стали невід'ємною частиною будь-якої організації. Вони не лише оптимізують бізнес-процеси, але й забезпечують конкурентні переваги. Однак, для досягнення успіху у впровадженні ІТ необхідний комплексний підхід, яким і є системний аналіз. Цей методологічний інструмент дозволяє глибше зрозуміти внутрішню структуру, функції та взаємодії інформаційних систем, що є ключовими для їх ефективності.

Системний аналіз передбачає детальне вивчення складних систем з метою оптимізації їх роботи. Він охоплює не лише технічні аспекти, а й людський фактор, що є критично важливим для успішного впровадження технологій. Оскільки кожна організація має свої специфічні потреби, системний аналіз дозволяє адаптувати інформаційні рішення відповідно до цих вимог, забезпечуючи їх максимальну ефективність.

Метою дослідження є визначення ролі системного аналізу в успішному впровадженні інформаційних технологій, а також оцінка його впливу на оптимізацію бізнес-процесів, адаптацію технологічних рішень до специфічних потреб організацій та підвищення конкурентоспроможності.

Основна частина

Однією з основних переваг системного аналізу є його здатність виявляти слабкі місця в існуючих процесах. Це може бути, наприклад, недостатня продуктивність системи або незадоволеність користувачів. Аналізуючи ці проблеми, організація може розробити чіткі стратегії для їх вирішення, зменшуючи ризики при впровадженні нових технологій. Такий проактивний підхід забезпечує не лише якісне впровадження, але й підвищення загальної продуктивності [1].

Крім того, системний аналіз створює основу для прийняття обґрунтованих рішень. Завдяки аналітичним методам, фахівці можуть прогнозувати результати реалізації проектів,

оцінюючи їх вплив на організацію. Це важливо в умовах швидко змінюваного бізнес-середовища, де кожне рішення може мати далекосяжні наслідки. Завдяки системному аналізу, компанії отримують можливість адаптуватися до нових умов, зберігаючи при цьому ефективність.

Успішне впровадження інформаційних технологій також вимагає інтеграції нових рішень в існуючу інфраструктуру. Системний аналіз допомагає визначити, як нові технології вплинуть на вже наявні процеси, а також які зміни можуть знадобитися для досягнення синергії. Це дозволяє організаціям уникнути ситуацій, коли нові технології стають навантаженням, а не перевагою.

Не менш важливим є також аспект навчання та підготовки персоналу. Системний аналіз передбачає вивчення потреб користувачів, що дозволяє розробити програми навчання, адаптовані до їхніх вимог. Це забезпечує високий рівень прийняття нових технологій і, в свою чергу, підвищує загальну продуктивність роботи.

Узагалі, системний аналіз виступає не лише як метод, а як стратегічний інструмент, що дозволяє організаціям максимально ефективно впроваджувати інформаційні технології. Його застосування забезпечує глибоке розуміння бізнес-процесів, оптимізацію ресурсів і підвищення конкурентоспроможності. У світі, де технології розвиваються з неймовірною швидкістю, системний аналіз стає необхідним елементом для досягнення успіху та сталого розвитку організацій [2].

Розвиток комп'ютерних технологій та інформаційних систем сприяв широкому застосуванню методів системного аналізу в практиці. Цей аналіз став необхідним і ефективним інструментом для оптимізації управлінських процесів, проектування та розв'язання складних завдань у сучасному світі. Він дозволяє детально вивчати існуючі інформаційні системи, виявляти їх сильні та слабкі сторони, а також ідентифікувати можливості для оптимізації.

Системний аналіз сприймає інформаційні технології як складні системи, що складаються з взаємодіючих компонентів, які забезпечують ефективність роботи всієї системи. У процесі розробки інформаційних систем особлива увага приділяється потребам користувачів та оптимізації функціональності. Це веде до підвищення продуктивності, надійності та зручності використання інформаційних технологій, що є критично важливим в умовах швидкості, ефективності та інновацій, які визначають конкурентоспроможність організацій.

Таким чином, системний аналіз є невід'ємним інструментом для досягнення високих стандартів в інформаційних технологіях і сприяє сталому розвитку галузі, надаючи комплексний погляд на процеси та їх структури. Цей підхід оптимізує ефективність, взаємодію компонентів, стратегічне планування та адаптацію до змін, роблячи ІТ-сектор більш гнучким і конкурентоспроможним у динамічному технологічному середовищі [3].

Крім того, системний аналіз сприяє інтеграції нових технологій у вже існуючі інформаційні системи, що забезпечує плавний перехід до сучасних рішень без втрати ефективності. Він дозволяє виявити потенційні ризики та бар'єри, що можуть виникнути під час реалізації нових проектів, та розробити стратегії для їх мінімізації.

Системний аналіз також забезпечує основи для прийняття обґрунтованих рішень на всіх рівнях управління. Завдяки використанню аналітичних моделей, спеціалісти можуть прогнозувати результати впровадження тих чи інших змін, оцінювати їх вплив на організацію і визначати оптимальні сценарії розвитку. Це, в свою чергу, сприяє більш ефективному використанню ресурсів та зменшенню витрат.

У сучасному світі, де інформаційні технології швидко змінюються, роль системного аналізу стає ще більш важливою. Він допомагає організаціям адаптуватися до нових умов ринку, інтегрувати інноваційні рішення та забезпечити високу якість обслуговування клієнтів. Завдяки системному аналізу, компанії можуть залишатися на передовій технологічного прогресу, зберігаючи при цьому конкурентні переваги.

Висновки. Таким чином, системний аналіз не лише підвищує ефективність інформаційних технологій, але й забезпечує їхню гнучкість та адаптивність, що є критично важливим для успішного функціонування організацій у складному і динамічному бізнес-середовищі. Цей підхід формує основу для сталого розвитку, сприяючи інноваціям і покращенню бізнес-процесів в інформаційних технологіях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Величко, О.М., Гордієнко, Т.Б. (2021). *Основи системного аналізу і прийняття оптимальних рішень*. Одеса: Олді+.
- [2] Черепанська, І.Ю., Сазонов, А.Ю., Вовк, О.Б. (2021). *Сучасні інформаційні технології та системний аналіз у наукових дослідженнях*. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського.
- [3] Варенко, В.М., Братусь, І.В. (2013). *Системний аналіз інформаційних процесів*. Київ: Університет “Україна”, 2013.

Ihor OSTASHEVSKYI

System analysis as the basis of the successful implementation of information technologies

Annotation. *The role of system analysis as a key tool for the successful implementation of information technologies in organizations is considered. It is emphasized that system analysis makes it possible to study the structure and functions of information systems in detail, identify weak points, optimize processes and adapt solutions to the specific needs of users. Thanks to this, organizations can effectively integrate new technologies, make informed decisions and ensure competitiveness. The article also emphasizes the importance of staff training and a proactive approach to solving possible problems arising in the process of introducing new technologies.*

Keywords: *system analysis; information technologies; optimization; implementation; business processes; adaptation; competitiveness; personnel training.*

АНАЛІЗ ІНФЛЯЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ІНСТРУМЕНТІВ POWER BI

Костюк Д. Д.¹; Хом'як Т. В., к.ф-м.н., доц.²

^{1,2}Національний технічний університет

«Дніпровська політехніка»

^{1,2}Україна, Дніпро

¹Kostiuk.Dar@nmu.one; ²khomiak.t.v@nmu.one

Анотація. Під час дослідження було проведено аналіз основних інфляційних показників у період воєнного стану.

Ключові слова: індекс інфляції; базовий індекс інфляції; регіональний аналіз; Power BI.

Вступна частина. Інфляція та війна – це два явища, тісно пов'язані між собою. Аналіз інфляційних показників є ключовим елементом для оцінки економічної стабільності та прийняття ефективних рішень в умовах воєнного стану [1].

Метою дослідження є регіональний аналіз показників інфляції.

Основна частина. Індекс споживчих цін та базовий індекс споживчих цін є фундаментальними інструментами макроекономічного аналізу. Індекс споживчих цін кількісно відображає зміни середнього рівня цін на споживчий кошик товарів та послуг у певному періоді відносно базового. Базовий індекс споживчих цін дозволяє оцінити стійку тенденцію зміни загального рівня цін, виключивши вплив короткострокових коливань [2].

Для перетворення складних економічних даних на зрозумілі та інтерактивні візуалізації ефективним є використання потужного інструменту аналітики Power BI. Аналіз інфляційних показників проводився на наборі даних, опублікованому на сайті Держстату України – «Зміни цін (тарифів) на споживчі товари (послуги)» [3].

Графік на рисунку 1 демонструє помітну волатильність базового індексу споживчих цін протягом усього періоду дослідження.

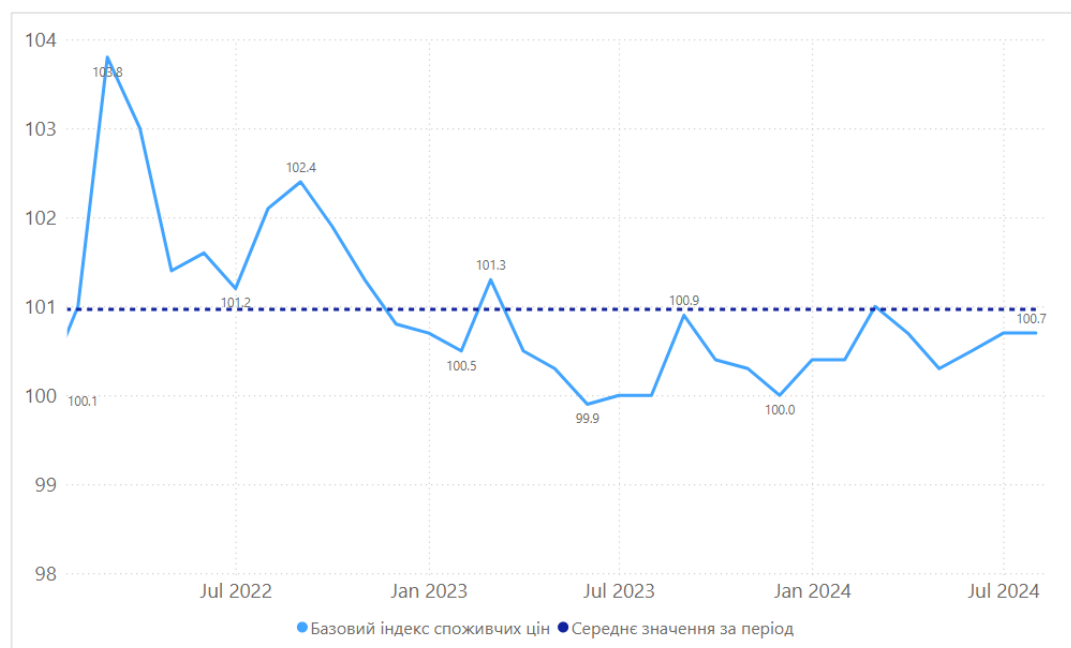


Рис. 1. Динаміка базового індексу споживчих цін в Україні з початку повномасштабного вторгнення по місяцях (2022-2024)

3 березня 2022 року відзначається стрімке зростання індексу до значення 103,8%, що вказує на значний інфляційний тиск, характерний для перших місяців війни. Далі протягом кількох місяців індекс поступово знижується, досягнувши позначки 100,8% у грудні 2022 року. Впродовж 2023 року базовий індекс споживчих цін коливався в межах 99,9% до 101,3%. Станом на серпень 2024 року базовий індекс споживчих цін становить 100,7% та є досить близьким до середнього значення за весь період.

Карти на рисунку 2 і 3 показують індекси споживчих цін по регіонах України у 2022 та 2023 роках відповідно. На карті за 2022 рік (рис. 2) видно, що інфляція була досить високою в усіх регіонах України.

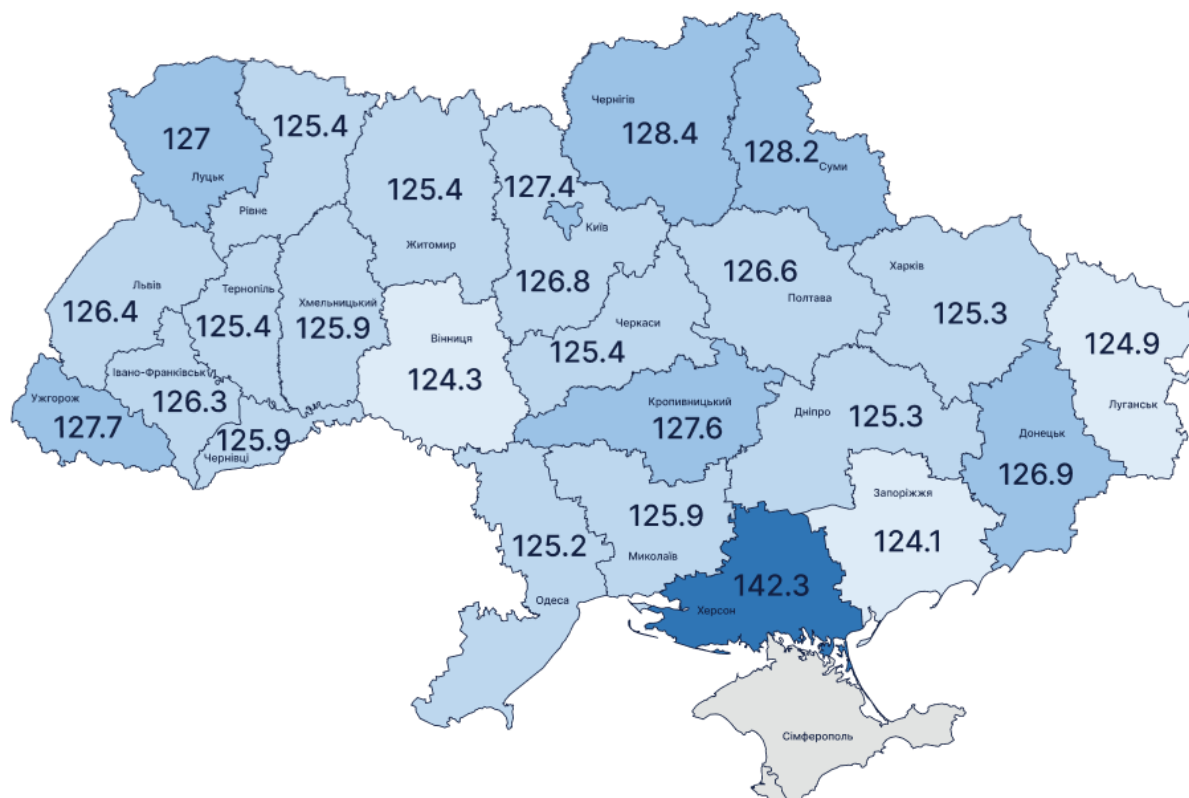


Рис. 2. Індекси споживчих цін по областях у 2022 році
(грудень до грудня попереднього року)

Найвищі показники спостерігалися у Херсонській області, де індекс досягнув значення 142,3%, що напряму пов'язано з воєнними діями. Також високі показники спостерігаються в інших південних і східних регіонах, таких як Запорізька (126,9%), Миколаївська (125,9%) та Донецька (126,9%) області, які також були безпосередньо залучені у військові конфлікти. У західних регіонах, а також Чернігівській та Сумській областях, індекс теж знаходився на високому рівні.

У 2023 році (рис. 3) ситуація змінилася, і можна помітити значне зниження інфляційного тиску. Херсонська область, яка у 2022 році була лідером за рівнем інфляції, у 2023 році вже має індекс на рівні 101,7%. В Одеській області показник знизився до 104%. Київська область, яка мала індекс 126,8% у 2022 році, зменшила показник до 105,3% у 2023 році. У західних регіонах України спостерігається аналогічна тенденція. У Львівській області індекс знизився до 105%, в Івано-Франківській – з 126,3% до 105,1%, а у Закарпатській – з 127,7% до 105,8%. Подібне зниження інфляційного тиску спостерігається й у центральних та

східних регіонах. Наприклад, у Дніпропетровській області індекс впав з 125,3% у 2022 році до 104,7% у 2023 році.

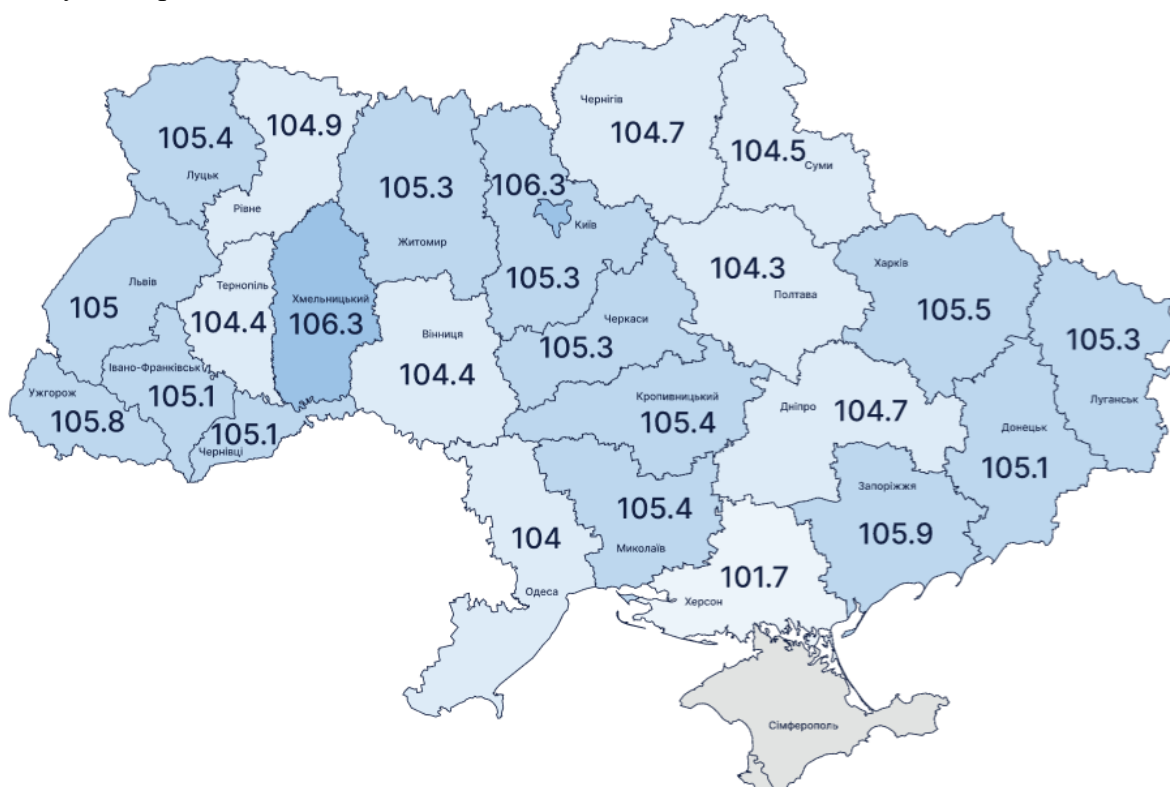


Рис. 3. Індекси споживчих цін по областях у 2023 році (грудень до грудня попереднього року)

У деяких областях, таких як Тернопільська, Вінницька, Чернігівська та Полтавська, індекси знизилися до рівня нижче 105% у 2023 році. Порівнюючи індекси споживчих цін по областях України за 2022 та 2023 роки, можна відзначити загальну тенденцію до зниження інфляції, що спостерігається по всіх регіонах.

Висновки. У рамках даного дослідження було проведено аналіз інфляційних показників. За допомогою функцій Power BI дані було підготовлено та побудовано візуалізації. Динаміка базового індексу споживчих цін в Україні демонструє значні коливання протягом досліджуваного періоду. Регіональний аналіз індексу споживчих цін також показує високі коливання, зокрема в періоди економічної нестабільності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Баула, О. В., Вісин, В. В., Вісіна, Т. М., Галазюк, Н. М., Зелінська, О. М., Ліщук, В. І., Лютак, О. М., & Савош, Л. В. (2018). *Економіка: макро- та мікроекономічні аспекти: Навчальний посібник*. Луцьк: Редакційно-видавничий відділ Луцького НТУ.
- [2] Пилипенко, Г. М. (Ред.). (2009). *Макроекономіка* (3-тє вид., перероб. і доп.). Дніпро: Національний гірничий університет.
- [3] Державна служба статистики України. (2024). *Зміни цін (тарифів) на споживчі товари (послуги)*. <https://stat.gov.ua/uk/datasets/zminy-tsin-taryfiv-na-spozhyvchi-tovary-posluhy>.

Kostiuk D.D., Khomiak T.V.

Analysis of inflation indicators using Power BI tools

Abstract. The study conducted an analysis of key inflation indicators during the period of martial law.

Keywords: inflation index; core inflation index; regional analysis; Power BI.

УДК 004.8:658.87

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ В ПРОГНОЗУВАННІ ПОПИТУ В РИТЕЙЛІТесленко П.О., к.т.н., доц.¹; Ворона М.В., PhD²¹ Національний університет «Одеська академія»; ² Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова¹ Україна, Одеса; ² Україна, Миколаїв¹ teslenko@op.edu.ua, 0000-0001-6564-6185; ² mykhailo.vorona@nuos.edu, 0000-0003-4288-0096

Анотація. В доповіді розглянуто проблеми прогнозування попиту товарів в ритейлі. Показано причини їх виникнення та запропоновано підходи до їх подолання. Обґрунтовано застосування систем штучного інтелекту для обробки та аналізу великих даних ритейлу для прийняття рішень, щодо закупівель необхідних товарів через прогнозування попиту

Ключові слова: аналіз даних; прогнозування попиту; ритейл; машинне навчання

Вступна частина Штучний інтелект (ШІ) набуває все більшого значення в сучасних бізнес-процесах, зокрема в прогнозуванні попиту на товари в ритейлі. Основною проблемою є неефективне управління запасами, що призводить до надлишків або дефіциту продукції, і як наслідок – зниження прибутковості. Традиційні методи прогнозування, що часто використовують лише історичні дані, не завжди здатні враховувати широкий спектр факторів, які впливають на продажі, таких як сезонність, поведінка покупців або маркетингові акції [1]. Це створює необхідність у розробці та впровадженні інноваційних методів, заснованих на машинному навчанні та ШІ.

Основна частина. Управління запасами – це складний процес, який вимагає точного прогнозування попиту на товари, а також узгодженого планування поставок [2]. Традиційні методи прогнозування, які базуються на простих часових рядах, часто не можуть врахувати комплексність сучасного ринку [3]. Наприклад, погодні умови, соціальні тенденції, маркетингові акції та навіть події в соціальних мережах можуть суттєво впливати на рівень попиту. Використання методів машинного навчання та аналізу великих даних дозволяє виявляти взаємозв'язки між такими факторами, що суттєво підвищує точність прогнозів. Завдяки автоматизації цього процесу ритейлери можуть уникнути проблем, пов'язаних із нестачею або надлишком товарів, що в кінцевому результаті підвищує ефективність управління запасами [4].

ШІ здатний аналізувати великі масиви даних, включаючи історичні продажі, динаміку ринкових тенденцій, дані про погоду та інші зовнішні фактори. Один із ключових підходів – це поєднання історичних даних з алгоритмами машинного навчання. Завдяки цьому можна не тільки виявляти поточні тренди, але й прогнозувати майбутні зміни попиту. При цьому моделі машинного навчання здатні адаптуватися до змін у реальному часі, що особливо важливо для таких непередбачуваних факторів, як зміна погодних умов або запуск нової маркетингової кампанії.

Одним із прикладів практичного застосування ШІ в прогнозуванні попиту є автоматичні системи поповнення запасів, які базуються на прогнозах, створених алгоритмами машинного навчання [5]. Такі системи значно зменшують ризики помилок, пов'язаних з людським фактором, і дозволяють підтримувати запаси на оптимальному рівні. Наприклад, якщо система прогнозує високий попит на певний товар, вона автоматично

генерує замовлення на поповнення запасів, що дозволяє уникнути дефіциту товару. Водночас такі системи можуть оперативно реагувати на зміни в поведінці покупців або зовнішні фактори, забезпечуючи своєчасну корекцію планів закупівель.

Інтеграція прогнозних моделей з POS-системами (системами управління точками продажу) дозволяє ритейлерам отримувати дані про фактичні продажі в режимі реального часу, що дає можливість своєчасно коригувати запаси на основі актуальних даних. Такі рішення допомагають оперативно реагувати на зміни в попиті та уникати ситуацій, коли товари залишаються на полицях занадто довго або навпаки, швидко розпродаються і стають недоступними [6].

Ще одним важливим аспектом є сегментація товарів для більш точного прогнозування попиту. Оскільки різні категорії товарів можуть мати різні тренди попиту, їх сегментація дозволяє застосовувати окремі моделі прогнозування для кожної категорії. Наприклад, сезонні товари потребують окремого підходу до прогнозування, оскільки їх попит значною мірою залежить від календарних періодів і погодних умов. Трендові продукти, навпаки, можуть мати більш швидкоплинні зміни попиту, що також потребує окремої уваги.

Прогнозування попиту також може включати аналіз зовнішніх факторів, таких як маркетингові кампанії, економічні події, соціальні медіа та інші зовнішні дані. Це дозволяє враховувати непередбачувані зміни в попиті та адаптувати стратегії управління запасами до актуальних умов. Використання даних із соціальних медіа, зокрема, може допомогти виявляти нові тренди та прогнозувати попит на нові продукти ще до їхнього широкого впровадження на ринок.

Важливою складовою прогнозування попиту є забезпечення відтворюваності досліджень та аналізу. Це означає, що процеси збору даних, їх обробки та аналізу повинні бути організовані таким чином, щоб їх можна було повторити і перевірити. Наприклад, пакет Projects R, згідно з дослідженням [7], пропонує структуру для організації даних, створення шаблонів для аналізу та полегшення співпраці між різними командами дослідників. Це дозволяє забезпечити прозорість процесу аналізу та підвищує точність прогнозів.

Висновки. Впровадження штучного інтелекту в прогнозування попиту в ритейлі може значно підвищити ефективність управління запасами. Використання машинного навчання, історичних даних, автоматизації процесів та інтеграції з іншими системами дозволяє ритейлерам оптимізувати запаси, знижувати витрати та мінімізувати ризики, пов'язані з надлишком або дефіцитом товарів. Важливість відтворюваних дослідницьких процесів та забезпечення доступності даних для всіх учасників бізнес-процесів також відіграє ключову роль у підвищенні довіри до прогнозів та їхньої точності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Zhang, B., Duan, D., & Ma, Y. (2018). Multi-product expedited ordering with demand forecast updates. *International Journal of Production Economics*. <https://doi.org/10.1016/J.IJPE.2018.09.034>.
- [2] Zhou, Y., Shen, X., & Yu, Y. (2023). Inventory control strategy: based on demand forecast error. *Modern Supply Chain Research and Applications*. <https://doi.org/10.1108/mscra-02-2023-0009>.
- [3] Руденко, О. М., Тесленко, П. О. (2023) Маркетингові проекти фармацевтичної промисловості. Аналіз та особливості. *Управління розвитком складних систем*, 54, 40 – 47.
- [4] Руденко, М. Н. Заяц, О. В., Андрієнко, В. О. (2023). *Інструменти автоматизації маркетингу в управлінні маркетинговими проектами*. Матеріали VIII Міжнародної

науково-практичної конференції Project, Program, Portfolio, Management (P3M-2023). (м. Одеса, 1-2 грудня 2023 року). 1, 49-53.

[5] Заячківська, Г. (2024). Штучний інтелект в маркетингу рітейлу. 349–351. URL : <https://ekmair.ukma.edu.ua/server/api/core/bitstreams/f70cf957-1d08-4e05-9c26-063331e58d26/content>.

[6] Галузов, С. Ю., Бондарчук, А. П., Бажан, Т. О., & Корецька, В. О. (2023). Застосування методів Data Science для прогнозування попиту в ритейлі. *Телекомунікаційні та інформаційні технології*, (3), 58-64.

[7] Krieger, N., Perzynski, A., & Dalton, J. (2019). Facilitating reproducible project management and manuscript development in team science: The projects R package. *PLOS ONE*, 14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212390>.

Teslenko Pavlo, Vorona Mykhailo

Artificial intelligence in forecasting demand in retail

Abstract. *The report examines the problems of forecasting the demand for goods in retail. The reasons for their occurrence are shown and approaches to overcoming them are proposed. The application of artificial intelligence systems for the processing and analysis of large retail data for decision-making regarding the purchase of necessary goods through demand forecasting is substantiated*

Keywords: *data analysis; demand forecasting; retail; machine learning*

УДК 004:351.758.1

ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ «УКРАЇНСЬКОГО ЛІТНЬОГО КІНОТЕАТРУ»

Кізюн Л.В.¹; Морозова Г.С.²^{1,2}Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова^{1,2}Україна, Миколаїв¹cactusvlimane@gmail.com; ²hannamorozova711004@gmail.com

Анотація. Українська кіноіндустрія зараз переживає важкі часи, але водночас демонструє стійкість і потенціал для подальшого зростання. Завдяки напруженим зусиллям кінематографістів та підтримці держави, а також зростанню інтересу до українського кіно в майбутньому можна очікувати розширення кордонів українського кіно на світовому ринку.

Ключові слова: інформаційні системи для літніх кінотеатрів; українська кіноіндустрія.

Вступна частина. Українське кіно почали активно знімати із 2013-2014 років. Зокрема, над стрічкою «Гніздо горлиці», в якій Римма Зюбіна зіграла головну роль української заробітчани, працювали близько трьох років. За цю роль вона отримала нагороду кіно премії «Золота дзига» у номінації «Найкраща акторка». І з того часу в Україні почало доволі активно розвиватися кіновиробництво[1].

Проте на заваді планам стала повномасштабна війна. За словами Зюбіної, минулого року держава не запустила жодного проєкту виробництва ігрового кіно. А в разі зупинки цього процесу запустити його в майбутньому може бути дуже складно.

«- У нас зараз величезні проблеми з фінансуванням українського кіно. Люди не думають про перспективу, і у 2025 році може виникнути така ситуація, що ми в кінотеатрах не побачимо жодного нового українського фільму. Тому що все, що зараз іде в прокаті й на фестивалях, знімалося у 2019-2020 роках. Все запущено було, монтувалося, робилося раніше. Кіно не створюється за один місяць, за пів року. Ситуація дуже нерадісна й неоптимістична, – вважає Зюбіна.» [1].

Беручи до уваги, що під час війни не знімається ігрове кіно, яке б фінансувала держава. Натомість з'явилося багато документальних фільмів, які митці роблять власним коштом або за гроші меценатів[1].

Застосування сучасних інформаційних технологій відіграє важливу роль у підвищенні ефективності багатьох компаній та організацій кінопрокату. Деякі організації кінопрокату домашнього перегляду працюють локально в окремих пунктах кінопрокату, в той час, як інші використовують глобальну мережу Інтернет для надання послуг. Популярним є дистрибутивні послуги, що полягають у розповсюдженні кінофільмів для перегляду вдома та наданні консультацій щодо вибору стрічок. У країнах з розвинутою кіноіндустрією, таких як США, Японія та Франція, система надання рекомендацій про фільми повністю автоматизована[2].

Метою дослідження є аналіз інформаційних систем «Українського літнього кінотеатру» що існують, для визначення оптимального методу автоматизації роботи сучасного кінотеатру як у воєнний, так і після воєнний часи.

Основна частина. Сучасні методи аналізу даних містить різноманітні техніки від описативного аналізу до глибокого навчання. Застосування цих методів стає все більш широким та вдосконалим, вносячи великий вклад у розвиток науки та технологій.[3]

Метод часових рядів. Прогнозування продажу квитків

Цей метод дозволить керівництву кінотеатру передбачити, скільки квитків може бути продано в майбутньому на основі даних, а також дозволяє підготувати відповідний запас квитків, організувати персонал, планувати маркетингові кампанії, оптимізувати роботу та

обирали актуальні фільми. Отже, цей підхід дозволяє бізнесу адаптуватися до змін у попиті, максимізувати прибуток і забезпечити задоволення відвідувачів. При вірному використанні такий прогноз може стати ключовим елементом стратегії розвитку бізнесу.

Метод аналізу інвентаризації

Один з найбільш важливих методів аналізу інвентаризації - це модель ABC аналізу. Цей підхід дозволяє класифікувати товари або матеріали за рівнем їхньої важливості для підприємства на основі їхнього внеску у вартість, споживання або інші критерії.

На основі даних та моделі ABC-аналізу було розроблено код для виділення важливості окремих товарів [4].

– Група А (висока важливість). Споживається менше ніж 20% товарів, але ці товари складають понад 80% вартості або іншого критерію важливості. До цієї групи можуть входити ключові товари, важливі для прибутковості чи стратегічного розвитку підприємства.

– Група В (середня важливість). Споживається приблизно від 15% до 30% товарів та представляє менше значущі частки вартості. Товари цієї групи менш важливі, аніж товари групи А, але все ще вимагають уваги та контролю.

– Група С (низька важливість). Споживається понад 50% товарів, але ці товари представляють менше ніж 30% вартості. Це можуть бути товари, які легко доступні або є менш важливими для діяльності підприємства[4].

Метод аналізу споживчої поведінки

Перший крок застосування методу аналізу споживчої поведінки – це збір даних

Другий крок – визначити вплив акції на кількість відвідувачів і прибуток кінотеатру

Метод аналізу споживчої поведінки дозволяє розглядати, як клієнти реагують на акції зі знижкою при купівлі квитків у кінотеатрі. Це важливо для визначення ефективності таких акцій та розробки стратегій, які стимулюють покупки. Аналіз споживчої поведінки клієнтів під час акцій зі знижкою допомагає краще розуміти потреби та уподобання аудиторії. Це допоможе збільшити загальну задоволеність та лояльність клієнтів[3].

Висновок. Отже, на основі аналізу інформаційних систем, розглянутих у цьому дослідженні, можна зробити висновок про необхідність розробки моделі та структури інформаційної системи, а також створення прототипу програмного забезпечення для автоматизації функціоналу "Українського літнього кінотеатру" та підвищення ефективності роботи підприємств як у воєнний, так і мирний час.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Олійник, В. В. (04.07.2023). *Українське кіно після Перемоги – перспективи розвитку* <https://www.ukrinform.ua/rubric-culture/3731351-ukrainske-kino-pisla-peremogi-perspektivi-rozvitku.html>
- [2] Верес, О.М., Евоян, Е.А. (2011). Дослідження інформаційно інтелектуальних систем діяльності кінотеатру: Національний університет «Львівська політехніка»
- [3] Грач, К. С. (2024). Дослідження застосування методів аналізу даних у системах автоматизації роботи кінотеатрів : пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи здобувача вищої освіти на другому (магістерському) рівні, спеціальність 122 Комп'ютерні науки
- [4] Pricer24. (30.03.2023). *Що таке ABC-аналіз, як і навіщо його проводити* <https://pricer24.com/ru/blog/chto-takoe-abs-analiz-kak-i-zachem-ego-provodit-v-kategorijnom-menedzhmente/>

Morozova G.S¹. Kizyun L.V.²

Research of modern information systems of the "Ukrainian Summer Cinema"

Abstract. The Ukrainian film industry is currently going through difficult times, but at the same time it shows resilience and potential for further growth. Thanks to the intense efforts of cinematographers and the support of the state, together with the increase of interest in Ukrainian cinema, we can expect the expansion of the boundaries of Ukrainian cinematography on the world market in the future.

Keywords: flower management systems for cinemas; information systems for summer cinemas; Ukrainian film industry.

УДК 004.89

СИМУЛЯЦІЇ ТА МОДЕЛЮВАННЯ В ДОСЛІДЖЕННЯХ КІБЕРБЕЗПЕКИ

Струк Д. О.

Національний університет «Одеська юридична академія»

Україна, Одеса

icestruck0@gmail.com

Анотація. Алгоритм ШІ та методи аналізу даних дозволяють системам безпеки автономно виявляти, аналізувати та реагувати на нові загрози в режимі реального часу. Створення симуляційного кіберполігону дозволяє моделювати атаки та їх вплив, розробляти та тестувати стратегії захисту, оптимізувати систему кібербезпеки для реальної інфраструктури.

Ключові слова: штучний інтелект; кібербезпека; системний аналіз; симуляція; моделювання сценаріїв; автоматизація.

Вступна частина. Симуляція та моделювання важливі в прогнозуванні й протидії потенційним кіберзагрозам. Через складність викликів безпеки важко, а подекуди неможливо якісно протестувати готові програмні продукти на комп'ютерах, на яких вони розроблялися. Потрібно створити безпечне, контрольоване середовище для тестування різних сценаріїв кіберзагроз та оцінки вразливостей програмної системи. Такого роду «полігон» дозволяє досліджувати та перевіряти інноваційні рішення щодо посилення безпеки системи без ризиків для реальної інфраструктури.

Мета роботи – проаналізувати роль симуляції та моделювання для сфери кібербезпеки.

Основна частина. Методи моделювання в кібербезпеці допомагають оцінити ефективність механізмів захисту, наприклад, через імітацію реальних сценаріїв атак, включаючи розподілені атаки на відмову в обслуговуванні (DDoS), фішингові схеми та проникнення шкідливого програмного забезпечення. Застосування машинного навчання надає фахівцям з кібербезпеки можливість моделювати поведінку як зловмисників (чорних хакерів), так і захисників (білих хакерів). Завдяки спостереженням за моделями атак і впливом стратегій захисту в режимі реального часу, спеціалісти оптимізують системи та захищають місця виникнення потенційних загроз. Прикладом такого роду симуляції є навчальна гра «червона проти синьої команди» (Red Team vs. Blue Team) [1]. Під час моделювання складного злому мережі червона команда, виступаючи в ролі зловмисників, намагається проникнути в мережу компанії, в той час як синя команда, відповідальна за захист, працює над виявленням і пом'якшенням атак. Навчання дозволяє організації виявляти критичні вразливості, покращувати свої можливості реагування на інциденти та вдосконалювати захисні стратегії [2].

Симуляції кібербезпеки засобами ШІ допомагають зменшити кількість помилкових тригерів, моделюючи поведінку мережі як під час атак, так і за нормальних умов. Це покращує здатність прогнозувати майбутні кібератаки, аналізувати їх потенційний вплив, забезпечує командам кібербезпеки кращу готовність і зменшує час реагування [3]. Крім того, залучення симуляцій, заснованих на досвіді минулих атак або шаблонах, створених системами ШІ, допомагає у розробці надійних стратегій захисту, які розвиваються разом з появою нових загроз.

Моделювання в дослідженнях кіберзагроз, які імітують динаміку кібератак і захисту, часто базуються на методах ШІ та машинного навчання. Це допомагає виявляти закономірності, прогнозувати вразливості та пропонувати стратегії пом'якшення наслідків. Поширеним підходом є використання методів контрольованого та неконтрольованого

навчання, які аналізують дані для розподілу поведінки в мережі на нормальну та аномальну. Так, системи виявлення вторгнень (Intrusion Detection Systems, IDS) на основі аномалій використовують моделі для відстеження відхилень від нормального мережевого трафіка, виявляючи потенційні загрози в режимі реального часу. Іншим прикладом є моделі на основі ШІ, які використовують розпізнавання образів для виявлення підозрілих дій на пристроях без потреби розшифровувати дані. Ці моделі розроблені для автономної роботи та самонавчання, що робить їх важливими в сучасних архітектурах кібербезпеки.

Додатково моделювання кібербезпеки поширюється на імітацію процесів прийняття рішень зловмисниками. Генеративні змагальні мережі (generative adversarial networks) та моделі навчання з підкріпленням (reinforcement learning models) застосовують для прогнозування та протидії кіберзлочинній діяльності шляхом імітації поведінки зловмисників у контрольованому кіберсередовищі. Цей процес допомагає виявляти вразливі місця в системах ще до настання реальних загроз.

Впровадження ШІ в симуляції та моделювання кіберзагроз дозволяє розробити адаптивні, інтелектуальні системи кібербезпеки. Використовуючи моделі на основі ШІ, операційні центри безпеки автоматизують виявлення загроз, реагування на них і стратегії пом'якшення наслідків. Моделювання на основі ШІ надає можливість створювати динамічні тестові середовища, адаптовані до появи нових загроз, які постійно вдосконалюють систему безпеки. Так, ШІ-моделі Darktrace аналізують нормальну поведінку користувачів і пристроїв у мережі. Встановлюючи базову лінію нормальної діяльності, система Darktrace виявляє аномалії, які можуть свідчити про потенційні загрози. Якщо аккаунт співробітника раптом починає отримувати доступ до конфіденційних даних у незвичний час або завантажувати великі обсяги інформації, ШІ Darktrace позначає таку поведінку як підозрілу [4].

ШІ-моделі підтримують прийняття рішень за умов високих ризиків, швидко і точно обробляючи величезні обсяги даних. Вони виявляють «тонкі» аномалії, які люди-аналітики можуть не помітити. Для прикладу, системи ШІ в симуляціях кібербезпеки у режимі реального часу інформують про ефективність певних протоколів захисту, що є критично важливим для мінливого ландшафту загроз.

Висновки. Отже, симуляції та моделювання є важливими у дослідженнях в сфері кібербезпеки, пропонуючи контрольоване середовище для вивчення потенційних загроз і розробки контрзаходів. Інтеграція ШІ в ці системи створює простір для адаптивного навчання і реагування на загрози в режимі реального часу, що робить їх незамінними інструментами в сучасних стратегіях кібербезпеки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Blue Goat. (2024). *Red Team vs. Blue Team: Cybersecurity Exercises Explained*. <https://bluegoatcyber.com/blog/red-team-vs-blue-team-cybersecurity-exercises-explained/>
- [2] Christie, St. (2023, June 27). *What is Cyber Attack Simulation?* Validatio. <https://validatio.io/what-is-a-cyber-attack-simulation/>
- [3] IBM. (2024). *AI and automation for cybersecurity*. <https://www.ibm.com/ai-cybersecurity>
- [4] Elastic. (2024). *Darktrace*. <https://www.elastic.co/docs/current/integrations/darktrace>

Struk Dmytro

Simulations and modeling in cyber security research

Abstract. AI algorithm and data analysis methods allow security systems to autonomously detect, analyze and respond to new threats in real time. Creating a simulation cyber polygon allows you to simulate attacks and their impact, develop and test protection strategies, optimize the cyber security system for real infrastructure.

Keywords: artificial intelligence; cybersecurity; system analysis; simulation; scenario modelling; automation.

УДК 004.42

ПРОГНОЗУВАННЯ ОСВІТНІХ ПОТРЕБ РЕГІОНІВ НА ОСНОВІ СИСТЕМНОЇ ДИНАМІКИ

Журан О.А., к.е.н., доц; Гайдаєнко О.В., к.т.н., доц.

¹ Національний університет «Одеська політехніка»; ² Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова¹ Україна, Одеса; ² Україна, Миколаїв¹ juran@ukr.net; ² oksana.gaidaienko@nuos.edu.ua ORCID : 0000-0002-6614-5443

Анотація. Метод системної динаміки є потужним інструментом для моделювання складних систем, які складаються з багатьох взаємозалежних елементів. У контексті прогнозування освітніх потреб цей підхід дозволяє отримати багаторівневі взаємозв'язки між ринком праці, освітньою системою та економічними змінами. Описано проблему відсутності координації між потребами ринку праці та освітніми програмами, що призводить до нестачі або надлишку фахівців у певних галузях. Сучасні методи, такі як аналіз великих даних та машинне навчання, у поєднанні з системною динамікою, допоможуть вирішити цю проблему, покращити планування державного замовлення та підвищити ефективність освітніх програм.

Ключові слова: моделювання; освітні потреби; прогнозування; системна динаміка.

Вступ. На сьогоднішній день українська економіка, як і інші, стикається з проблемою невідповідності між потребами праці та спеціалістами, що випускаються вищими навчальними закладами (ВНЗ). Це особливо актуально для сфери інформаційних технологій (ІТ) та аналітики даних, де постійно існує високий попит на кваліфіковані кадри.

Однією з ключових проблем є пошук ефективних інструментів прогнозування регіональних потреб у фахівцях. Це відбувається до того, що державне замовлення на підготовку спеціалістів часто не відповідає реальним вимогам ринку праці. Як результат, викликає дефіцит або надлишок кадрів у певних галузях, що впливає на ефективність використання ресурсів і загальний рівень підготовки фахівців.

Актуальність прогнозування освітніх потреб регіонів стає дедалі очевиднішою в контексті поточних глобальних і національних тенденцій, особливо з урахуванням викликів, з якими стикається Україна через війну та економічні зміни.

Згідно зі звітом World Economic Forum за 2023 рік [1], технологічні зміни, автоматизація та цифровізація значно впливатимуть на ринок праці в наступні роки. Основна увага приділяється попиту на фахівців у галузях штучного інтелекту, аналітики даних та інших технологічних сферах. Впровадження інструментів прогнозування освітніх потреб допоможе ефективно відповідати на ці зміни, особливо в контексті короткострокових прогнозів на 3-5 років, що дозволить навчальним закладам оперативніше адаптувати свої програми.

Також підкреслюється важливість адаптації освітніх програм до змін у ринку праці, особливо в секторах, які найбільше постраждали через міграцію кадрів та мобілізацію чоловіків (ІТ, аграрний сектор та енергетика) [1].

Як свідчить дослідження Times Higher Education, постійне навчання та підвищення кваліфікації мають стати одним із стратегічних пріоритетів для України, щоб підготувати кваліфікованих спеціалістів і відповідати вимогам ринку. Однак, наразі в Україні

недостатньо інвестицій в систему безперервної освіти, що є бар'єром для швидкого відновлення людського капіталу [2].

Виходячи з вище викладеного, **метою роботи** є пошук ефективної моделі прогнозування потреб у відповідних фахівцях на регіональному рівні, яка враховує економічні, демографічні та технологічні фактори. Це в свою чергу дозволить узгодити державне замовлення з реальними запитами ринку праці, оптимізувати ресурси системи освіти і забезпечити своєчасну підготовку кваліфікованих кадрів.

Основна частина. Прогнозування освітніх потреб регіонів стає дедалі актуальнішим, оскільки ринки праці швидко змінюються під впливом технологічних інновацій, демографічних зрушень і глобалізаційних процесів. В результаті ми отримуємо розрив між тим, що пропонують навчальні заклади, і тим, що вимагає ринок праці.

Дуже часто число випускників ВНЗ за певними спеціальностями суттєво перевищує або, навпаки, не задовольняє потреби ринку. В сучасних стрімких умовах стрімкого розвитку завдання ВНЗ прогнозувати актуальність той чи іншої спеціальності як мінімум через 4 роки (термін навчання у бакалавраті). Освітні установи та держава витрачають чи малі ресурси на підготовку спеціалістів, які можуть не знайти працевлаштування або працювати не за фахом.

Не слід також виключати потребу у постійному удосконаленні існуючих освітніх програм та постійного оновлення навчального матеріалу до них. Це тісна співпраця стейкхолдерів різного рівня та ВНЗ щодо удосконалення та актуалізації навчання до потреб ринку.

Створення моделей, що передбачають потребу у фахівцях у різних галузях, з урахуванням демографічних та економічних факторів, допоможе уникнути зазначених проблем. За допомогою такого інструменту освітні установи та регіональна влада зможуть заздалегідь адаптувати програми підготовки, планувати державне замовлення на навчання, а також підвищити загальну ефективність системи освіти.

Для впровадження моделі прогнозування можна використовувати різні методи та підходи. Загальна порівняльна характеристика методів прогнозування та системного аналізу наведена у таблиці 1.

Таблиця 1 – Загальна порівняльна таблиця методів прогнозування освітніх потреб регіонів

Характеристика	Методи прогнозування			
	Системна динаміка	Статистичні методи	Економетричні моделі	Машинне навчання
1	2	3	4	5
Фокус	Моделювання взаємозв'язків та зворотних зв'язків у динамічних системах	Виявлення статистичних залежностей між змінними	Аналіз економічних даних та побудова моделей економічних процесів	Розпізнавання закономірностей у великих даних та прогнозування на їх основі
Дані	Кількісні та якісні дані, діаграми причинно-наслідкових зв'язків	Переважно кількісні дані, часові ряди	Економічні показники, макроекономічні дані	Великі обсяги різноманітних даних

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5
Модель	Динамічна модель, що описує поведінку системи з часом	Статистична модель, що описує залежність між змінними	Економетрична модель, що відображає економічні теорії	Алгоритм машинного навчання, який навчається на даних
Прогноз	Прогнозування поведінки системи в майбутньому на основі моделі	Точкові або інтервальні прогнози значень змінних	Прогнозування макроекономічних показників, таких як ВВП, інфляція	Прогнозування різних типів даних, включаючи часові ряди, категоріальні дані тощо
Переваги	Дозволяє враховувати зворотні зв'язки та нелінійні залежності, добре підходить для моделювання складних систем	Проста у використанні, забезпечує точні прогнози для стаціонарних процесів	Орієнтована на економічні процеси, дозволяє аналізувати вплив політики	Висока точність прогнозів, здатність працювати з великими обсягами даних
Недоліки	Вимагає глибокого розуміння системи, побудова моделі може бути трудомісткою	Менш ефективна для прогнозування нелінійних та нестаціонарних процесів	Може бути чутливою до специфікації моделі та допущень	Вимагає великих обсягів даних, може бути "чорною скринькою"

Системи підтримки рішень дають змогу моделювати складні взаємозв'язки між елементами, такими як ринок праці, система освіти, технологічні зміни та економічне середовище та роботи довгострокові прогнози [4]. Використовуючи спеціалізовані програмні засоби для моделювання, наприклад AnyLogic, можна враховувати різноманітні фактори, що впливають на потребу у фахівцях. Такий підхід дозволяє створювати сценарії для різних варіантів розвитку. Система для підтримки прийняття рішень зможе інтегрувати дані про місцевий ринок праці, економічний розвиток регіону і демографічні показники, щоб надавати рекомендації щодо коригування державного замовлення на конкретні спеціальності в університетах.

Моделі машинного навчання можуть допомогти аналізувати історичні дані про зайнятість, демографію, економічні показники та показники випускників ВНЗ для прогнозування потреб у спеціалістах на 3-5 років наперед. Цей метод дозволяє використовувати великий набір даних та може враховувати різні фактори: економічний ріст, демографічні зміни, зміни у сфері технологій тощо [3]. Алгоритми машинного навчання будуть здатні аналізувати вплив економічних факторів на ринок праці і визначати найбільш перспективні напрямки для розвитку. Модель може навчатися на історичних даних про ринок праці, демографію та економіку, щоб передбачити, які спеціалісти будуть затребувані через певний час.

Інструменти для обробки великих обсягів даних дозволяють будувати моделі на основі демографічних даних та аналізу трендів. Наприклад, за допомогою Python та його спеціалізованих бібліотеки для обробки даних та візуалізації можна побудувати не тільки

прогнози, також адаптувати відповідно до регіональних особливостей з високою точністю при короткостроковому прогнозуванні на 3-5 років.

З метою досягнення найкращих результатів пропонуємо використовувати системну динаміку для побудови загальної моделі системи та її взаємозв'язків. Її застосовувати машинне навчання для прогнозування конкретних показників з великим об'ємом даних.

Аналіз великих даних, на погляд авторів, є одним з найефективніших підходів до вирішення проблеми узгодження попиту на ринку праці з пропозиціями освітніх програм. З огляду на те, що ринок праці і вимоги до навичок постійно змінюються, важливо використовувати інструменти, які можуть обробляти великі обсяги даних і робити точні прогнози.

В якості вихідних даних для побудови моделі будуть збиратися дані з різних джерел: соціальні мережі (LinkedIn), професійні платформи, сайти з пошуку роботи, офіційні статистичні дані про зайнятість і демографію. Це дозволяє отримувати данні в реальному часі, виявляти тренди та будувати актуальні прогнози.

Як вже було зазначено вище для побудови таких прогнозних моделей чудово підходить Python за простоту використання та різноманіття спеціалізованих бібліотек. Також Python підтримує багато бібліотек для машинного навчання, що дає змогу навчання побудованої моделі та аналізувати складні взаємозв'язки між змінними. А інструменти для обробки і аналізу текстових даних дають змогу аналізувати дані про вакансії і вимоги до навичок представлені у вигляді тексту.

Завдяки можливостям масштабування, гнучкості і підтримці машинного навчання, Python є оптимальним вибором для проєктів, які потребують аналізу великих обсягів даних та побудови прогнозів на основі змін на ринку праці.

Висновки. У дослідженні здійснено огляд сучасних підходів до моделювання та прогнозування освітніх потреб у регіональному контексті. Особливу увагу приділено застосуванню методів машинного навчання, штучного інтелекту та системної динаміки для вирішення зазначеної проблеми. Використання системної динаміки дозволяє моделювати складні взаємозв'язки між демографічними, економічними та соціальними факторами, що впливають на потребу у спеціалістах. Аргументовано доцільність вибору мови програмування Python як інструменту, який забезпечує високу ефективність та гнучкість у процесі обробки великих обсягів даних і побудови прогностичних моделей з урахуванням системної динаміки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] CPD. (n.d.). *Future Ukraine workforce*. <https://cpd.com.ua/en/future-ukraine-workforce/>
- [2] Taylor, M., (2023, September 21). *Ukraine's post-war recovery will depend on lifelong learning*. *Times Higher Education*. <https://www.timeshighereducation.com/blog/ukraines-post-war-recovery-will-depend-lifelong-learning>
- [3] Журан, О.А., Донченко, К.В. (2021, May). *Методи та засоби інтелектуальної обробки інформації*. In *VIII Міжнародна науково-практична конференція «Інформатика. Культура. Технології» ІКТ2021* (pp. 14-16). ОНПУ.
- [4] Журан, О., Беркунський, Є., Гайдаєнко, О., Морозова, Г., Павленко, А. (2024). *Застосування системного підходу при реалізації ІТ-проєктів*. *Електротехніка та комп'ютерні системи*, (40 (116), 37-45. <https://doi.org/10.15276/eltecs.40.116.2024.4>

Olena Zhuran, Oksana Haidaienko.

Forecasting Educational Needs of Regions Based on System Dynamics

Abstract. *The method of system dynamics is a powerful tool for modeling complex systems that consist of many interdependent elements. In the context of forecasting educational needs, this approach allows obtaining multi-level relationships between the labor market, the educational system and economic changes. The problem of lack of coordination between the needs of the labor market and educational programs is described, which leads to a shortage or surplus of specialists in certain fields. Modern methods such as big data analysis and machine learning, combined with system dynamics, will help to solve this problem, improve the planning of public procurement and increase the effectiveness of educational programs.*

Keywords: *simulation; educational needs; forecasting; system dynamics.*