

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

ISSN 2522-1957

ВІСНИК

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВОГО ІНСТИТУТ КІБЕРНЕТИКИ, ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
ТА ІНЖЕНЕРІЇ

Збірник наукових праць

Випуск 12

Рівне-2024

У збірнику опубліковано наукові статті студентів і викладачів Навчально-наукового інституту кібернетики, інформаційних технологій та інженерії НУВГП.

Редакційна колегія:

Мартинюк П.М., д.т.н., професор, головний редактор (НУВГП); **Турбал Ю.В.**, к.ф.-м.н., д.т.н., професор (НУВГП); **Тадесєв П.О.**, к.ф.-м.н., д.пед.н., професор (НУВГП); **Грицюк П.М.**, д.е.н., професор (НУВГП); **Сидор А.І.**, к.т.н., доцент (НУВГП); **Барановський С.В.**, к.т.н., доцент (НУВГП); **Бойчура М.В.** к.т.н., доцент (НУВГП), **Гладка О.М.** к.т.н., доцент (НУВГП); **Дейнека О.**, д.т.н., доцент (НУВГП); **Жуковський В.В.**, к.т.н., доцент (НУВГП); **Іващук Я.Г.**, к.ф.-м.н., доцент (НУВГП); **Круліковський Б.Б.**, к.т.н., доцент (НУВГП); **Степанченко О.М.**, к.т.н., доцент (НУВГП)

Матеріали збірника розглянуті і рекомендовані до видання на
Вченій раді Національного університету водного господарства та
природокористування 28.03.2025 р., протокол № 3
Ідентифікатор медіа: R30-05350

Адреса редколегії: 33028, м. Рівне, вул. Соборна, 11, НУВГП.
© Національний університет водного господарства та
природокористування, 2024

ЗМІСТ

Окерешко Ю. В., Сидор А.	ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ІНСТРУМЕНТІВ ПОЯСНЮВАНОГО МАШИННОГО НАВЧАННЯ	7
Павленко Д. С., Сидор А.І.	ОГЛЯД ОСОБЛИВОСТЕЙ КОДУВАННЯ В РІЗНИХ ТЕОРЕТИКО-ЧИСЛОВИХ БАЗИСАХ	14
Глінчук М. В., Бойчура М. В.	ПРОСТОРОВИЙ МАНІПУЛЯТОР ДЛЯ СПРОЩЕННЯ РОБОТИ В СЕРЕДОВИЩАХ 3D- РЕДАКТОРІВ	22
Прокопчук Д. І., Бойчура М. В.	ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНИМ ОБСЛУГОВУВАННЯМ АВТОПАРКУ	29
Стовповець В. Я., Бойчура М. В.	ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ОПИТУВАНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗУ В ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ	35
Кушнір В. П., Кушнір О. О.	ЦІКАВІ ТОЧКИ ТРИКУТНИКА	40
Бабич Т. Ю., Більчук Ю. П.	ВІЛЬНИЙ ВИБІР ДИСЦИПЛІН ЯК ОДНА З СКЛАДОВИХ ФОРМУВАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ ОСВІТНЬОЇ ТРАЄКТОРІЇ (НА ПРИКЛАДІ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВОГО ІНСТИТУТУ КІБЕРНЕТИКИ, ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ІНЖЕНЕРІЇ)	45
Кірпічніков А. В., Прищепя О. В.	РОЗРОБКА ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЦИВІЛЬНИМ ЗАХИСТОМ	54

Савич Д. В.	РОЗВИТОК СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВАМИ НА ОСНОВІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ: ДОСВІД, ПРОБЛЕМИ, ПЕРСПЕКТИВИ	62
Остапчук О. П., Єгоров А. М.	ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ВЕБДОДАТКА ДЛЯ ПОШУКУ СПІЛЬНИХ ПОЇЗДОК НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ASP.NET MVC	66
Остапчук О. П., Самойдюк А. С.	КІБЕРБЕЗПЕКА В РОЗУМНИХ БУДИНКАХ: АНАЛІЗ ЗАГРОЗ ТА СТРАТЕГІЇ ЗАХИСТУ	73
Остапчук О. П., Ковердюк В. В.	ОПТИМІЗАЦІЯ ЗБЕРІГАННЯ ТА ОБРОБКИ ВЕЛИКИХ МАСИВІВ ДОКУМЕНТІВ У ХМАРНИХ СЕРЕДОВИЩАХ	82
Бубнов О. В., Прищеп О. В.	СИСТЕМА ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ГЕОЛОКАЦІЙНОГО РОЗТАШУВАННЯ СЕРВІСНИХ СЛУЖБ	88

CONTENT

Okereshko Y. V., Sydor A. I.	COMPARATIVE ANALYSIS OF EXPLANATORY MACHINE LEARNING TOOLS	7
Pavlenko. D. S., Sydor A. I.	OVERVIEW OF CODING FEATURES IN DIFFERENT THEORETICAL AND NUMERICAL BASES	14
Hlinchuk M. V., Boichura M. V.	SPATIAL MANIPULATOR FOR SIMPLIFYING WORK IN 3D EDITING ENVIRONMENTS	22
Prokopchuk D. I., Boichura M. V.	AN INFORMATION SYSTEM FOR FLEET MAINTENANCE MANAGEMENT	29
Stovpovets V. Y., Boichura M. V.	INFORMATION SYSTEM FOR ORGANIZING SURVEYS AND THEIR ANALYSIS IN HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS	35
Kushnir V. P., Kushnir O. O.	INTERESTING POINTS OF A TRIANGLE	40
Babych T. Y., Bilchuk Yu. P.	FREE CHOICE IN DISCIPLINES AS A COMPONENT OF INDIVIDUAL EDUCATIONAL TRAJECTORY FORMATION (BASED ON THE EXAMPLE OF SPECIALTIES OF THE EDUCATIONAL AND SCIENTIFIC INSTITUTE OF CYBERNETICS, INFORMATION TECHNOLOGIES, AND ENGINEERING)	45
Kirpichnikov A. V., Pryshchepa O. V.	DEVELOPMENT OF AN INTEGRATED CIVIL PROTECTION CONTROL SYSTEM	54

Savych D. V.	DEVELOPMENT OF ENTERPRISE MANAGEMENT SYSTEMS BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE: EXPERIENCE, PROBLEMS, PROSPECTS	62
Ostapchuk O. P., Yehorov A. M.	DESIGN AND DEVELOPMENT OF A WEB APPLICATION FOR SEARCHING SHARED RIDE BASED ON ASP.NET MVC TECHNOLOGY	66
Ostapchuk O. P., Samoidiuk A. S.	CYBERSECURITY IN SMART HOMES: THREAT ANALYSIS AND PROTECTION STRATEGIES	73
Ostapchuk O. P., Koverdiuk V. V.	OPTIMIZATION OF STORING AND PROCESSING LARGE VOLUMES OF DOCUMENTS IN CLOUD ENVIRONMENTS	82
Bubnov O. V., Pryshchepa O. V.	SYSTEM FOR GEOLOCATION-BASED OPTIMIZATION OF SERVICE UNITS	88

Окерешко Ю. В., аспірант; Сидор А. І., к.т.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, y.v.okereshko@nuwm.edu.ua, a.i.sydor@nuwm.edu.ua)

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ІНСТРУМЕНТІВ ПОЯСНЮВАНОВОГО МАШИННОГО НАВЧАННЯ

Робота присвячена дослідженню пояснювального машинного навчання, у статті представлено аналіз існуючих архітектур та опис відповідних технологій, що реалізують відповідну архітектуру. Наведено особливості застосування обраних технологій, а також виконаний порівняльний аналіз переваг. На підставі аналізу сформовано положення стосовно умов застосування даних технологій і актуальності їх використання у сфері обліку даних.

Ключові слова: машинне навчання; штучний інтелект.

Машинне навчання та штучний інтелект (ШІ) стали невід'ємною частиною сучасного технологічного ландшафту, знаходячи застосування у різноманітних галузях – від медицини та фінансів до автомобільної промисловості та соціальних мереж. Однак, зі зростанням складності та потужності моделей ШІ, виникає проблема їх «непрозорості» – ситуації, коли навіть розробники не можуть повністю зрозуміти та пояснити, як саме модель приймає рішення.

Ця проблема породжує ряд важливих питань: Як можна довіряти рішенням системи, якщо ми не розуміємо, як вона їх приймає? Як забезпечити етичність та справедливість використання ШІ в критичних сферах? Як виявляти та виправляти помилки в роботі моделей?

Саме для вирішення цих питань і виникла концепція пояснюваного штучного інтелекту (Explainable AI, XAI). Мета XAI – зробити системи ШІ більш прозорими, зрозумілими та надійними, дозволяючи людям інтерпретувати та пояснювати рішення, прийняті алгоритмами. У цій роботі ми проведемо детальний аналіз сучасних інструментів XAI, порівняємо їх можливості та обмеження, а також надамо рекомендації щодо їх застосування в різних сценаріях.

Пояснюваний штучний інтелект (XAI) – це підхід у розробці систем ШІ, який фокусується на створенні моделей, чиї рішення та внутрішню логіку можна зрозуміти та пояснити людям. XAI прагне подолати проблему «чорного ящика», коли модель дає точні прогнози, але процес прийняття рішень залишається незрозумілим.

Основні цілі XAI включають: Прозорість: забезпечення розуміння того, як модель приймає рішення. Інтерпретованість: можливість пояснити рішення моделі зрозумілою для людини мовою. Відповідальність: здатність виявляти та виправляти помилки або упередження в моделях. Довіра: підвищення довіри користувачів до систем ШІ.

Існує два основних підходи до створення пояснюваних моделей (рисунок): по перше це пояснення існуючих складних моделей (post-hoc explanations), який включає в себе використання спеціальних методів для аналізу та інтерпретації вже навчених моделей, а також не вимагає зміни архітектури моделі, але може бути обмеженим у глибині пояснень. По друге це розробка нових архітектур з вбудованою пояснюваністю (intrinsically interpretable models), яка базується на створенні моделей, які за своєю природою є інтерпретованими, а також може обмежувати складність моделі, при цьому забезпечуючи більш глибоке розуміння її роботи.

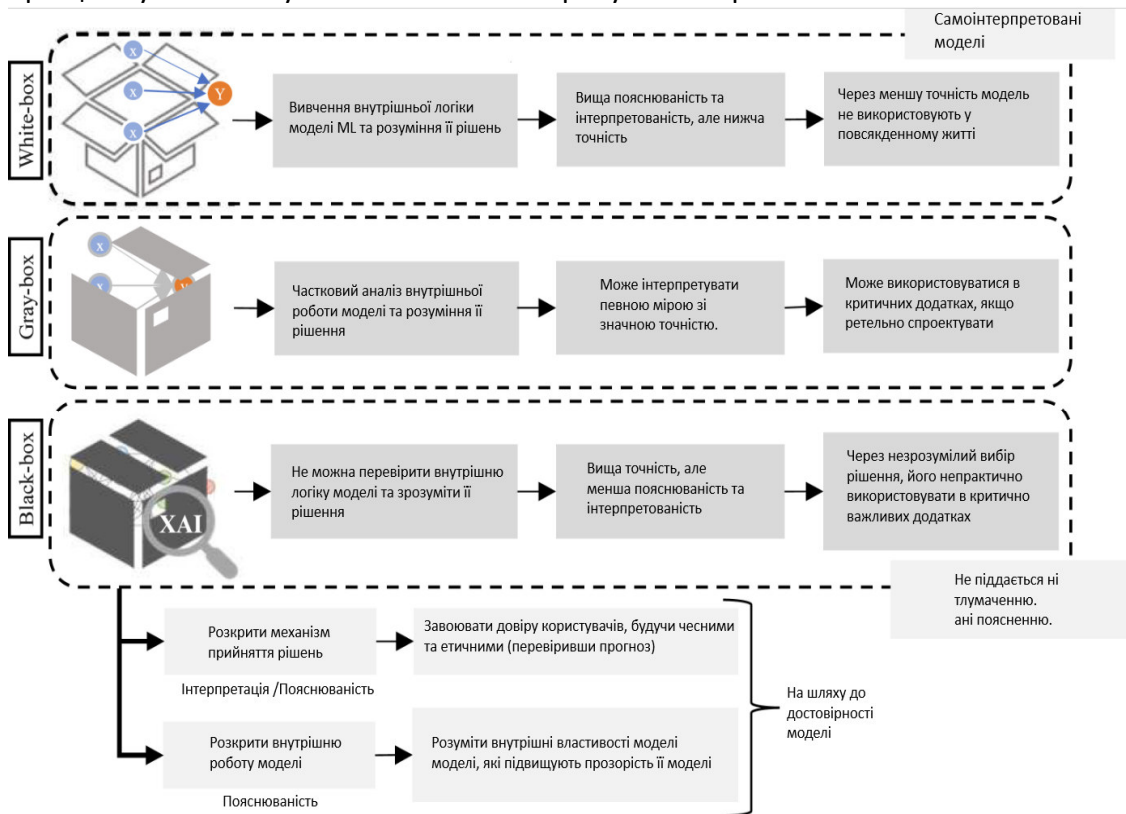


Рисунок. Логічна схема роботи різних типів моделей ШІ

У цій роботі ми зосередимось на першому підході та розглянемо популярні інструменти для пояснення «чорних ящиків» машинного навчання.

Розглянемо детально три популярні інструменти пояснюваного машинного навчання:

- 1) SHAP (SHapley Additive exPlanations);

- 2) LIME (Local Interpretable Model-agnostic Explanations);
- 3) Інтегровані градієнти (Integrated Gradients).
- 4) SHAP (SHapley Additive exPlanations).

SHAP – це метод, заснований на теорії ігор, який обчислює внесок кожної ознаки у прогноз моделі. Він використовує значення Шеплі з теорії кооперативних ігор для розподілу прогнозу між всіма ознаками. Основними перевагами SHAP є глобальна та локальна інтерпретованість: SHAP може пояснювати як окремі прогнози, так і загальну поведінку моделі. Узгодженість з теорією ігор: забезпечує теоретично обґрунтований підхід до розподілу впливу ознак. Підтримка різних типів моделей: може застосовуватися до будь-якої моделі машинного навчання. Адитивність: внески ознак сумуються до різниці між фактичним прогнозом та середнім прогнозом. В свою чергу SHAP має і свої обмеження, до яких можна віднести обчислювальну складність: для точного обчислення значень Шеплі може знадобитися багато часу, особливо для моделей з великою кількістю ознак, та складність інтерпретації: хоча SHAP надає детальну інформацію, інтерпретація результатів може бути складною для нетехнічних користувачів.

LIME (Local Interpretable Model-agnostic Explanations) – це метод, який пояснює окремі прогнози шляхом апроксимації локальної поведінки моделі простою інтерпретованою моделлю (наприклад, лінійною регресією). Основні переваги методу LIME це інтуїтивно зрозумілі пояснення: LIME створює прості локальні моделі, які легко інтерпретувати; модельно-агностичний підхід: може застосовуватися до будь-якої моделі машинного навчання; підтримка різних типів даних: працює з табличними, текстовими та навіть зображеннями; локальна точність: пояснення LIME точно відображають поведінку моделі в околі конкретного прикладу; гнучкість: можливість налаштування параметрів для балансу між точністю та інтерпретованістю пояснень. Серед обмежень LIME можна відзначити локальність: LIME надає пояснення тільки для окремих прикладів, що може ускладнити розуміння глобальної поведінки моделі; нестабільність: різні запуски можуть давати дещо різні пояснення для одного і того ж прикладу; вибір параметрів: ефективність LIME залежить від правильного налаштування параметрів, що може бути складним завданням.

Інтегровані градієнти (Integrated Gradients). Метод інтегрованих градієнтів обчислює важливість вхідних ознак, інтегруючи градієнти моделі вздовж прямої від базової точки (зазвичай нульового вектора) до вхідного зразка. Основні переваги інтегрованих градієнтів це теоретична обґрунтованість: метод задовольняє важливі аксіоми, такі як чутливість та повнота; ефективність для глибоких нейронних мереж: особливо добре працює з складними моделями глибокого навчання; чутливість до нелінійностей: здатний виявляти складні нелінійні залежності в моделі; можливість візуалізації: результати можна легко візуалізувати, особливо для

задач комп'ютерного зору. Обмеження інтегрованих градієнтів включають в себе обчислювальну складність: метод вимагає багаторазового обчислення градієнтів, що може бути ресурсомістким для великих моделей; вибір базової точки: результати можуть залежати від вибору базової точки; інтерпретація результатів: хоча метод надає детальну інформацію про важливість ознак, інтерпретація цієї інформації може бути складною для нетехнічних користувачів.

Порівняльний аналіз. Для більш детального порівняння інструментів XAI, розширимо наш аналіз (таблиця), включивши додаткові критерії та більш детальні оцінки. Оцінки виставляються за шкалою від 1 до 5, де 1 – найнижча оцінка, а 5 – найвища.

Таблиця

Розширене порівняння інструментів XAI

Критерій	SHAP	LIME	Інтегровані градієнти
Інтерпретованість пояснень	5	4	3
Обчислювальна ефективність	3	4	5
Універсальність застосування	5	4	3
Теоретична обґрунтованість	5	3	5
Зручність використання	4	5	2
Глобальна інтерпретованість	5	2	4
Локальна інтерпретованість	5	5	4
Стабільність пояснень	4	3	5
Візуалізація результатів	5	4	4
Підтримка різних типів даних	4	5	3
Загальний бал	45	39	38

Проведемо детальний аналіз за кожним критерієм.

Інтерпретованість пояснень. SHAP надає найбільш повні та зрозумілі пояснення, враховуючи взаємодію між ознаками. LIME пропонує інтуїтивно зрозумілі локальні пояснення. Інтегровані градієнти можуть бути складнішими для інтерпретації нетехнічними користувачами.

Обчислювальна ефективність. SHAP зазвичай вимагає більше обчислювальних ресурсів для отримання пояснень. LIME є більш ефективним, оскільки працює з локальними апроксимаціями. Інтегровані градієнти можуть бути обчислені досить ефективно, особливо для нейронних мереж з використанням автоматичного диференціювання.

Універсальність застосування. SHAP може бути застосований до широкого спектру моделей машинного навчання. LIME також є універсальним, але може мати обмеження для деяких типів даних.

Інтегровані градієнти найкраще працюють з диференційованими моделями, особливо з нейронними мережами.

Теоретична обґрунтованість. SHAP має сильне теоретичне підґрунтя, базуючись на теорії ігор та значеннях Шеплі. LIME менш теоретично обґрунтований, але має інтуїтивно зрозумілу основу. Інтегровані градієнти мають строге математичне обґрунтування та задовольняють важливі аксіоми.

Зручність використання. SHAP має добре розроблені бібліотеки з широкими можливостями візуалізації. LIME є найпростішим у використанні з інтуїтивно зрозумілим API. Інтегровані градієнти можуть вимагати більше зусиль для реалізації та інтерпретації.

Глобальна інтерпретованість. SHAP надає відмінні можливості для глобальної інтерпретації моделі. LIME в основному фокусується на локальних поясненнях, що обмежує його глобальну інтерпретованість. Інтегровані градієнти можуть бути агреговані для отримання глобальної картини, але це менш пряме, ніж у SHAP.

Локальна інтерпретованість. SHAP забезпечує точні локальні пояснення. LIME спеціально розроблений для локальної інтерпретації і відмінно справляється з цим завданням. Інтегровані градієнти також надають якісні локальні пояснення.

Стабільність пояснень. SHAP забезпечує стабільні пояснення завдяки своїй теоретичній основі. LIME може давати дещо нестабільні результати через випадковість у процесі створення локальних апроксимацій. Інтегровані градієнти зазвичай дають досить стабільні результати.

Візуалізація результатів. SHAP має широкий набір інструментів візуалізації, включаючи графіки важливості ознак, force plots та інші. LIME пропонує зручні візуалізації для локальних пояснень. Інтегровані градієнти можуть бути візуалізовані, особливо ефективно для задач комп'ютерного зору.

Підтримка різних типів даних. SHAP добре працює з табличними даними та може бути адаптований для інших типів. LIME має вбудовану підтримку для табличних даних, тексту та зображень. Інтегровані градієнти найкраще працюють з неперервними даними, але теоретично можуть бути адаптовані для інших типів.

Рекомендації щодо вибору інструментів. На основі проведеного аналізу можна надати наступні рекомендації щодо вибору інструментів ХАІ для різних сценаріїв використання. Для критичних застосувань з високими вимогами до точності та обґрунтованості пояснень рекомендується використовувати SHAP через його теоретичну обґрунтованість та здатність надавати як глобальні, так і локальні пояснення. Приклади застосувань: медична діагностика, фінансовий аналіз, системи підтримки прийняття рішень у критичних галузях. Для швидкого прототипування та пояснення окремих прогнозів LIME є оптимальним вибором завдяки своїй простоті

використання та інтуїтивно зрозумілим поясненням. Приклади застосувань: аналіз настроїв у текстах, рекомендаційні системи, маркетингові дослідження.

Для глибоких нейронних мереж, особливо в задачах комп'ютерного зору Інтегровані градієнти є потужним інструментом, який добре працює з складними нейронними архітектурами. Приклади застосувань: аналіз медичних зображень, системи комп'ютерного зору в автономних транспортних засобах.

Для комплексного аналізу моделей рекомендується використовувати комбінацію методів. Наприклад, SHAP для глобального аналізу важливості ознак, LIME для пояснення окремих прогнозів, та інтегровані градієнти для детального аналізу нейронних мереж. Приклади застосувань: дослідження та розробка нових моделей машинного навчання, аудит існуючих систем ШІ.

Для задач з обмеженими обчислювальними ресурсами LIME може бути кращим вибором через його відносну обчислювальну ефективність. Приклади застосувань: вбудовані системи, мобільні додатки з елементами ШІ.

Для задач, що вимагають інтерпретації взаємодій між ознаками SHAP є найкращим вибором, оскільки він здатний виявляти та пояснювати складні взаємодії між ознаками. Приклади застосувань: аналіз генетичних даних, складні економічні моделі.

Висновки. Проведений аналіз показує, що кожен з розглянутих інструментів пояснюваного машинного навчання має свої переваги та обмеження. Вибір оптимального інструменту залежить від конкретного сценарію використання, типу даних, складності моделі та вимог до інтерпретації. SHAP забезпечує найбільш повні та теоретично обґрунтовані пояснення, але може бути обчислювально затратним. LIME пропонує інтуїтивно зрозумілі локальні пояснення і простий у використанні, але менш теоретично обґрунтований. Інтегровані градієнти ефективні для глибоких нейронних мереж, але можуть бути складнішими в інтерпретації для нетехнічних користувачів. Важливо зазначити, що область пояснюваного ШІ активно розвивається, і нові методи та інструменти з'являються регулярно. Тому дослідникам та практикам рекомендується слідкувати за останніми розробками в цій галузі.

1. Лундберг С. М., Лі С.-І. Єдиний підхід до інтерпретації прогнозів моделі. *Advances in Neural Information Processing Systems*. 2017. Т. 30.
2. Рібейро М. Т., Сінгх С., Гестрін К. «Чому я маю довіряти вам?»: Пояснення прогнозів будь-якого класифікатора. *Матеріали 22-ої Міжнародної конференції ACM SIGKDD з відкриття знань та аналізу даних*. 2016.
3. Сундаражан М., Талі А., Янь Ц. Аксиоматичне приписування для глибоких мереж. *Матеріали 34-ої Міжнародної конференції з машинного навчання*.

2017. С. 39–48.

4. Молнар К. Інтерпретоване машинне навчання: посібник зі створення пояснюваних моделей «чорних скриньок». Leanpub, 2019. URL: <https://christophm.github.io/interpretable-ml-book/> (дата звернення: 10.12.2024).
5. Ададі А., Бєррада М. Заглядаючи всередину «чорної скриньки»: Огляд пояснюваного штучного інтелекту (XAI). *IEEE Access*. 2018. Т. 6. С. 50–62.
6. Замек В., Віганд Т., Мюллер К.-Р. Пояснюваний штучний інтелект: розуміння, візуалізація та інтерпретація моделей глибокого навчання. *ITU Journal: ICT Discoveries*. 2017. Спеціальний випуск № 1. С. 39–48.
7. Доші-Велез Ф., Кім Б. До суворой науки інтерпретованого машинного навчання. *arXiv preprint arXiv:1702.08608*. 2017.
8. Гуїдотті Р., Монреале А., Руджері С., Туріні Ф., Джіанотті Ф., Педрескі Д. Огляд методів для пояснення моделей «чорної скриньки». *ACM Computing Surveys*. 2018. № 5. Т. 51. Стаття 93.
9. Ко П. В., Лян П. Розуміння прогнозів «чорної скриньки» за допомогою функцій впливу. *Матеріали 34-ої Міжнародної конференції з машинного навчання*. 2017.
10. Монтавон Г., Замек В., Мюллер К.-Р. Методи інтерпретації та розуміння глибоких нейронних мереж. *Digital Signal Processing*. 2018. Т. 73. С. 1–15.

Okereshko Y. V., Post-graduate Student; Sydor A. I., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

COMPARATIVE ANALYSIS OF EXPLANATORY MACHINE LEARNING TOOLS

The paper is devoted to the study of explanatory machine learning, the article presents an analysis of existing architectures and a description of the relevant technologies that implement the corresponding architecture. The features of the selected technologies are presented, as well as a comparative analysis of their advantages. On the basis of the analysis, the article formulates provisions regarding the conditions for the application of these technologies and the relevance of their use in the field of data accounting.

Keywords: machine learning; artificial intelligence.

¹Павленко Д. С., аспірант; ²Сидор А. І., к.т.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, ¹d.s.pavlenko@nuwm.edu.ua, ²a.i.sydor@nuwm.edu.ua)

ОГЛЯД ОСОБЛИВОСТЕЙ КОДУВАННЯ В РІЗНИХ ТЕОРЕТИКО-ЧИСЛОВИХ БАЗИСАХ

Метою роботи є надання огляду методів кодування в теоретико-числових базисах, аналізування їх ключових властивостей, переваг та обмежень, а також дослідити їх застосування в різних галузях, зокрема в криптографії, обробці даних та цифрових системах. Робота спрямована на висвітлення теоретичних аспектів таких методів і обговорення перспектив їх подальшого розвитку та практичного впровадження.

Ключові слова: кодування; теоретичні та числові основи; матриця; схемотехніка.

Теоретико-числовий базис – це фундаментальна концепція, пов'язана з математичними теоріями чисел та їх властивостями. Він охоплює основні принципи та структури числових систем, які служать основою для розуміння чисел, їх операцій та взаємозв'язків у різних математичних дисциплінах. Розглянемо основні компоненти теоретико-числових базисів. Система чисел – класифікація чисел, таких як натуральні, цілі, раціональні, ірраціональні та комплексні числа. Арифметичні операції – базові операції (додавання, віднімання, множення, ділення) та їх властивості (асоціативність, комутативність, дистрибутивність). Теорія подільності – правила та властивості подільності чисел, прості числа та їх розклад. Числові функції та послідовності – вивчення різних функцій, таких як арифметична функція, та закономірності числових послідовностей (наприклад, числа Фібоначчі). Прості та складені числа – основні властивості простих чисел, методи їх пошуку та дослідження розподілу простих чисел серед натуральних чисел. Теорія залишків – вивчення порівнянь за модулем і розв'язок рівнянь у кільцях залишків, важливий аспект у криптографії та обчислювальній математиці. Алгебраїчні числа – дослідження коренів многочленів та їх властивостей як у полі раціональних чисел, так і в більш загальних полях. Діофантові рівняння – це рівняння, розв'язки яких мають бути цілими числами. Вивчення таких рівнянь, як, наприклад, знаменитого рівняння Піфагора $x^2 + y^2 = z^2$, призвело до значного прогресу в теорії чисел. Діофантові рівняння відіграють важливу роль у криптографії та числових обчисленнях. Теорія конгруенцій – вивчення систем порівнянь, модульних арифметичних операцій і їх застосування. Вона

використовується для вирішення задач, пов'язаних з періодичністю чисел, і є основою для багатьох алгоритмів в інформатиці, включаючи хешування і шифрування. Теорія числових полів – розділ алгебраїчної теорії чисел, який вивчає розширення полів, наприклад, розширення поля раціональних чисел. Вона описує, як числа можуть бути представлені в різних алгебраїчних структурах і як змінюються їхні властивості. Аналітична теорія чисел – це розділ теорії чисел, який використовує методи математичного аналізу для вирішення числових задач. Він включає вивчення таких важливих функцій, як дзета-функція Рімана, яка допомагає досліджувати розподіл простих чисел. Теорія ймовірностей і статистика чисел – хоча традиційно теорія чисел розглядається як детермінована галузь математики, ймовірнісні методи можуть використовуватися для оцінки різних числових властивостей, таких як частота появи простих чисел або закономірності в числових послідовностях. Алгоритмічна теорія чисел – це сучасний напрям, що включає розробку ефективних алгоритмів для вирішення задач, пов'язаних з числами, наприклад, факторизації великих чисел або пошуку простих чисел. Вона має ключове значення в криптографії та захисті даних. Квадратичні та кубічні форми – це вивчення виразів типу ax^2+by^2 або ax^3+by^3 , які мають важливе значення для вирішення певних класів діофантових рівнянь і знаходження розв'язків у цілих числах. Теорія груп і симетрій у числах – числові об'єкти можуть бути пов'язані із симетріями і групами, наприклад, через симетрії коренів многочленів. Групи Галуа, наприклад, відіграють важливу роль в алгебраїчній теорії чисел.

Розглянемо основні теоретико-числові базиси. Що використовують для представлення числових значень. Проведемо дослідження їхніх властивостей, математичних закономірностей на яких побудовані ці базиси, а також охарактеризуємо сферу їхнього застосування.

Розпочнемо наш огляд з базису Грея, що характеризується складними математичними властивостями, що практично унеможливають використання деяких математичних операцій, проте являється перспективним, зокрема в теорії розпізнавання образів, завдяки мінімальній різниці сусідніх чисел. Теоретико-числовий базису Грея – це концепція, яка відноситься до числових систем, що використовуються для кодування даних, зокрема, код Грея. Код Грея – це спеціальний вид двійкового коду, в якому два послідовні числа відрізняються лише одним бітом. Ця концепція знайшла застосування в комп'ютерній науці, електроніці, теорії обробки сигналів і роботі з цифровими системами. Ключовими особливостями теоретико-числового базису Грея є одnobітова відмінність – кожне наступне число в послідовності відрізняється від попереднього лише одним бітом. Це важливо, оскільки допомагає знизити ризик помилок при переході між числами в цифрових системах, зокрема в ситуаціях, де критичним є поступовий перехід між значеннями (наприклад, у сенсорах, енкодерах або аналогово-цифрових

перетворювачах). Завдяки цій особливості код Грея мінімізує можливість некоректного зчитування через одночасні зміни кількох бітів; запобігання помилок – код Грея застосовується в галузях, де потрібно зменшити кількість помилок під час зміни станів, наприклад, в цифрових пристроях, таких як енкодери. У таких системах помилки під час зчитування можуть призвести до неточного визначення положення; відображення в кільцевій послідовності – код Грея зазвичай застосовується для створення послідовностей, які формують коло або цикл, що є зручним для кодування сигналів та роботи з циклічними процесами; легке перетворення (рис. 1) – існують прості математичні алгоритми для перетворення двійкових чисел у код Грея і назад. Це робить його зручним для застосування в цифрових системах; застосування в комп'ютерній техніці та обробці сигналів – код Грея широко застосовується для зменшення перешкод і помилок у системах, таких як аналогово-цифрові перетворювачі, інтерфейси пристроїв, системи передачі даних і в робототехніці.

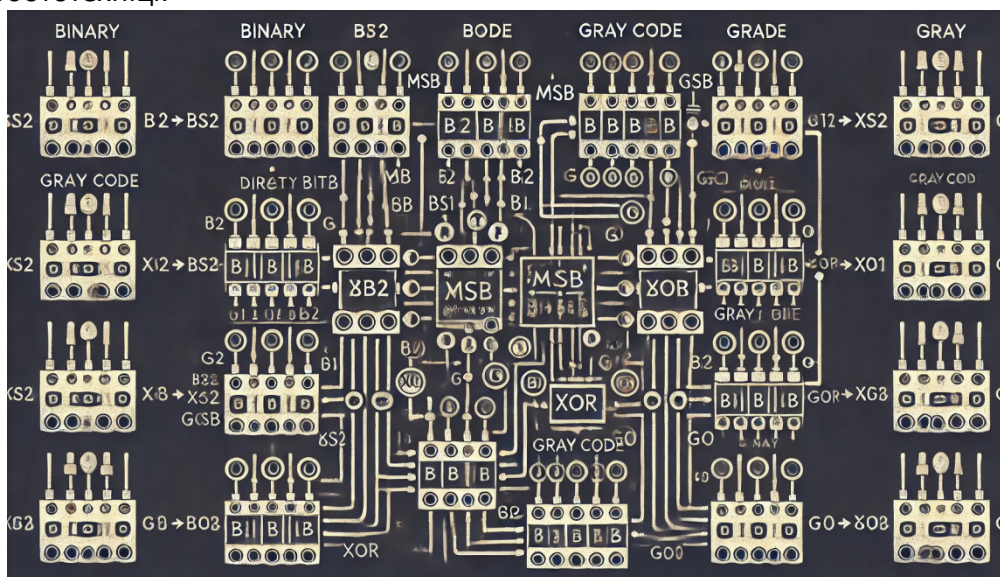


Рис. 1. Схематичне представлення перетворення між двійковим кодом та кодом Грея

Ще одним перспективним базисом, що має перспективи використання в сфері кодування чисел є теоретико-числовий базис Галуа пов'язаний з алгебраїчною теорією, яку створив французький математик Еваріст Галуа. Ця теорія, відома як теорія Галуа, вивчає взаємозв'язки між коренями многочленів і симетріями, що виникають під час їх розв'язання. Теорія Галуа є однією з основних в алгебраїчній теорії чисел і має велике значення для розуміння алгебраїчних рівнянь. Основні елементи теоретико-числового базису Галуа є групи Галуа – це група автоморфізмів, які зберігають структуру поля та описують, як корені многочлена можуть бути взаємно переставлені.

Ці симетрії допомагають визначити, які рівняння можна розв'язати за допомогою радикалів; розширення полів – теорія Галуа вивчає, як можна створити нові поля, додаючи до існуючого поля корені рівнянь. Наприклад, поле раціональних чисел можна розширити до поля, що включає ірраціональні або комплексні числа. Розширення полів є важливим інструментом для аналізу коренів алгебраїчних рівнянь; розв'язність рівнянь – теорія Галуа (рис. 2) аналізує, як можна формувати нові поля, додаючи корені рівнянь до вже існуючого поля. Наприклад, поле раціональних чисел може бути розширене до поля, яке містить ірраціональні або комплексні числа. Розширення полів слугує важливим інструментом для вивчення коренів алгебраїчних рівнянь; фундаментальна теорема Галуа – одна з основних концепцій теорії полягає в встановленні зв'язку між групами автоморфізмів (групами Галуа) і розширеннями полів. Це дозволяє зрозуміти, як симетрії поля пов'язані з його алгебраїчними характеристиками; застосування в теорії чисел – теорія Галуа має широке застосування в алгебраїчній теорії чисел, зокрема в дослідженні полів чисел, рівнянь з цілими коефіцієнтами та їх коренів. Вона також служить основою для вивчення багатьох класичних проблем, таких як теорема Абеля-Руффіні про нерозв'язність загального рівняння п'ятого степеня.

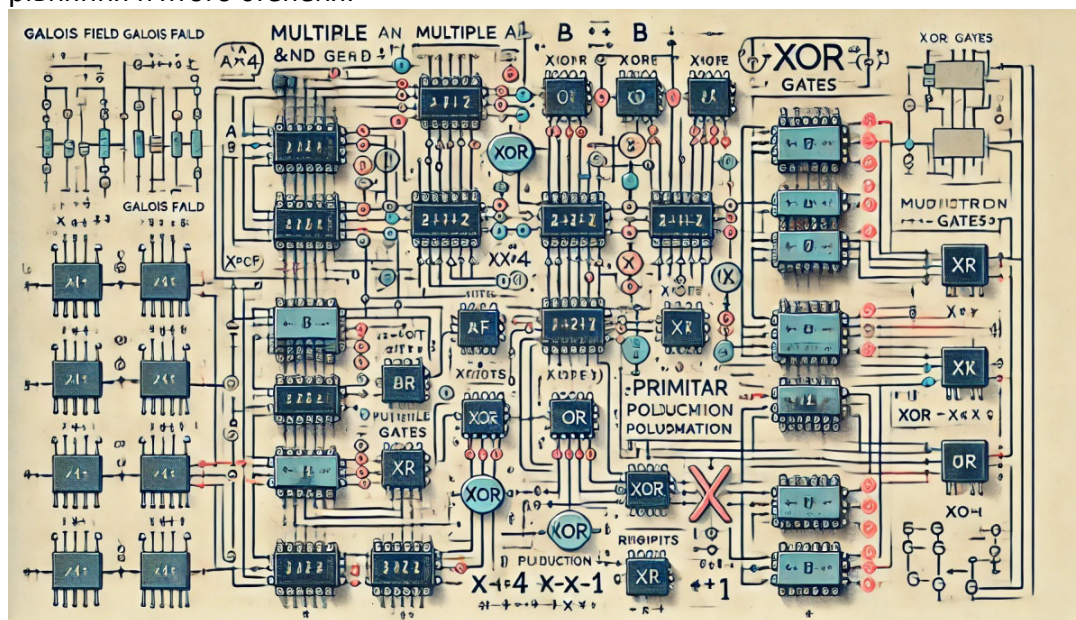


Рис. 2. Схематехнічне представлення арифметики в полі Галуа $GF(2^4)$

Наступним базисом, що досліджується в цій статті є теоретико-числовий базис Уолша пов'язаний із використанням функцій Уолша в теорії чисел і цифровій обробці сигналів. Функції Уолша представляють собою набір ортогональних функцій, які активно використовуються в різних математичних областях, зокрема в теорії кодування, інформаційних технологіях та обробці

сигналів. Основні особливості теоретико-числового базису Уолша (рис. 3) це функції Уолша – набір бінарних функцій, які можна представити у вигляді квадратних матриць. Їхня ортогональність робить їх корисними для подання сигналів і даних; ортогональність – функції Уолша є ортогональними, що означає, що інтеграл добутку будь-яких двох різних функцій дорівнює нулю. Ця властивість дозволяє розкласти функції на ортогональні складові; системи кодування – функції Уолша застосовуються в теорії кодування для створення кодів, що забезпечують корекцію помилок під час передачі даних, що робить їх важливими в телекомунікація; використання в цифровій обробці сигналів – функції Уолша використовуються для аналізу та обробки сигналів у цифрових системах, що дозволяє спростити обробку складних сигналів; адаптивні алгоритми – у поєднанні з адаптивними алгоритмами функції Уолша сприяють покращенню якості передачі сигналів і зменшенню шуму в системах зв'язку; застосування в теорії інформації – функції Уолша використовуються для кодування інформації, що підвищує ефективність зберігання та передачі даних.

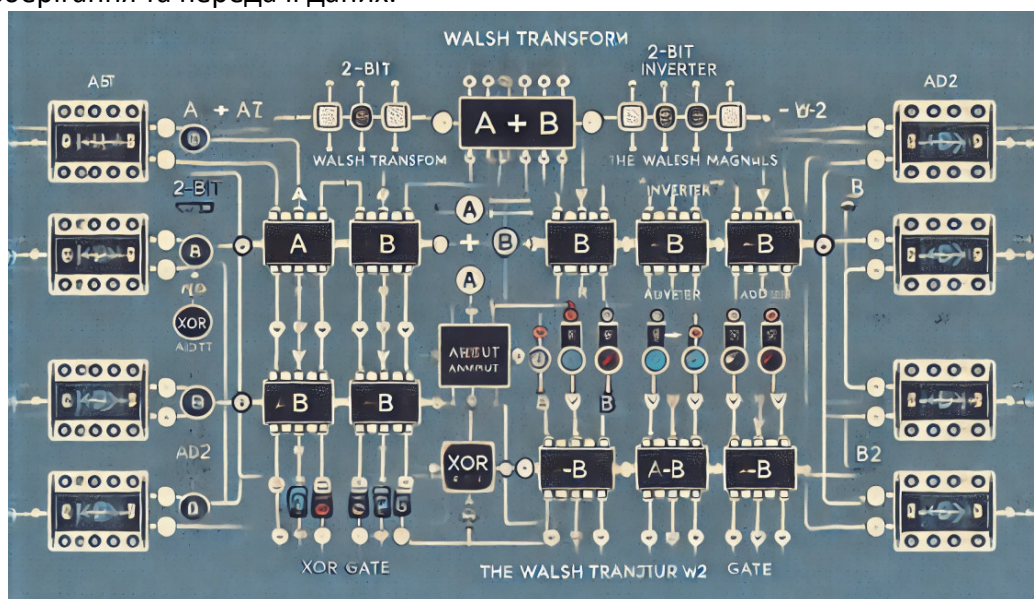


Рис. 3. Схемотехнічне представлення для перетворення Уолша з використанням матриці W_2

Найбільш популярним способом представлення чисел є двійкова система числення, що є одним із різновидів базису Радемахера. Теоретико-числовий базис Радемахера (рис. 4) стосується використання функцій Радемахера в математиці, теорії сигналів та статистиці. Функції Радемахера є бінарними ортогональними функціями, які активно застосовуються для аналізу даних і розкладу функцій. Основні характеристики теоретико-числового базису Радемахера є функції Радемахера – набір функцій, що приймають значення $+1$ і -1 , які можна використовувати для побудови

$$\begin{aligned}
M_{\text{Unit}} &= \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & \dots & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & \dots & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & \dots & 1 & 1 \end{vmatrix} & M_{\text{LibCr}} &= \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & 1 & 1 & \dots & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & \dots & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 1 & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 1 \end{vmatrix} \\
M_{\text{LibGr}} &= \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & 1 & 1 & \dots & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & \dots & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & \dots & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 1 & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 1 \end{vmatrix} & M_{\text{Wal}} &= \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \end{vmatrix} \\
M_{\text{Gr}} &= \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 1 & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & 1 & 1 & \dots & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & \dots & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & \dots & 0 & 1 & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix} & M_{\text{Rad}} &= \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & \dots & 1 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & 1 & 1 & \dots & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & \dots & 1 & 1 \end{vmatrix} \\
M_{\text{Cres}} &= \begin{vmatrix} P_1 & P_2 & \dots & P_n \\ 0 & 0 & \dots & 0 \\ 1 & 1 & \dots & 1 \\ 2 & 2 & \dots & 2 \\ 0 & 3 & \dots & 3 \\ 1 & 4 & \dots & 4 \\ 2 & 0 & \dots & 5 \\ 0 & 1 & \dots & 6 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_1 & a_2 & \dots & a_n \end{vmatrix} & M_{\text{Gal}} &= \begin{vmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix}
\end{aligned}$$

Рис. 5. Кодові матриці теоретико-числових базисів

Таблица

Характеристики теоретико-числових базисів

Базис	Коди	N	V
Унітарний	Унітарні	$N = n$	$V = n^2$
Хаара	Розрядно - позиційні	$N = n$	$V = n^2$
Крейга	Лібова – Крейга	$N = 2 \cdot n$	$V = \frac{N^2}{2}$
Радемахера	Двійкові	$N = 2n$	$V = N \cdot \log_2 N$
Радемахера	Грея	$N = 2n$	$V = N \cdot \log_2 N$
Радемахера	Уолша	$N = 2n$	$V = N \cdot \log_2 N$
Крестенсона	СЗК	$N = \prod_{i=1}^m P_i$	$V = \sum_{i=1}^m \log_2(P_i)$
Галуа	М-последовні	$N = 2n - 1$	$V = N$
Галуа	Галуа	$N = 2n$	$V = N$

Проаналізовані данні дають розуміння про те, що ідентичні кодові матриці мають базиси Уолша, Грея, Радемахера та Крестенсона, а найбільш компактною матрицею, яка перетворюється у вектор, володіє базис Галуа.

Висновки. У результаті проведеного огляду методів кодування в теоретико-числових базисах встановлено, що ці підходи відіграють ключову роль у сучасних наукових і технологічних процесах. Вони надають ефективні рішення для різних задач, таких як криптографія, теорія інформації, обробка цифрових сигналів та даних.

До основних переваг використання ТЧБ можна віднести їхню ефективність у процесах кодування і декодування, а також високу стійкість до помилок. Завдяки своїй математичній структурі, ТЧБ дають змогу розробляти алгоритми з передбачуваними і чіткими результатами.

Проте існують актуальні проблеми, пов'язані з оптимізацією цих алгоритмів і їхньою адаптацією до сучасних технологій. Подальші дослідження можуть зосередитися на створенні нових методів для підвищення ефективності ТЧБ у системах з високими обчислювальними вимогами.

Таким чином, теоретико-числові базиси мають значний потенціал для подальших досліджень і можуть знаходити ширше застосування в різних галузях науки й технологій.

1. Пітух І. Р. Теорія та технологія побудови спеціалізованих інтерактивних систем. *Спеціалізовані комп'ютерні технології в інформатиці* / за заг. ред. Я. М. Николайчука, І. Р. Пітух. Тернопіль : «Бескиди», 2017. С. 665–694.
2. Система автоматизованого проектування інтерактивного зв'язку оператора автоматизованого керування багатопараметричним об'єктом на основі моделі кластера образ / Ігор Пітух, Галина Процюк, Василь Процюк, Любов Миколайчук. *Перспективні технології та методи проектування MEMS* : Матеріали XIII міжнародної конференції. MEMSTECH'2017. С. 18–21.
3. Багатоканальний пристрій визначення хеммінгової віддалі сигналу між собою: пат. 150887 Україна: МПК (2022.01) H04B 10/00 H04B 10/112 (2013.01), № у 2021 05962; заявл. 23.10.2021; опубл. 05.05.2022, Бюл. № 18 / Николайчук Я. М., Пітух І. Р., Грига В. М., Гринчишин Т. М., Угорчук В. В., Сидор А. І.
4. Пітух І. Р. Метод та критерії оцінки емерджентності та характеристики архітектури інтерактивних розподілених комп'ютерних та кіберфізичних систем. *Фізико-математичне моделювання та інформаційні технології* : науковий збірник. 2021. Вип. 33. С. 115–121.

5. Пітух І. Р., Николайчук Я. М., Петрашук Я. В. Методологія статистичного опрацювання даних спостережувальних об'єктів заповідних територій. *Інформаційні проблеми комп'ютерних систем, юриспруденції, енергетики, моделювання та управління* : зб. матеріалів проблемно-наукової міжгалузевої конференції. (ISCМ– 2022). Надвірна, 2022. С. 130–142.
6. Пітух І. Р. Матричні моделі розподілених архітектурних комп'ютерних систем та методологія побудови алгоритму діагностики руху даних центральним сервером. *Искусственный интеллект* : научно-теоретический журнал. Донецьк : НАН України, 2009. № 1. С. 286–292.
7. Реймонда Ельмасрі та Шамканта Навітьхе Основи систем баз даних. *Pearson Education, Inc.* 2021. № 1. С. 1272.
8. Спосіб контролю параметрів технологічного процесу: пат. 107039 Україна: МПК G05B 23/00 (2016.01), G06F 11/277 (2006.01) №u201507057; заявл. 15.04.2015; опубл. 25.05.2016, Бюл. № 10/2016 / Пітух І. Р., Возна Н. Я., Процюк Г. Я., Николайчук Я. М.

Pavlenko D. S., Senior Student; Sydor A. I., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

OVERVIEW OF CODING FEATURES IN DIFFERENT THEORETICAL AND NUMERICAL BASES

The article is devoted to the study of coding methods in theoretical and numerical bases, and also presents an analysis of their key properties, advantages, and limitations. Then, the author examines these methods and highlights the prospects for their further development and practical implementation.

Keywords: coding; theoretical and numerical bases; matrix; circuitry.

УДК 004.35

¹Глінчук М. В., студент; ²Бойчура М. В., к.т.н. (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, ¹hlinchuk_ak23@nuwm.edu.ua, ²m.v.boichura@nuwm.edu.ua)

ПРОСТОРОВИЙ МАНІПУЛЯТОР ДЛЯ СПРОЩЕННЯ РОБОТИ В СЕРЕДОВИЩАХ 3D-РЕДАКТОРІВ

Розроблено просторовий маніпулятор, призначений для спрощення роботи у середовищах 3D-редакторів. Процес виготовлення

відповідного функціонального прототипу склав проектування, дизайн, 3D-моделювання, 3D-друк та програмування мікроконтролера. Основними перевагами розробленого пристрою, у порівнянні з існуючими аналогами, є нижча його собівартість та вища точність за рахунок використання магнітометра (замість оптичних елементів) у джойстику. Виготовлений маніпулятор має 6 ступенів свободи для навігації у тривимірному просторі. Також на пристрій додано 10 найбільш використовуваних («гарячих») клавіш для випадку CAD-системи Autodesk Fusion.

Ключові слова: просторовий маніпулятор; оптимізація; 3D-моделювання; CAD; швидке прототипування.

Вступ. Галузь 3D-моделювання постійно розвивається, зокрема ринок промислового дизайну, наприклад, оцінюється у приблизно \$46,91 мільярди станом на 2023 рік, із прогнозом зростання до \$73,62 мільярдів – до 2032 року [1]. При цьому для процесу 3D-моделювання в переважній більшості випадків все ще використовуються класичні методи взаємодії з тривимірним простором, а саме: звичайна комп'ютерна миша в парі з комбінацією певних клавіш для орієнтації по окремих осях. Такий підхід має суттєві обмеження. Основне із них – це незручність здійснювати рухи стосовно усіх трьох напрямків, адже першочергово миша призначена для орієнтації курсора лише по двох координатах екрану. Отже, у середовищах 3D-редакторів для переміщення в тривимірному просторі, наприклад, між ортогональними площинами зазвичай необхідно виконати щонайменше два рухи: змінити кут огляду та змістити камеру. На практиці ж такі почерговості дій є одними з найбільш часто повторюваних.

Описаний вище процес може бути оптимізованим, зокрема за допомогою пристрою для маніпуляції в тривимірному просторі [2]. В основі такого технічного рішення лежить джойстик, який здатний здійснювати орієнтацію моделі по шести осях (поокремо або одночасно – залежно від програмно-апаратної конфігурації).

Існуючі аналоги тривимірних маніпуляторів виробляються лише однією компанією у світі [2]. Відповідні джойстики всередині обладнані трьома інфрачервоними світлодіодами, які у процесі функціонування впливають на таку ж кількість фоторезистивних датчиків. За рахунок передачі та обробки цих даних в мікроконтролері здійснюється навігація у середовищах 3D-редакторів. Через складну конструкцію ціни на такого роду пристрої є досить високими. Також при потраплянні пилу всередину можливі зниження точності «трактування» рухів мікроконтролером. Таким чином, **актуальним** є вибір більш низьковартісних та надійних складових для конструювання просторового маніпулятора. Зокрема у даній роботі пропонується

використовувати неодимові магніти та магнітометр замість інфрачервоних світлодіодів та фоторезистивних датчиків.

Метою даної роботи є розробка тривимірного маніпулятора на основі магнітометра, який дозволить більш зручно та ефективно, у порівнянні з використанням лише миші та клавіатури, працювати у середовищах 3D-редакторів. Для забезпечення цього доцільно передбачити наступні складові: маніпулятор (джойстик), декілька функціональних клавіш для зручності роботи, підсвітка, ергономічний корпус та інтерфейс для підключення до комп'ютера. Основні елементи, які варто додатково закупити, – це мікроконтролер, магнітометр та неодимові магніти.

Апаратне забезпечення. Найпопулярнішими багатофункціональними платформами із зручними пінами для підключення та периферією є Arduino і Raspberry Pi [3]. Для цілей проекту вибір варто здійснювати, орієнтуючись на вартість та перелік периферії. Надлишковість останньої невиправдано підвищувала б ціну мікроконтролера. Важливими критеріями є наявність наступного: I2C інтерфейс для під'єднання до магнітометра, USB вихід для підключення до комп'ютера, достатня кількість пінів для реалізації «гарячих» клавіш; одночасно мікроконтролер повинен мати невеликі розміри (через обмеженість простору у корпусі) та потужний процесор для обробки сигналів від магнітометра в режимі реального часу і без видимих затримок. За переліченим переліком параметрів добре підходить QT Py RP2040 від Adafruit. Також цей мікроконтролер майже не містить надлишкової периферії, на відміну від, наприклад, Arduino Nano RP2040, що має такий же процесор, при у понад 3 рази вищій вартості.

Функціонування джойстика забезпечуватиметься магнітометром, який доцільно жорстко закріпити, та магнітами, які варто розмістити у рухомій частині. При цьому, для точного позиціонування обох складових, їх варто розділити між собою трьома пружинами стиснення та такою ж кількістю пружин розтягування. Передбачається, що датчик розпізнаватиме положення магніту і відправлятиме ці дані на мікроконтролер, який, в свою чергу, оброблятиме інформацію і надсилатиме результат на комп'ютер; останній розпізнаватиме даний сигнал як від звичайного HID пристрою. В якості магнітометра був обраний TLV493D [4], оскільки він здатний досить точно вимірювати магнітне поле по трьох осях. Також цей датчик компактний, енергоефективний, доступний і легко інтегрується з мікроконтролерами завдяки інтерфейсу I2C.

Не зменшуючи загальності, конфігурацію клавіатури на просторовому маніпуляторі формуватимемо із націленістю на потреби саме CAD-системи Autodesk Fusion [5]. У такому випадку доцільно передбачити наступний перелік «гарячих» клавіш (зважаючи на високу частоту їх використання): delete, escape, enter, control, home view, press-pull, move, revolve, mirror, pattern.

Виготовлення функціонального прототипу. Обране апаратне забезпечення потрібно помістити в зручний корпус, додати клавіші, різні деталі, такі як USB гніздо, підсвітка, а також силіконові вставки для зручності використання. Корпус повинен бути розроблений з урахуванням доступних методів виробництва.

Зважаючи на відомі переваги фотополімерного друку над іншими [6], зокрема висока деталізація та відносно низька вартість обладнання і матеріалів, обрано саме цей метод для виготовлення більшості деталей прототипу. Зазвичай [7], моделювання зручно здійснювати від грубших форм до дрібних деталей, пристосовуючи конфігурацію останніх до будови перших (електроніки та пластику). Що стосується прототипування, то варто спочатку виготовляти найскладніші, з механічної точки зору, вузли, поступово переходячи до розробки простіших. Такий підхід дозволяє економити час на підлаштовуванні форм при уточненні складових пристрою. Також слід звернути увагу на елементи, які контактують з великою кількістю інших деталей, наприклад, на корпус. Його варто виготовляти останнім, оскільки наявна пряма залежить від розміщення кожної складової пристрою. Таким чином, варто спочатку розробити модуль джойстика, потім – елементи клавіатури, після чого – корпусні деталі, і вкінці – силіконову підкладку та інші елементи, які не мають особливого впливу на сусідні деталі (рис. 1).



Рис. 1. Вибрані складові прототипу: верх (а) та низ корпусу (б), модуль джойстика (в), силіконова підкладка (г)

Модуль джойстика має радіус близько 40мм зверху та розширюється до 50мм знизу, щоб вмістити в собі внутрішній механізм джойстика та забезпечити певний простір для рухів, додатково зверху додано алюмінієву вставку, виготовлену з використанням ЧПУ верстата для лазерної різки та технології пресування листового металу у формі. Металічний елемент приховує кріпильні елементи та запобігає потертостям, адже це місце частого контакту з рукою. Для уникнення ковзання руки використовується силіконова підкладка. Для цього на фотополімерному принтері виготовлено форму, куди залито силікон. Низ корпусу також містить силіконові ніжки для збільшення рівня непорушності тривимірного маніпулятора на столі.

За аналогічним принципом змодельовано та роздруковано й низку інших складових на фотополімерному принтері. А саме: рамку для клавіатури, посадочні місця для всіх елементів у корпусі, в тому числі для тягарця (маніпулятор повинен бути досить важким для забезпечення нерухомості на столі) тощо.

Програмування мікроконтролера. Програмний код розбито на три ключові складові: ініціалізація, обробка даних та взаємодія з користувачем.

Під час ініціалізації відбувається підготовка усіх необхідних компонентів для роботи програми: підключаються бібліотеки, надаються початкові значення глобальним змінним, пов'язуються команди з клавішами маніпулятора, ініціалізується миша та клавіатура, калібрується магнітометр тощо. Зокрема використовується наступний перелік бібліотек [8; 9]: TinyUSB_Mouse_and_Keyboard (для емуляції миші та клавіатури), OneButton (з метою обробки кнопок із різними типами натискань), Tlv493d (за її допомогою здійснюється керування магнітометром для отримання даних про магнітне поле) та SimpleKalmanFilter (дозволяє виконувати фільтр Калмана для згладжування даних).

На етапі обробки даних відбувається циклічне зчитування та коригування числових значень. Зокрема застосовується фільтр Калмана для згладжування сигналів; передбачено перезапуск мікроконтролера у разі зависання пристрою.

У випадку вдалої спроби обробки даних, останні передаються в умови, згідно яких виконується зміщення камери чи її обертання. Для цього програмно імітується натиснення клавіші Shift та (або) дії миші (її рухи, прокручування скроллера чи натискання на нього). Додатково «прослуховується» певний набір клавіш, що розміщений на просторовому маніпуляторі.

Для налаштування зв'язку мікроконтролера з периферійними пристроями використовується бібліотека Wire1; для конвертації «фізичних» показників у координати застосовується функція map [10].

Демонстрація продукту. Розроблений просторовий маніпулятор має роз'єм для підключення до комп'ютера за допомогою USB Type-C кабеля. Для орієнтації в тривимірному просторі використовується шестиосьовий джойстик (рис. 2). Паралельний його зсув вліво/право є аналогічним до затискання скроллера миші та її переміщення у ті ж самі боки. Вертикальні натиск чи натяг джойстика відтворює затиснення скроллера та рух миші вперед/назад. Паралельне переміщення джойстика вперед/назад аналогічне до прокручування скроллера. Нахил вліво/вправо чи вперед/назад призводить до програмного затискання клавіші Shift та руху миші вліво/вправо чи вперед/назад відповідно. Поворот джойстика за чи проти годинникової стрілки не має аналогів. У CAD-програмі Autodesk Fusion [5] перелічені маніпуляції сприяють орієнтуванню у просторі, рухаючи камеру

або нахилиючи її у 6 ортогональних напрямків по відношенню до поточної позиції. Зокрема поворот джойстика за чи проти годинникової стрілки призводить до обертання камери навколо локальної осі Y.

Важливо, що на маніпуляторі розміщені ті клавіші, які найчастіше використовуються при 3D-моделюванні у Autodesk Fusion. Таким чином, єдиний пристрій у великій мірі здатний замінити мишу та клавіатуру.

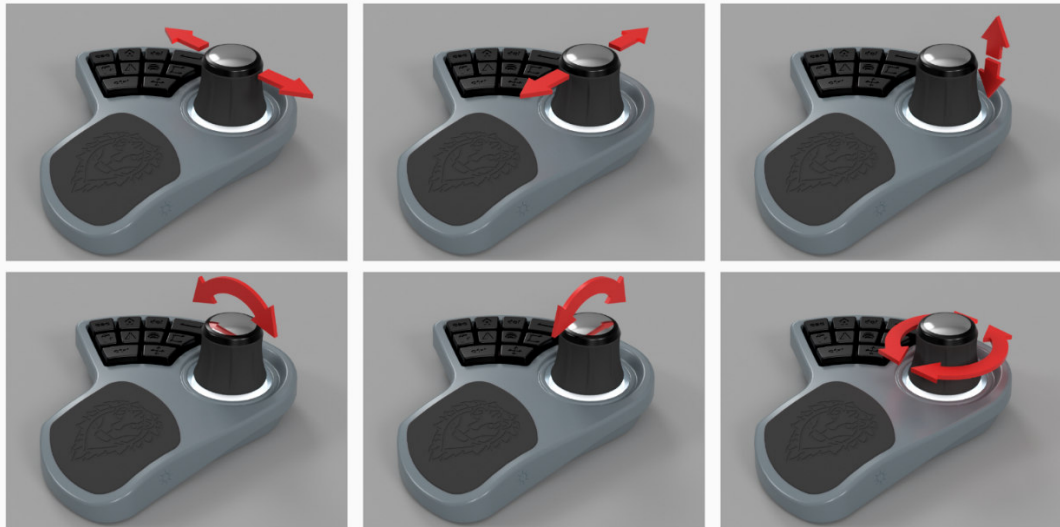


Рис. 2. Демонстрація шести ступенів свободи маніпулятора

Додатково наявні силіконові елементи на джойстику, у місці знаходження зап'ястя та під маніпулятором для зниження рівня ковзання. Також з правого боку додано LED підсвітку для спрощення роботи при поганому освітленні.

Висновки. Проаналізовано існуючі на ринку просторові маніпулятори, виявлено їх недосконалості та запропоновано менш дороговартісний і дещо більш ефективний аналог. Він ґрунтується на дешевших складових та використанні магнітометра замість оптичного пристрою. Така комплектація дозволяє дещо підвищити точність реакції вікна 3D-редактора на дії користувача. Створено прототип пристрою, що функціонально містить шестиосьовий джойстик для орієнтації в 3D-просторі та клавіатуру з найнеобхіднішими для роботи («гарячими») клавішами.

1. Industrial design market 2024 to 2032 | Research Report. URL: <https://www.businessresearchinsights.com/market-reports/industrial-design-market-100595> (accessed: 15.11.2024).
2. 3Dconnexion UA – SpaceMouse, CadMouse, Keyboard, Drivers. URL: <https://3dconnexion.com/ua/> (accessed: 15.11.2024).

3. Бруско А. В., Мирончук О. Ю. Особливості реалізації багатозадачності на платформах Raspberry Pi та Arduino. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2022. Вип. 164 (5). С. 80–85.
4. Adafruit TLV493D Triple-Axis Magnetometer – STEMM A QT / Qwiic. URL: <https://www.adafruit.com/product/4366> (accessed: 15.11.2024).
5. Autodesk Fusion | 3D CAD, CAM, CAE, & PCB Cloud-Based Software | Autodesk. URL: <https://www.autodesk.com/products/fusion-360> (accessed: 15.11.2024).
6. Bagheri A., Jin J. Photopolymerization in 3D printing. *ACS applied polymer materials*. Washington, D.C., 2019. Vol. 1 (4). P. 593–611.
7. Cuffaro D., Zaksenberg I. The Industrial Design Reference & Specification Book: Everything Industrial Designers Need to Know Every Day. Beverly: Rockport Publishers, 2013. 272 p.
8. Cyborg5/TinyUSB_Mouse_and_Keyboard: Converts Standard Arduino Mouse.h and Keyboard.h API to be used for Tiny USB stack. URL: https://github.com/cyborg5/TinyUSB_Mouse_and_Keyboard (accessed: 15.11.2024).
9. Mathertel/OneButton: An Arduino library for using a single button for multiple purpose input. URL: <https://github.com/mathertel/OneButton> (accessed: 15.11.2024).
10. Map() | Arduino Documentation. URL: <https://docs.arduino.cc/language-reference/en/functions/math/map/> (accessed: 15.11.2024).

Hlinchuk M. V., Senior Student; Boichura M. V., Candidate of Engineering (Ph.D.)
(National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

SPATIAL MANIPULATOR FOR SIMPLIFYING WORK IN 3D EDITING ENVIRONMENTS

A spatial manipulator to simplify work in 3D editor environments is developed. Creating the corresponding functional prototype involves design, 3D modeling, 3D printing, and microcontroller programming. As the latter, the QT Py RP2040 from Adafruit was chosen due to the presence of an I2C interface for connecting to the magnetometer, USB output for connecting to a computer, a sufficient number of pins for implementing hotkeys, small size, a small number of peripherals, low price, and a powerful processor for processing signals from the magnetometer in real-time and without visible delays. The TLV493D was chosen as the magnetometer because it can accurately measure the magnetic field in three axes, is compact, energy-efficient, affordable, and can be easily integrated with microcontrollers via an I2C interface. The device body was designed, modeled and printed on a photopolymer printer; keys, a USB socket, a backlight, and a weight were added; a joystick module, aluminum insert, silicone

inserts and a substrate for ease of use were manufactured The microcontroller is programmed using the libraries TinyUSB_Mouse_and_Keyboard (for emulating a mouse and keyboard), OneButton (for processing buttons), Tlv493d (used to obtain magnetic field data) and SimpleKalmanFilter (used to smooth data with a Kalman filter). Compared to existing alternatives, the key advantages of the developed device include lower cost and higher accuracy due to the use of a magnetometer (instead of optical elements) in the joystick. The developed manipulator features 6 degrees of freedom for navigation in three-dimensional space. Also, the device has 10 most used ("hot") keys for the *AUTODESK FUSIONCAD* system.

Keywords: spatial manipulator; optimization; 3D modeling; CAD; rapid prototyping.

УДК 004.42

¹Прокопчук Д. І., студент; ²Бойчур М. В., к.т.н. (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, ¹prokopchuk.d_ak23@nuwm.edu.ua, ²m.v.boichura@nuwm.edu.ua)

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНИМ ОБСЛУГОВУВАННЯМ АВТОПАРКУ

Розроблено інформаційну систему для управління технічним обслуговуванням автопарку. Програмно це реалізовано у вигляді вебдодатка із клієнтською та серверною сторонами. Інтегровано сервіс штучного інтелекту OpenAI для прогнозування стану автомобілів. Представлено загальний алгоритм роботи системи та висвітлено програмну сторону вебдодатка. Доведено розширюваність та гнучкість розробленої інформаційної системи.

Ключові слова: інформаційна система; управління автопарком; технічне обслуговування; Express; React; OpenAI.

Вступ. В умовах сучасної цифровізації все більша кількість галузей поступово позбавляється паперового формату роботи. Це обґрунтовується низкою об'єктивних чинників. В першу чергу, можливістю економії коштів стосовно найманих працівників та уникнення людського фактору при рутинній одноманітній роботі.

Сучасні автопарки можуть містити тисячі транспортних засобів, і задачу слідкувати за їх технічним обслуговуванням часто покладають на місцевих працівників. З метою розвантаження даних фахівців доцільним є використання інформаційної системи, яка би не лише запобігала негативному

людському фактору при своєму функціонуванні, але й була здатною спрогнозувати потребу в обслуговуванні, базуючись на «історичному досвіді».

Одними з найбільш популярних систем такого роду моніторингу є Fleetio та Drivvo [1; 2]. Fleetio має широкий функціонал: облік витрат, автоматичне планування, деталізовані звіти, наявність вебдодатка тощо. Проте система не дуже гнучка та порівняно дорога у користуванні. Тоді як Drivvo має суттєво меншу кількість функціоналу, зокрема в ній не передбачено механізмів прогнозування на основі «історичних даних». Обидві системи не мають інтерфейсу інтеграції з існуючими сервісами технічного обслуговування.

Метою даної роботи є розробка програмного продукту для управління технічним обслуговуванням автопарку із використанням системи штучного інтелекту для аналізу та прогнозування стану автомобілів.

Стек технологій. Сучасним підходом до створення такого роду систем є використання Front-End та Back-End складових. Серед популярних технологій для розробки на клієнтській стороні варто відмітити бібліотеку React [3], оскільки вона є високопродуктивною, простою в інтеграції з іншими бібліотеками та надає зручні інструменти в подальшому перенесенні інформаційної системи на мобільні платформи (зокрема React Native).

Back-End частину доцільно будувати на основі фреймворку Express [3; 4], оскільки, як і React, дана технологія заснована на мові JavaScript, і є гнучким, простим та ефективним інструментом; підтримує велику кількість middleware.

У якості ORM для керування базою даних (PostgreSQL) обрано Sequelize [4], що забезпечує зручність взаємодії з Express, підтримку збереження структурованих даних, стабільність та потужність.

З метою реалізації автоматизованих сповіщень доцільно скористатись досить популярним на сьогодні в Україні Telegram API [5]. Важливою перевагою такого вибору є можливість налаштування ботів.

Для інтелектуального аналізу даних, що, серед іншого, передбачає автоматизацію процесу прийняття рішень, формування рекомендацій, прогнозування на основі «історичних даних» і який загалом виділяється високими показниками якості роботи, варто відмітити OpenAI API [6].

Загальний алгоритм роботи системи. Типовий алгоритм взаємодії клієнта передбачає авторизацію у системі. Після чого він може керувати переліком своїх транспортних засобів та досліджувати їх стан (зокрема з використанням засоби штучного інтелекту). Додатково є можливість авторизуватись через Telegram, наприклад, для отримання списку власних автомобілів чи важливих оновлень щодо технічного обслуговування.

Менеджери ж мають можливість керувати робочими процесами станції. Зокрема це стосується ознайомлення із звітами та детального їх опрацювання.

Із більш детальною інформацією щодо можливостей клієнтів на менеджерів можна ознайомитись за допомогою рис. 1.

Програмна структура вебдодатка. Серверна частина розроблена за допомогою фреймворку Express [3; 4] та архітектурно складається з наведених далі елементів. У файлі index.js ініціалізується підключення до бази даних, здійснюється «підняття» сервера та реєструються маршрути до API; підключаються сторонні бібліотеки. Роутинг використовується для доступу до окремих кінцевих точок, зокрема до REST API. За надсилання інформації на клієнтську сторону, виконання запитів до бази даних та їх обробку відповідають контролери.

Схема бази даних (рис. 2) розроблялась з міркувань гнучкості, легкості у підтримці, чіткого структурування інформації та можливості швидкого доступу до неї. Зокрема зв'язок між parts і maintenance_parts забезпечує точний облік витрат і деталей для поточного звіту по проведених роботах над транспортним засобом. Тоді як наявність таблиці ai_records дозволяє зберігати історію аналітики, що покращує якість обслуговування. Загалом така структура сприяє високій ефективності, забезпечуючи прозоре зберігання, швидкий доступ і можливість автоматизації багатьох бізнес-процесів.

Клієнтська частина вебдодатка побудована на основі бібліотеки React [3]. Основним файлом, який відповідає за налаштування доступу до сторінок, є App.jsx. При цьому він враховує наявність ролей owner, manager та user з передбаченими різними рівнями доступу. Також на клієнтській стороні наявний хук useLogin.js, який взаємодіє з API для авторизації. Файл userApi.js містить різні API запити, пов'язані безпосередньо з користувачами та із взаємодією із Telegram; використовує бібліотеку axios.

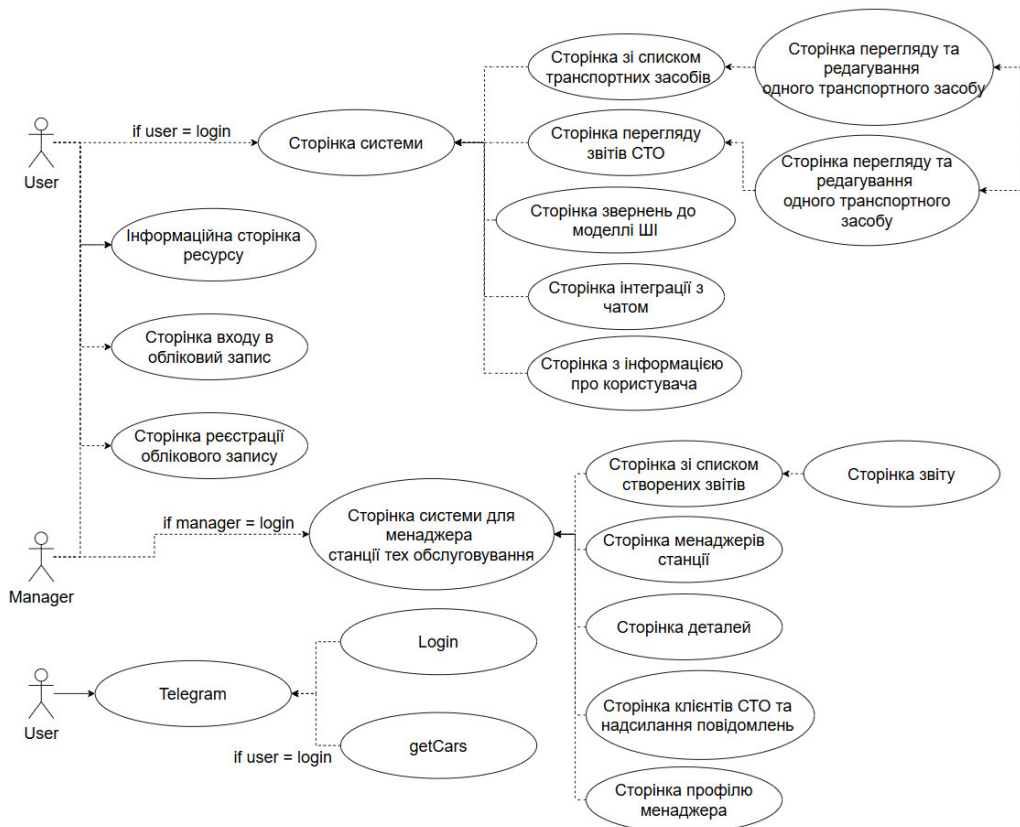


Рис. 1. UML-діаграма сценаріїв використання

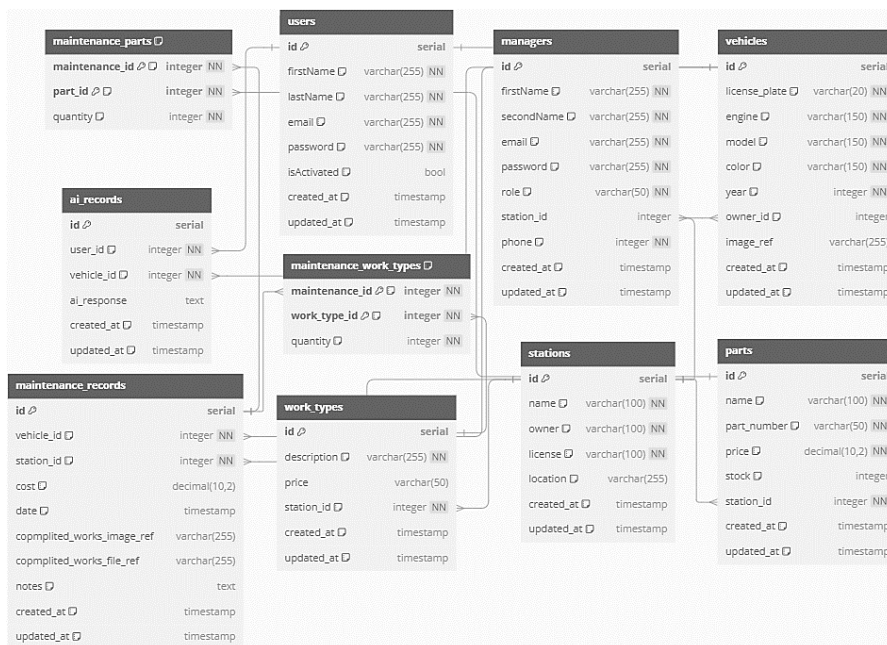


Рис. 2. Схема бази даних

Візуальна складова вебсайту базується на фреймворці Tailwind CSS [7], дозволяючи у зручному вигляді здійснювати перегляд автомобілів та досліджувати їх технічний стан, проходити реєстрацію та авторизацію, а також взаємодіяти із штучним інтелектом для отримання рекомендацій з обслуговування автопарку. Для здійснення останнього розроблено низку функцій, аналогічних до наведеної нижче (з використанням gpt-3.5-turbo [6]):

```
async getTechStatus(vehicleId) {
  const vehicle = await vehicleApi.getVehicleById(vehicleId);
  const maintenanceRecords = await
  maintenceRecordApi.getRecordsByVehicleId(vehicleId);
  const message = `
    Analyze the following vehicle information and maintenance records.
    Provide a summary of the car's condition and possible future issues.
    Vehicle Info:
    Model: ${vehicle.model}
    License Plate: ${vehicle.licensePlate}
    Engine: ${vehicle.engine}
    Year: ${vehicle.year}
    Maintenance Records:
    ${maintenanceRecords.map(record => ` - ${record.workTypeId},
    ${record.date}, ${record.cost}`).join('\n')}
  `;
  return await makeRequest(message, "technical status analysis");
}
```

Основне вікно, яке забезпечує новизну розробленого вебдодатка, має вигляд, наведений на рис. 3.

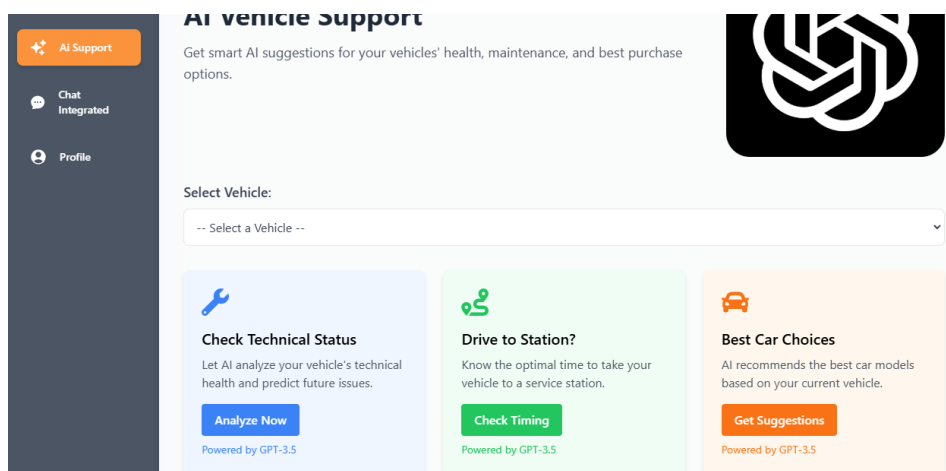


Рис. 3. Фрагмент вебсторінки з переліком доступних запитів до штучного інтелекту

Висновки. Розроблено інформаційну систему для управління технічним обслуговуванням автопарку, в яку інтегровано засоби штучного інтелекту для прогнозування та аналізу стану автомобілів. Виконано це за допомогою gpt-3.5-turbo API із використанням специфічних запитів, результати яких, очікується, відповідатимуть ключовим потребам власників транспортних засобів.

Загалом розроблений вебдодаток складається з Front-End та Back-End складових, зокрема фреймворку Express та бібліотеки React, що у комплексі забезпечує гнучкість та розширюваність із перспективою реалізації мобільного додатку (з використанням React Native).

1. Fleetio: Cloud-based Fleet Management Software. URL: <https://www.fleetio.com/> (accessed: 18.11.2024).
2. Drivvo – Car management App. URL: <https://www.drivvo.com/> (accessed: 18.11.2024).
3. Bugl D., Zronek M. Modern Full-Stack React Projects: Build, maintain, and deploy modern web apps using MongoDB, Express, React, and Node.js. Birmingham : Packt Publishing, 2024. 506 p.
4. Durante D., Depold S. Supercharging Node.js Applications with Sequelize: Create high-quality Node.js apps effortlessly while interacting with your SQL database. 1st ed. Birmingham : Packt Publishing, 2024. 266 p.
5. Telegram Bot API Documentation. URL: <https://core.telegram.org/bots/api> (accessed: 18.11.2024).
6. OpenAI API Documentation. URL: <https://platform.openai.com/docs/> (accessed: 18.11.2024).
7. Tailwind CSS Documentation. URL: <https://tailwindcss.com/docs> (accessed: 18.11.2024).

Prokopchuk D. I., Senior Student; Boichura M. V., Candidate of Engineering (Ph.D.) (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

AN INFORMATION SYSTEM FOR FLEET MAINTENANCE MANAGEMENT

An information system for managing vehicle fleet maintenance is developed. It is implemented as a web application with client and server sides based on the modern and powerful JavaScript programming language. Given its well-known advantages, the Front-End is built using the React library. The Back-End is based on the Express framework, as it is a flexible, simple and efficient tool that supports many middleware. Sequelize was chosen as ORM for the database management system PostgreSQL due to its ability to store structured data, stability and power. We used the Telegram API to implement automated notifications, which is quite popular in Ukraine today. An artificial intelligence

service is integrated to predict the condition of cars based on “historical data”, automate the decision-making process, generate recommendations, etc; OpenAI API was chosen because it generally has high-quality indicators. The general algorithm of the system is presented and the software side of the web application is covered. In particular, the database scheme is developed in terms of clear data structuring, ease of maintenance, flexibility, and quick access to the necessary information. There are three user roles: owner, manager and user. The first one is designed to organize general processes, e.g., adding new people to the manager role. The second one is responsible for control reports and their detailed processing. The user can manage the list of vehicles, investigate their status (including using artificial intelligence tools), and set up notifications on Telegram. The extensibility and flexibility of the developed information system has been proven.

Keywords: information system; fleet management; maintenance; Express; React; OpenAI.

УДК 004.4

¹Стовповець В. Я., студент; ²Бойчур М. В., к.т.н. (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, ¹stovpovets_ak19@nuwm.edu.ua, ²m.v.boichura@nuwm.edu.ua)

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ОПИТУВАНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗУ В ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Розроблено інформаційну систему для організації опитувань та їх аналізу, адаптовану під потреби закладів вищої освіти. Спроековано базу даних відповідного вебдодатка. В основі інформаційної системи лежать архітектура Clean Architecture і фреймворки ASP.NET Core та Next.js. Реалізовано й низку інших сучасних підходів та технологій для забезпечення гнучкості та розширюваності вебдодатка. Інтегровано ChatGPT API у Front-End складову для одночасного аналізу вибраного переліку результатів анкетувань.

Ключові слова: ASP.NET; Next.js; ChatGPT API; опитування; аналіз даних.

Вступ. Проведення опитувань, особливо анонімних, індивідуальних для кожної окремої групи студентів у закладах вищої освіти, – це зазвичай регулярний та складний процес, який потребує високого рівня уважності до деталей. На сьогодні, досить велика кількість такого роду анкетувань почала проводитись в електронному вигляді (на заміну паперовому), що є

правильним кроком в напрямку цифровізації та підвищення зручності для студентів і працівників. Проте результати таких опитувань все ще потребують тривалого та прискіпливого аналізу. Більше того, такого роду анкетування зачасту проходять в кінці навчального семестру, коли на працівників лягає найбільше навантаження. Тому важливо й надалі розробляти нові, більш зручні, інструменти для проведення опитувань.

Метою даної роботи є розробка інформаційної системи для організації опитувань у закладах вищої освіти та аналізу отримуваних результатів. Таку платформу доцільно оформлювати у вигляді клієнт-серверного вебдодатка, до якого мали би доступ лише 2 категорії осіб-учасників освітнього процесу: респонденти (із індивідуалізованою політикою прав доступу) та організатори.

Архітектура та стек технологій. Задля забезпечення гнучкості, сучасності та розширюваності інформаційної системи варто розроблюваний вебдодаток архітектурно розділити на 2 частини [1; 2]: Front-End та Back-End. Додатково важливо інтегрувати патерни (оскільки це вірні практики проектування) [2]. З точки зору максимізації рівня захисту персональних даних варто використовувати відомі системи автентифікації із додатковим хешуванням (див., напр., [3]). Для аналізу результатів опитувань доцільно скористатись API популярних сервісів штучного інтелекту (наприклад, [4]).

Таким чином, прийнято рішення Back-End частину розробляти за допомогою фреймворку ASP.NET Core за рахунок його високої продуктивності, багатofункціональності та зручної інтеграції з іншими технологіями [2]. Задля забезпечення розширюваності і гнучкості використовуються Clean Architecture, а також патерни MVC, Dependency Injection та Repository, що є сучасними та надійними рішеннями у галузі веброботи [2; 5]. Для спрощення та забезпечення «модульності» роботи з базою даних застосовується фреймворк ORM Entity Framework, специфікації та mapping [2; 6]. Безпека при «традиційній» реєстрації та автентифікації забезпечується за допомогою сучасної та ефективної системи Identity [7] з використанням JWT-токенів [3]. Для економії трафіку та зниження шансу втрати чутливих даних використовуються DTO [2].

Вся схема бази даних, за виключенням автоматично створених засобами Identity таблиць, має вигляд, наведений на рис. 1. Існуюча структура даних AspNetUsers доповнена полями з деталізацією інформації про користувачів. Таблиця Groups забезпечує організацію респондентів в окремі групи з доступом до тих чи інших опитувань. Пара сутностей ResponseDetails та Responses відповідають за збереження результатів. Тоді як таблиці Surveys, Questions та AnswerOptions стосуються безпосередніх налаштування чи проходження опитувань. Саме такий набір сутностей дозволяє досить повно та якісно відтворити потреби в опитуваннях у випадку закладів вищої освіти, навіть у випадку вимог анонімності.

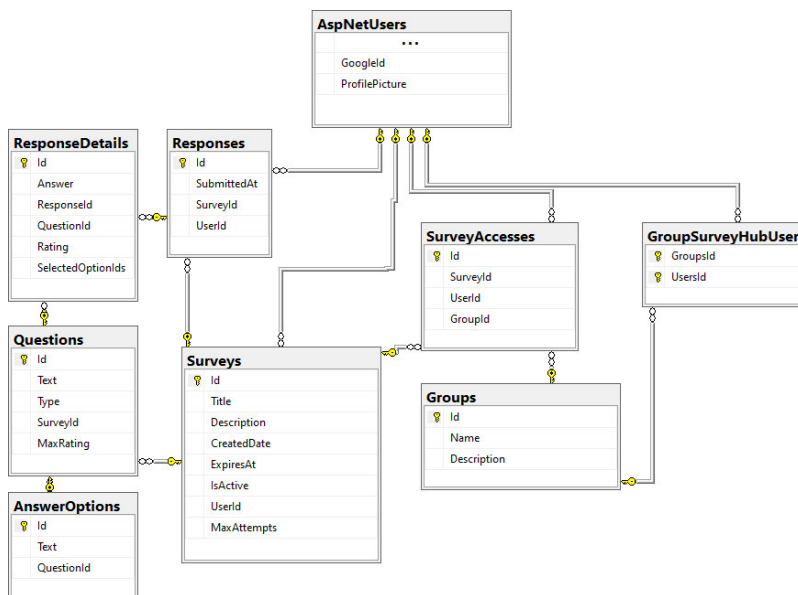


Рис. 1. Схема бази даних

Найбільш на сьогодні популярним підходом до розробки Front-End складової є використання JavaScript-фреймворків. Обрано Next.js [1], враховуючи наявність зручних інструментів у пов'язаній технології React Native [8] – для потенційно можливого розширення інформаційної системи на використання мобільних платформ. З метою організовувати безпечну взаємодію між Front-End та Back-End, а також для забезпечення Google-автентифікації налаштовано політику CORS [9].

Таким чином, розроблено низку методів API на стороні сервера та функціоналу із клієнтського боку для повноцінної, зручної та безпечної взаємодії між Front-End та Back-End.

Ролі користувачів. У розробленій базі даних передбачено 2 ролі користувачів: admin та user.

Будь-хто у ролі admin має право здійснювати CRUD операції щодо всіх опитувань (як загалом, так і щодо окремих запитань), наявних у додатку. Окрім цього доступний функціонал для гнучкого керування групами користувачів (адміністраторів, студентів різних груп, викладачів тощо). При потребі admin може здійснити запит на сумісний аналіз результатів декількох існуючих опитувань. Реалізовано це за допомогою ChatGPT API [4]. Отримувані відповіді наводяться, наприклад, у вигляді рис. 2.

Аналіз опитування

✕

Короткий огляд

Опитування проводилось для оцінки якості навчального процесу та викладання дисциплін. Загалом студенти позитивно оцінили можливість вибору дисциплін, але вказали на необхідність покращень у навчальному плані.

Аналіз текстових відповідей

Студенти вказали на потребу в глибших знаннях об'єктноорієнтованого програмування, додаткових курсах з програмування та роботи з апаратним забезпеченням. Наголошували на потребі більшої практики в навчанні, зменшення теоретичних занять.

Розподіл запитань з вибором

Більшість студентів зазначила, що навчальний процес їм сподобався (5 'Так', 1 'Ні', 1 'Складно відповісти'). Оцінки за вибір дисциплін коливалися, але в цілому вдалося досягти середніх значень у 6-8 балах.

Аналіз рейтингу

При оцінці рівня отриманих знань та навичок, більшість відповідей зосереджена навколо 5-7 балів, що свідчить про середній рівень задоволення, із тенденцією до позитивних оцінок у більшості випадків.

Переваги та недоліки

Переваги: доступне керівництво, грамотні викладачі, активні студенти. Недоліки: брак глибоких знань по ключовим темам та надмірна теорія на шкоду практиці.

Рекомендації

Рекомендується впровадити більше практичних занять, зменшити кількість загальних предметів, ввести нові дисципліни, такі як розробка ігор та програмування, і вдосколати методичне забезпечення.

Виконати аналіз

Рис. 2. Приклад аналізу результатів деякого опитування

Функціонал же респондентів суттєво залежить від прав доступу, які надав адміністратор для поточної групи користувачів (рис. 3). Зазвичай це можливість перегляду доступних опитувань, безпосереднє проходження анкетувань (якщо їх статус ще активний), доступ до чат-помічника, в якого, наприклад, можна уточнити суть запитань в конкретному анкетуванні.

* Назва групи

Адміністратори

Опис групи

Керівники сайту

Користувачі

admin (admin@example.com) ✕

Admin1@example.com (Admin1@example.com) ✕

Зберегти зміни

Рис. 3. Фрагмент сторінки редагування групи

Незареєстрований користувач може бачити лише загальну інформацію про функціонал сайту, увійти та зареєструватись. Це обґрунтовується тим, що вебдодаток призначений для закладів вищої освіти, а тому учасникам освітнього процесу цікавим є лише блок проведення (проходження) опитувань.

Висновки. Розроблено інформаційну систему для проведення опитувань, адаптовану під потреби закладів вищої освіти, яка містить функціонал для сумісного аналізу результатів низки вибраних анкетувань засобами штучного інтелекту. Останнє здійснюється за допомогою ChatGPT API, що гарантує порівняно низький рівень «галюцинування». В основі інформаційної системи лежить Clean Architecture і фреймворки ASP.NET Core та Next.js. Реалізовано й низку інших сучасних архітектурних підходів та методологій, що робить розроблений вебдодаток гнучким та розширюваним. У перспективі: реалізація мобільного додатку засобами React Native.

1. Introduction | Next.js. URL: <https://nextjs.org/docs> (accessed: 19.11.2024).
2. Marcotte C.-H. An Atypical ASP.NET Core 6 Design Patterns Guide. 2nd ed. Birmingham: Packt Publishing, 2022. 678 p.
3. JSON Web Token Introduction – jwt.io. URL: <https://JWT.io/introduction> (accessed: 19.11.2024).
4. Overview – OpenAI API. URL: <https://platform.openai.com/docs/overview> (accessed: 19.11.2024).
5. Martin R. C. Clean Architecture: A Craftsman's Guide to Software Structure and Design. London : Pearson, 2017. 432 p.
6. Smith J. P. Entity Framework Core in Action. 2nd ed. Shelter Island : Manning, 2021. 624 p.
7. ASP.NET Core | Open-source web framework for .NET. URL: <https://dotnet.microsoft.com/en-us/apps/aspnet> (accessed: 19.11.2024).
8. Sakhniuk M., Boduch A. React and React Native – Fifth Edition: Build cross-platform JavaScript and TypeScript apps for the web, desktop, and mobile. 5th ed. Birmingham : Packt Publishing, 2024. 508 p.
9. Gunasundaram R., Goya R. CORS Essentials: Access web resources on different domains. 1st ed. Birmingham : Packt Publishing, 2017. 248 p.

Stovpovets V. Y., Senior Student; Boichura M. V., Candidate of Engineering (Ph.D.) (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

INFORMATION SYSTEM FOR ORGANIZING SURVEYS AND THEIR ANALYSIS IN HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS

An information system for organizing surveys and analyzing them adapted to the needs of higher education institutions in the form of a website, is

developed. For this purpose, the architecture and technology stack were designed to make the application flexible and extensible. In particular, the information system is divided into two parts: Front-End and Back-End; the Next.js and ASP.NET Core frameworks were used, respectively. In the latter case, MVC, Dependency Injection and Repository patterns are integrated; Clean Architecture is also implemented. Additionally, ORM Entity Framework, specifications and mapping (to simplify database queries in general), the Identity system and JWT tokens (for efficient and secure registration and authentication) are used. There is an API for working with artificial intelligence (for data analysis) on the Back-End. The CORS policy is set up.

To ensure a sufficiently complete and high-quality reproduction of the need for surveys in the case of higher education institutions, even in the case of anonymity requirements, a database scheme is formed. It includes tables for working with Identity, user groups, setting up and completing surveys, and saving results.

The Front-End component provides access to many APIs: to Google (for authentication) and to the Back-End. The CORS policy is configured to provide full, convenient, and secure interaction between the client and the server.

There are two roles: user and admin. The latter has access to CRUD operations for the policy of user groups, surveys, and questions; can analyze the results of surveys (using artificial intelligence). The user can view the available surveys, pass them directly, and use the chat assistant.

Keywords: ASP.NET; Next.js; ChatGPT API; survey; data analysis.

УДК 514

¹Кушнір В. П., к.ф.-м.н., ²Кушнір О. О., к.ф.-м.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, ¹mailto:v.p.kushnir@nuwm.edu.ua, ²mailto:o.o.kushnir@nuwm.edu.ua)

ЦІКАВІ ТОЧКИ ТРИКУТНИКА

У статті наведено деякі відомі твердження, які можуть бути корисними для розв'язування олімпіадних задач з геометрії. Розглянуто властивості двох цікавих точок трикутника. Перша цікава точка – перетин сторони трикутника з діаметром описаного кола, що проходить через протилежну вершину трикутника. Друга цікава точка – симетричне відображення іншого кінця цього діаметра відносно першої цікавої точки. Показано як використати ці властивості для розв'язання олімпіадної задачі. Наведено перелік супутніх задач, які можуть бути запропоновані учням на математичних олімпіадах.

Ключові слова: математична олімпіада; геометрична задача; чудові точки трикутника; ортоцентр; описане коло.

1. *Вступ.* При розв'язуванні олімпіадних задач із геометрії часто корисно використовувати факти, які виходять за межі шкільної програми з математики. Ось деякі з властивостей ортоцентра (точки перетину висот трикутника):

Центр описаного кола є ортоцентром трикутника з вершинами в середині сторін даного трикутника.

Точки, симетричні ортоцентру трикутника щодо його сторін, лежать на описаному колі.

Точки, симетричні ортоцентру трикутника щодо середин сторін, також лежать на описаному колі і збігаються з точками, діаметрально протилежними відповідним вершинам [1–3].

Інші цікаві властивості має коло Ейлера або коло дев'яти точок [4], на якому лежать середини сторін трикутника, основи його висот та середини відрізків, що з'єднують ортоцентр з вершинами трикутника [5; 6]. Ось деякі з них:

Центр кола дев'яти точок лежить на прямій Ейлера трикутника посередині між ортоцентром і центром описаного кола.

Точка перетину медіан також лежить на цій прямій на відстані $2/3$ від ортоцентра до центра описаного кола [7].

Будь-який відрізок, проведений з ортоцентра до перетину з описаним колом завжди ділиться колом Ейлера навпіл [1], тобто є гомотетія кола Ейлера на описане коло з центром в ортоцентрі із коефіцієнтом 2.

Також є гомотетія кола Ейлера на описане коло з центром у точці перетину медіан з коефіцієнтом -2 .

Деякі інші цікаві властивості трикутника та його чудові точки можна знайти в [8].

2. *Основна частина.* У даній роботі розглянуто ще один факт, який використаний для розв'язання задачі, запропонованої на 3-му (обласному) етапі Всеукраїнської олімпіади з математики 2024–2025-го навчального року (10-й та 11-й клас). Ось ця задача.

Задача 3 [9]. Діаметр AD описаного кола трикутника ABC перетинає пряму BC у точці K . Точку D симетрично відобразили відносно точки K і отримали точку L . На прямій AB обрана така точка F , що $FL \perp AC$. Доведіть, що $FK \perp AD$.

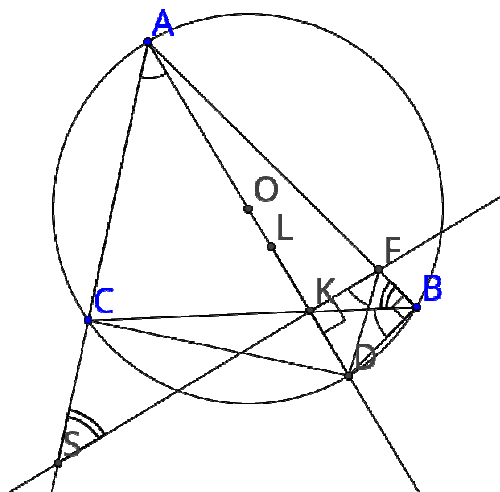
При розв'язуванні цієї задачі отримано ще деякі цікаві властивості точок трикутника.

Нехай в описаному колі трикутника ABC діаметр AD перетинає сторону трикутника BC в точці K (див. рисунок). Саме про цю точку K і йтиме мова. Проведемо через точку K пряму, перпендикулярну до AD , до перетинів з прямими AB та AC , в точках F та S відповідно. Неважко довести такі твердження.

Твердження 1. Описане коло трикутника AFS проходить через точку D .

Твердження 2. Трикутник AFS є подібним до трикутника ACB .

Твердження 3. Ортоцентр L трикутника AFS є симетричним точці D відносно точки K .



Рисунок

Доведення тверджень.

1. Чотирикутник $KFBD$ є описаним, бо кут K прямий за побудовою, B також прямий, так як спирається на діаметр. Тоді однаковими є кути KFD та KBD . Продовжуючи їх сторони, отримуємо рівність кутів SFD та CBD . Останній кут CBD є рівним куту CAD , те ж саме, що SAD . Тому чотирикутник $SAFD$ є описаним, тобто описане коло трикутника AFS проходить через точку D .

2. Далі, кути CBA та CBD дають в сумі прямий кут, так як і кути SAK та KSA (те саме, що FSA), тому кути CBA та FSA є рівними.

Отже, трикутник AFS є подібним до трикутника ACB за двома кутами.

3. Твердження 3 отримуємо як наслідок першого твердження: ортоцентр L трикутника AFS є симетричним точці D відносно основи висоти, точки K (з відомої властивості про перетин продовження висоти трикутника з описаним колом).

Твердження доведені.

Тепер неважко написати *розв'язок олімпіадної задачі 3*.

Добудувати трикутник FSA , провівши пряму FK до перетину з прямою AC в точці S . Тоді FSA відомий вже нам трикутник, для якого L є ортоцентром, а AK є висотою. Отже, AK перпендикулярна до сторони FS , що і треба було довести.

3. Супутні задачі.

1) В описаному колі трикутника ABC діаметр AD перетинає основу трикутника, сторону BC , в точці K . Через точку K проведено пряму, перпендикулярну до AD , що перетинає прямі AB та AC в точках F та S відповідно. Довести, що:

а) $AF / AS = AC / AB$.
б) трикутники ASF та ABC подібні.
в) трикутники ASF та ABC подібні та знайти коефіцієнт подібності, через сторони та кути трикутника ABC .

г) $KD = KH$, де H – ортоцентр трикутника AFS .

д) точка D лежить на описаному колі трикутника AFS .

2) Довести, що діаметр AD описаного кола трикутника ABC та висота AA_1 трикутника утворюють однакові кути зі сторонами AB та AC відповідно (цікава досить відома властивість, яку також варто пам'ятати).

3) Діаметр AD описаного кола трикутника ABC перетинає пряму BC у точці K . Точку D симетрично відобразили відносно точки K і отримали точку L . На прямій AB обрана така точка F , що $FL \perp AC$. Довести, що кути ADF та ADC є рівними.

4) Довести твердження 1, 2, 3 у випадку, коли пряма, що містить діаметр AD , перетинає пряму BC зовні описаного кола трикутника ABC .

4. *Висновок.* Таким чином ми отримали цікаву властивість точки перетину діаметра описаного кола, проведеного з вершини трикутника, з протилежною стороною. Ця властивість перекликається із відомою властивістю основи висоти трикутника. Тому є досить легкою для вивчення, запам'ятовування та використання її учнями для розв'язування олімпіадних задач.

Також можна використати її для складання супутніх олімпіадних задач. Деякі наведено в пункті 3, а ще одна була на цьогорічній олімпіаді.

Твердження 1, 2, 3 не є складними для виведення їх учнями, тому їх можна використати на заняттях математичного гуртка.

Для побудови рисунка даної статті була використана вільна версія застосунку GeoGebra 4.0.34 [10].

1. Ортоцентр. Вікіпедія: вільна енциклопедія. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Ортоцентр> (дата звернення: 28.01.2025).

2. Бевз Г. П. Геометрія трикутника. Київ : Генеза, 2005. 120 с.

3. Кушнір І. А. Повернення втраченої геометрії. Київ : Факт, 2000. 280 с.

4. Triangle_center. Wikipedia: free encyclopedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Triangle_center (дата звернення: 28.01.2025).

5. Kimberling. Central Points and Central Lines in the Plane of a Triangle. *Mathematics Magazine*. 1994. Вип. 3. Том 67.

6. Центр кола дев'яти точок. Вікіпедія: вільна енциклопедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Центр_кола_дев'яти_точок (дата звернення: 28.01.2025).

7. Dekov. Nine-point center. *Journal of Computer-Generated Euclidean Geometry*. 2007.

8. Чудові точки трикутника. Вікіпедія: вільна енциклопедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Чудові_точки_трикутника (дата звернення: 28.01.2025).
9. Умови та розв'язання LXXX Київської міської олімпіади юних математиків. *Українські математичні олімпіади* : сайт. URL: <https://matholymp.com.ua/kiyivskii-cikl/poperedni-rezultati-umovi-ta-rozvyazannya-kriteriyi-ta-apelyaciya-lxxx-kiyivskoyi-miskoyi-olimpiadi-yuniv-matematikiv-2000v2> (дата звернення: 28.01.2025).
10. Вільна версія застосунку GeoGebra 4.0.34. URL: <https://packages.debian.org/bookworm/geogebra> (дата звернення: 28.01.2025).

Kushnir V. P., Candidate of Physical and Mathematical Sciences (Ph.D.); Kushnir O. O., Candidate of Physical and Mathematical Sciences (Ph.D.), Associate Professor (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

INTERESTING POINTS OF A TRIANGLE

The article presents some well-known statements that can help to solve olympiad geometry problems.

The properties of two interesting points of a triangle are considered. The first interesting point is the intersection of a triangle side with the diameter of the circumcircle that passes through the opposite vertex of the triangle. The second interesting point is the reflection of the other endpoint of this diameter with respect to the first interesting point.

Let us consider a triangle ABC . Let K be the intersection of the diameter AD of the circumcircle and the side of the triangle BC . The point K is the first interesting point. Let l be the line perpendicular to AD that passes through the point K . Let F and S be the intersections of the line l with the lines AB and AC respectively. The following statements can be easily proved.

Statement 1. The circumcircle of the triangle AFS passes through the point D .

Statement 2. The two triangles AFS and ACB are similar.

Statement 3. The orthocenter L of the triangle AFS coincides with the reflection of the point D with respect to the point K .

Using these properties to solve an olympiad geometry problem is demonstrated.

A list of related problems that can be posed to students at mathematical olympiads is presented.

Keywords: mathematical olympiad; geometry problem; triangle centers; orthocenter; circumcircle.

Бабич Т. Ю., к.е.н., доцент; Більчук Ю. П., студентка 5 курсу (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, t.iu.babych@nuwm.edu.ua, bilchuk_ak20@nuwm.edu.ua)

ВІЛЬНИЙ ВИБІР ДИСЦИПЛІН ЯК ОДНА З СКЛАДОВИХ ФОРМУВАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ ОСВІТНЬОЇ ТРАЄКТОРІЇ (НА ПРИКЛАДІ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВОГО ІНСТИТУТУ КІБЕРНЕТИКИ, ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ІНЖЕНЕРІЇ)

Дослідження присвячено формуванню індивідуальної освітньої траєкторії через вільний вибір дисциплін. Для виявлення мотивації при реалізації вибору розроблено анкету «Чи задоволені ви можливостями формування індивідуальної освітньої траєкторії?». Проведено опитування серед студентів Навчально-наукового інституту кібернетики, інформаційних технологій та інженерії. Досліджено результати вільного вибору здобувачів на поточний навчальний рік із врахуванням спрямувань дисциплін. Виявлено характерні особливості відповідей і вибору здобувачів спеціальності «Професійна освіта (цифрові технології)» та інших спеціальностей.

Ключові слова: індивідуальна освітня траєкторія; вільний вибір; мотивація; спрямування дисциплін.

У XXI столітті освітня програма призначена не лише для здобуття знань відповідно до обраної спеціальності, розкриття умінь і здібностей, а також має на меті максимально підготувати майбутніх випускників до конкуренції на ринку праці. Одним із основних інструментів реалізації освітньої програми є індивідуальна освітня траєкторія. Згідно Закону про освіту «Індивідуальна освітня траєкторія – персональний шлях реалізації особистісного потенціалу здобувача освіти, що формується з урахуванням його здібностей, інтересів, потреб, мотивації, можливостей і досвіду, ґрунтується на виборі здобувачем освіти видів, форм і темпу здобуття освіти, суб'єктів освітньої діяльності та запропонованих ними освітніх програм, навчальних дисциплін і рівня їх складності, методів і засобів навчання» [1].

Сучасний ринок праці вимагає від здобувачів освіти відповідної якісної професійної підготовки. Наразі актуально вміти самостійно оволодівати знаннями і ефективно використовувати їх у професійній діяльності. Здобувачі освіти мають оволодіти новими підходами до навчання та професійної підготовки, вміти самостійно приймати рішення і нести за них відповідальність. Одним з проявів студентоцентрованого підходу в освіті є упровадження індивідуальних освітніх траєкторій, які враховують

індивідуально-типологічні особливості, інтереси, здібності, життєві плани та потреби кожного здобувача освіти. Це узгоджується із світовою тенденцією до лібералізації та персоналізації вищої освіти, коли студент виступає активним суб'єктом творення власної освітньої траєкторії.

У Національному університеті водного господарства та природокористування вільний вибір дисциплін реалізується відповідно до [2] серед значної кількості (більше 400) запропонованих викладачами університету різноманітних спецкурсів. Кожного року їх кількість динамічно змінюється, оскільки під час визначеного терміну викладачі мають право як подати до «кошику вільного вибору» нову дисципліну, так і вилучити звідти дисципліни, що не користуються попитом у здобувачів, застарілі, неактуальні, тощо.

Вільний вибір носить міждисциплінарний характер. Тобто, студенти мають право не обмежуватися в своєму виборі переліком дисциплін певної кафедри чи навчально-наукового інституту (ННІ). До переваг такої організації вибору можна віднести:

- студентам навчання в збірних групах (студенти різних спеціальностей зі спільними інтересами) надає можливість отримати додатковий неформальний досвід;
- викладачі, в свою чергу, можуть працювати зі студентами, які зробили свій свідомий вибір, та є вмотивованими для навчання;
- НУВГП стає більш привабливим для абітурієнтів.

Водночас, варто зазначити і певні недоліки, що потрібно враховувати:

- за наявності такої великої кількості пропозицій студенту важко визначитися, адже для здійснення свідомого вибору потрібно докласти значних зусиль і приділити додатковий час;
- викладачам же потрібно демонструвати гнучкість при побудові структури пропонованого курсу для врахування попереднього рівня знань студентів і підтримання інтересу до дисципліни більш обізнаних студентів.

До «кошику вільного вибору» внесені дисципліни різних спрямувань: гуманітарне; правове; технологічне; іноземних мов; соціально-економічне; соціально-психологічне. На рис. 1 продемонстровано орієнтовну структуру «кошику» в розрізі спрямувань. В залежності від власних вподобань та інтересів, студенти можуть удосконалюватися в різних напрямках, або випробувати себе в нових.

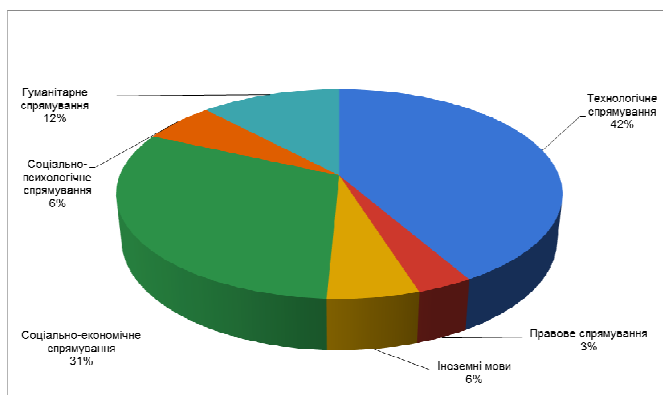


Рис. 1. Структура «кошику вільного вибору»

Можна відзначити, що в «кошику вільного вибору» переважають дисципліни технологічного (42%) та соціально-економічного спрямування (31%). Загалом, це співпадає з розподілом кількості здобувачів в університеті в розрізі спеціальностей (найбільша частина – технічні та економічні спеціальності).

Дане дослідження проведено на основі аналізу вільного вибору студентів Навчально-наукового інституту кібернетики, комп'ютерних технологій та інженерії (далі ННІ КІТІ). В складі ННІ КІТІ навчаються студенти таких спеціальностей як: «Професійна освіта (цифрові технології)»; «Прикладна математика»; «Інженерія програмного забезпечення»; «Комп'ютерні науки»; «Комп'ютерна інженерія»; «Кібербезпека та захист інформації»; «Інформаційні системи та технології». Варто зазначити, що загальна спрямованість спеціальностей – технологічна. Разом з тим, спеціальність «Професійна освіта (цифрові технології)» відноситься до галузі знань «Освіта», тобто виглядає дещо відокремленою на фоні інших.

У виборі спецкурсів бакалаврів ННІ КІТІ традиційно переважають дисципліни технологічного спрямування (рис. 2). Так, на 2024–2025 н.р. на них припадає 56%, значно менше (20%) було вибрано дисциплін гуманітарного спрямування. Серед інших спрямувань найменше студенти бажають вивчати правові дисципліни.

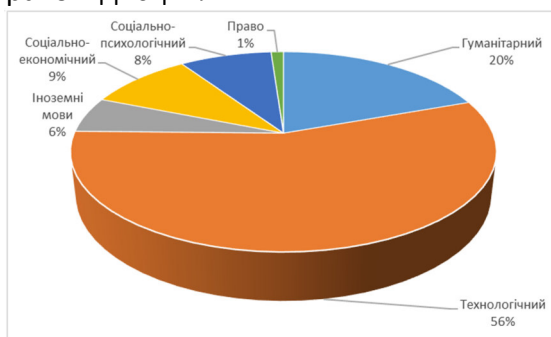


Рис. 2. Структура вибору спецкурсів бакалаврів ННІКІТІ на 2024–2025 н.р.

Хоча спеціальності ННІ КІТІ є загалом комп'ютерного (технологічного) спрямування, розподіл вибору на рис. 2 демонструє, що студенти бажають деякого розмаїття при формуванні індивідуальної освітньої траєкторії.

Для виявлення мотивації студентів при виборі предметів із «кошика вільного вибору» було розроблено анкету-опитувальник «Чи задоволені ви можливостями формування індивідуальної освітньої траєкторії?» на основі результатів дослідження [3]. Її було реалізовано на основі Google Forms.

Питання анкети було поділено на три блоки. *Перша група* містила три запитання загального характеру. Другий блок запитань було призначено виявленню мотивації при виборі спецкурсів. Третій блок питань стосувався організаційних моментів вибору предметів і загальних вражень від формування індивідуальної освітньої траєкторії.

Підготовлену анкету було розповсюджено серед здобувачів освіти ННІ КІТІ НУВГП. На момент проведення опитування на освітньо-кваліфікаційних рівнях «бакалавр» і «магістр» навчалося 620 студентів. У результаті анкетування відповіді надіслали 180 студентів (29,03%). Тобто, кількість тих, хто взяв участь в анкетуванні є достатньою для формулювання висновків. В опитуванні взяли участь студенти всіх спеціальностей ННІ КІТІ (рис. 3).

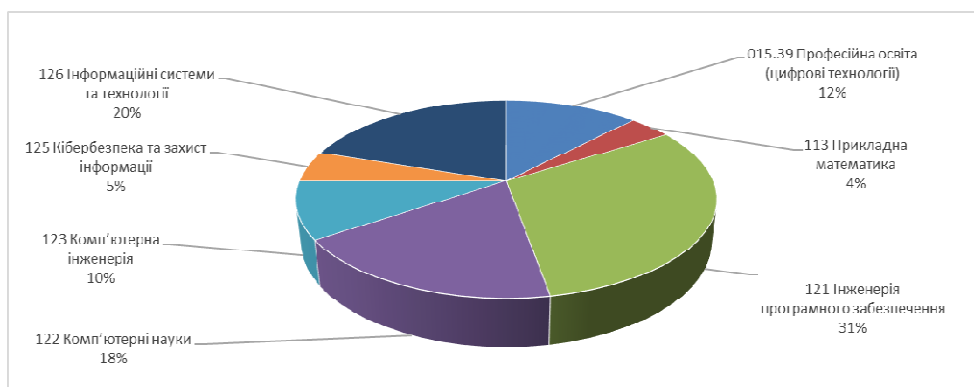


Рис. 3. Структура відповідей здобувачів ННІ КІТІ на опитування

Здійснено порівняльний статистичний аналіз відповідей здобувачів освіти спеціальності «Професійна освіти (цифрові технології)» (далі ПОЦТ) та студентів інших спеціальностей (надалі «Інші») на запитання анкети. Завдяки такому порівнянню можна побачити, чи відрізняється мотивація студентів в залежності від галузі знань.

На друге запитання (Чи Ви вже брали участь у виборі освітньої компоненти з кошику вільного вибору) позитивну відповідь дали 82,6% (ПОЦТ) і 54% («Інші»); негативну відповідь – 17,3% і 45,9% (відповідно). Причиною значної кількості негативних результатів є те, що в опитуванні взяли активну участь і студенти першого курсу, які, відповідно, ще не мали

змоги обирати вибіркові дисципліни. Дану категорію студентів було долучено до анкетування задля виявлення перспективної думки.

Безпосередньо запитання анкети блоку 2 стосовно мотивації при виборі та відповіді на питання узагальнено у таблиці 1.

Таблиця 1

Результати опитування студентів «Професійна освіта (цифрові технології)» та інших спеціальностей (блок 2 «Мотивація»)

Кількість балів											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Більше 5
3. Мене цікавить конкретне спрямування дисципліни (%)											
ПОЦТ	4,5	0,0	4,5	0,0	9,1	0,0	13,6	22,7	18,2	27,3	81,8
Інші	3,2	0,6	1,9	0,6	11,4	5,1	13,3	23,4	19,0	21,5	82,3
4. Я обираю дисципліну, вивчення якої підсилить мої компетентності та навички як майбутнього фахівця за напрямом моєї освітньої програми (%)											
ПОЦТ	0,0	9,1	0,0	0,0	0,0	13,6	18,2	18,2	22,7	18,2	90,9
Інші	3,2	1,3	1,3	2,5	9,5	7,0	12,7	13,9	19,0	29,7	82,3
5. Я хочу розвинути свої навички в тому напрямі, який допоможе мені підсилити слабкі місця в моєму розвитку як майбутнього фахівця (%)											
ПОЦТ	0	4,5	9,1	4,5	4,5	4,5	18,2	13,6	18,2	22,7	77,3
Інші	4,4	0,6	3,8	2,5	12,0	12,7	13,9	17,1	14,6	18,4	76,6
6. Я хочу розвинути свої навички в тому напрямі, в якому почуваюся впевнено (%)											
ПОЦТ	0	4,5	4,5	4,5	4,5	9,1	18,2	9,1	13,6	31,8	81,8
Інші	3,8	3,2	2,5	3,2	5,7	8,2	10,1	16,5	17,7	29,1	81,6
7. Я хочу розвинути свої навички в тому напрямі, який мене цікавить, але досі не було можливості спробувати себе в ньому (%)											
ПОЦТ	0	0	0	0	13,6	4,5	0,0	22,7	22,7	36,4	86,4
Інші	3,2	1,9	6,3	1,9	8,9	3,8	14,6	16,5	17,1	25,9	77,8

продовження таблиці

8. Мене цікавлять спецкурси, які спрямовані на практичне використання в житті незалежно від освітньої програми (%)											
ПОЦТ	0	4,5	4,5	4,5	13,6	0	4,5	4,5	31,8	31,8	72,7
Інші	1,9	1,3	3,8	1,9	12,0	5,7	13,3	13,9	13,3	32,9	79,1
9. Я хочу спробувати себе в напрямі, що кардинально відрізняється від обраної спеціальності (%)											
ПОЦТ	4,5	4,5	13,6	4,5	4,5	13,6	0	9,1	13,6	31,8	68,2
Інші	12,0	4,4	7,0	3,2	10,8	10,1	13,3	10,8	9,5	19,0	62,7
10. Хочу максимально засвоїти різні навички, оскільки не впевнений у правильному виборі моєї освітньої програми (%)											
ПОЦТ	4,5	18,2	4,5	0	9,1	22,7	4,5	4,5	22,7	9,1	63,6
Інші	10,1	5,7	8,2	5,1	13,9	5,1	12,0	13,3	12,7	13,9	57,0

Для підведення підсумку було узагальнено відсоток співзвучності заданих висловлень. За результатами крайнього правого стовпця (Більше 5) студенти спеціальності ПОЦТ та інших спеціальностей переважно цікавляться конкретним спрямуванням дисципліни на приблизно однаковому рівні (питання 3; 81,8% та 82,3%). Як здобувачі освіти ПОЦТ, так і «Інші» достатньо часто орієнтовані на вибір дисциплін, вивчення яких підсилить компетентності та їхні навички як майбутнього фахівця (питання 4; 90,9% та 82,3%). Можна відзначити, що здобувачі ПОЦТ на 8,6% більше вибирають (або бажають обирати) такі дисципліни.

Також студенти ПОЦТ та «Інші» майже однаково хочуть розвивати свої навички для підсилення слабких місць (питання 5; 77,3% і 76,6%). Дуже близькими між собою були й відповіді, коли студенти хотіли розвиватися у напрямках, де вони почуваються впевнено (питання 6; ПОЦТ 81,8%; «Інші» 81,6%).

Відповіді на питання 7 показують, що здобувачі ПОЦТ дещо більше хочуть спробувати свої сили в новому для себе напрямку (86,4%; «Інші» 77,8%). Спецкурсами практичного спрямування здобувачі ПОЦТ цікавляться дещо менше (питання 8; 72,7% і 79,1%).

Частина студентів ПОЦТ, які хотіли б спробувати себе в кардинально іншому напрямку (питання 9) перевищує відповідну частину таких студентів інших спеціальностей (68,2% і 62,7%, відповідно). Здобувачів освіти ПОЦТ, які не впевнені в правильному виборі своєї освітньої програми, і тому хочуть

вивчати максимально різноманітні дисципліни (питання 10), знову виявилось більше (63,6%; «Інші» 57,0%).

Стосовно відповідей здобувачів на питання третього блоку запитань, можна зазначити, що більше 5 балів на питання 11 (Освітня траєкторія сприяє моєму професійному розвитку) виставлено 36,3% та 43,6% (ПОЦТ та «Інші», відповідно). У наступному 12 питанні задоволеність організацією планування своєї освітньої траєкторії на оцінку вище за 5 балів відчують 31,8% і 15,1% (ПОЦТ та «Інші», відповідно).

Цікаво зазначити, що для формування власної освітньої траєкторії (питання 13: Чи користуєтеся Ви консультаціями викладачів для формування своєї освітньої траєкторії?) деякою мірою здобувачі користуються консультацією викладача 55% (ПОЦТ) і 35% («Інші»). Такі дані свідчать, що студенти ПОЦТ більш довіряють викладачам і дослуховуються до їхніх порад, на відміну від студентів інших спеціальностей, які не надто часто користуються консультаціями. В основному вони обирають спецкурси самостійно (ПОЦТ – 16,6%; «Інші» – 31,8%).

У питанні 14 здобувачів просили вказати спрямування дисциплін із кошику вільного вибору, які можуть бути їм цікавими. Можна було відзначити одне або кілька спрямувань. Кількість здобувачів, які зосереджені лише на одному спрямуванні дисциплін із кошику вільного вибору, становить 13,6% (ПОЦТ) і 17,7% («Інші»). На правове, соціально-психологічне і технологічне спрямування серед здобувачів ПОЦТ вказали по 1 студенту на кожне з них (4,5%). Серед «Інших» здобувачів правове спрямування обрала 1 людина (4,5%), соціально-психологічне – 2 студенти (9,1%), технологічне – 17 студентів (77,3%), іноземні мови – 4 студенти (18,2%), а соціально-економічне – 1 студент (4,5%). Відзначається, що в основному здобувачів цікавлять два (ПОЦТ 27,2%; «Інші» 37,9%) або три (ПОЦТ 36,3%; «Інші» 24,6%) спрямування. Студентів, яких чітко не змогли зупинитися і позначили усі напрямки, значно менше: 9,1% і 2,5% (ПОЦТ та «Інші», відповідно).

За результатами аналізу відповідей можна сформулювати узагальнені висновки. В обох категоріях опитаних спостерігається аналогічний рівень інтересу до конкретного спрямування дисципліни; практично ідентичний – стосовно розвитку навичок як для напрямів, де відчуються деяка недостатність розуміння, так і для продовження самовдосконалення в знайомих дисциплінах.

Здобувачі ПОЦТ більше схильні обирати дисципліни, що пов'язані з напрямом освітньої програми. Водночас виявляють більше бажання спробувати свої сили в новому для себе напрямку, такому, що кардинально відрізняється від обраної спеціальності. Від цієї категорії анкетованих є також сигнал про більшу невпевненість у правильному виборі освітньої програми. Студенти ПОЦТ майже вдвічі більше задоволені плануванням своєї освітньої

траєкторії, ніж студенти інших спеціальностей. Більш довіряють викладачам і дослуховуються до їхніх порад при виборі спецкурсів.

Здобувачі інших спеціальностей більше зацікавлені в практичному використанні в житті навичок, що їх не передбачено в освітній програмі. Почуваються більш самостійними при формуванні індивідуальної освітньої траєкторії. Більше усвідомлюють роль освітньої траєкторії в професійному розвитку. Чітко спрямовані на дисципліни технологічного спрямування та додаткове вивчення іноземних мов.

Структуру вільного вибору на 2024–2025 н.р. продемонстровано на рис.4 для обох категорій досліджуваних (ПОЦТ (а) та Інші спеціальності (б)). Можна відзначити, що структура є схожою за розподілом вибору між спрямуваннями. Перші два місця належать дисциплінам Технологічного та Гуманітарного спрямувань. При більш детальному розгляді безпосередньо дисциплін, які були вибрані, було виявлено такі тенденції.

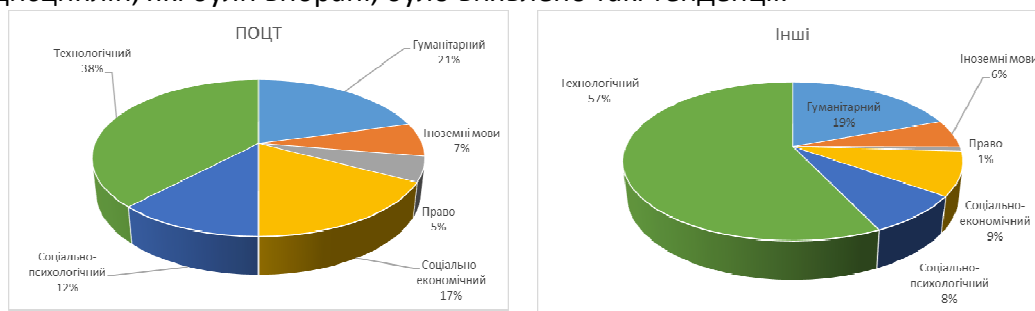


Рис. 4. Структура вибору спецкурсів на 2024–2025 н.р.

а) ПОЦТ

б) Інші спеціальності

Одноставним лідером серед дисциплін технологічного спрямування є спецкурс «Основи Photoshop». Дана дисципліна була і продовжує бути актуальною на рівні всього університету протягом тривалого часу. До першої трійки серед інших спеціальностей ННІ KITІ також входять «Основи програмування. Python» і «Моделювання ігрового персонажа в середовищі Blender». Водночас студенти спеціальності ПОЦТ практично проігнорували Python, але підтримали вибір Blender. Можна зробити висновок, що їх більше цікавить ігрова тематика і комп'ютерна графіка. Закриває трійку «Бази даних MySQL» (ПОЦТ), яку «Інші» студенти також мають намір вивчати, але в дещо меншій пропорції. Тобто, загалом, переваги в рамках технологічного спрямування співпадають.

Щодо гуманітарного спрямування, переважна більшість зосереджена на 4 дисциплінах. «Інші» студенти найбільше бажають вивчати «Філософію відеоігор». Це підтверджує інформаційно-технологічне спрямування цих спеціальностей з наголосом на практичне застосування при розробці ігор. Лише ПОЦТ надають перевагу «Мистецтву публічного мовлення». Можна вважати це бажанням розвиватися у вмінні спілкуватися якраз за

спеціальністю «Професійна освіта». Тобто, це також є сигналом про бажання вибирати спецкурси педагогічного спрямування. Однак, на жаль, кількість таких пропозицій (як і кількість бажаючих обирати їх на рівні університету) не є наразі достатньою. Ще два спецкурси («Академія масажу» і «Історія українсько-російського протистояння у XX–XXI столітті») також приваблюють студентів ПОЦТ. Симпатії «Інших» спрямовані більше на такі дисципліни як «Філософія щастя», «Філософія життя». На нашу думку, це сигнал про бажання вивчати окремі розділи філософії, що стануть у нагоді у реальному житті.

Загалом аналіз вибору корелює з результатами анкетування. Вибір спецкурсів у НУВГП є дійсно вільним, що підтверджується різноманітністю дисциплін, які обираються. У зв'язку з наявністю значної кількості пропозицій спецкурсів практичної спрямованості, студенти інших спеціальностей ННІ КІТІ можуть за бажання легко реалізувати висловлену зацікавленість у вивченні таких дисциплін. Тоді як студенти спеціальності «Професійна освіта (цифрові технології)» виявили деяку схильність до спецкурсів гуманітарно-педагогічного спрямування, пропозицій же такого плану явно недостатньо в кошику вільного вибору. Так як спеціалізацію НУВГП можна умовно вважати технологічною, зрозуміло, що і станом на поточний навчальний рік, так і на майбутнє поки що переважають пропозиції технологічного спрямування.

Можна зробити висновок про необхідність додаткового зацікавлення здобувачів освіти спеціальності «Професійна освіта (цифрові технології)» до вивчення професійно-орієнтованих дисциплін. При формуванні викладачами дисциплін до «кошика вільного вибору» варто звернути увагу і пропонувати дисципліни педагогічного спрямування з урахуванням перспективного практичного використання цифрових технологій. Це може сприяти підвищенню інтересу здобувачів до засвоєння компетентностей педагога, який на високому рівні володіє сучасними інтерактивними засобами навчання.

1. Про освіту : Закон України від 5 вересня 2017 року № 2145-VIII.
2. Мошинський В. С. Положення про організацію вибору освітніх компонентів для здобувачів першого та другого рівнів вищої освіти Національного університету водного господарства та природокористування. 2021. URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua/20051/> (дата звернення: 21.10.2024).
3. Бабич Т. Ю., Шроль Т. С. Аналіз особливостей формування індивідуальної освітньої траєкторії здобувачів спеціальності «Професійна освіта (цифрові технології)» на прикладі Національного університету водного господарства та природокористування. *Інформаційні технології в професійній діяльності* : зб. тез доповідей XV Всеукраїнської науково-практичної конференції (Рівне, 1 листопада 2022 р.). Рівне : РДГУ, 2022. С. 88–91.

Babych T. Yu., Candidate of Economics (Ph.D.), Associate Professor; Bilchuk Yu. P., Senior Student (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

FREE CHOICE IN DISCIPLINES AS A COMPONENT OF INDIVIDUAL EDUCATIONAL TRAJECTORY FORMATION (BASED ON THE EXAMPLE OF SPECIALTIES OF THE EDUCATIONAL AND SCIENTIFIC INSTITUTE OF CYBERNETICS, INFORMATION TECHNOLOGIES, AND ENGINEERING)

The study is devoted to the formation of an individual educational trajectory through the free choice of disciplines. The rules for selecting disciplines at the National University of Water and Environmental Engineering are presented. The advantages and disadvantages of such an organization of choice are indicated. To identify the motivation behind making selections, a questionnaire titled "Are you satisfied with the opportunities for forming an individual educational trajectory?" was developed. A survey was conducted among students of the Educational and Scientific Institute of Cybernetics, Information Technologies, and Engineering. The responses were analysed, highlighting the distinctive features of answers from students specializing in "Vocational Education (Digital Technologies)" compared to other specialties. The results of applicants' free choice for the current academic year were studied, taking into account the directions of disciplines. Recommendations for offering specialized courses to students of these specialties were formulated.

Keywords: individual educational trajectory; free choice; motivation; direction of disciplines.

УДК 004.03

¹Кірпічніков А. В., студент; ²Прищеп О. В., к.ф.-м.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, ¹kirpichnikov_ak22@nuwm.edu.ua, ²o.v.pryshchepa@nuwm.edu.ua)

РОЗРОБКА ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЦИВІЛЬНИМ ЗАХИСТОМ

Розроблено модель автоматизованої системи управління, що включає клімат-контроль, безпеку та моніторинг середовища. Виконано розрахунки теплонаходжень, підбрано відповідне обладнання та рекомендовано високоефективні системи опалення й охолодження. Встановлено датчики для постійного моніторингу стану приміщення. Створено функціональну схему автоматизації для керування вентиляцією, освітленням, опаленням і контролем доступу. Розроблено модель теплообміну, що оптимізує

енергоспоживання та сприяє підвищенню енергоефективності. Програму керування для «розумного бомбосховища» створено на базі мікроконтролера ESP8266 у середовищі Arduino IDE, що забезпечує віддалене управління параметрами через вебінтерфейс і сенсорний дисплей.

Ключові слова: інтегрована система управління; автоматизація; цивільний захист; імітаційне моделювання; бомбосховища; клімат-контроль.

Постійні ракетні й артилерійські обстріли в Україні створюють потребу у надійних укриттях, особливо в закладах освіти. Бомбосховища мають забезпечувати не лише фізичну безпеку, а й комфортні умови перебування. Багато укриттів не відповідають сучасним стандартам безпеки, що ускладнює їх ефективне використання. Важливо впроваджувати системи клімат-контролю, очищення повітря, автономного освітлення та аварійного зв'язку, а також забезпечити швидкий доступ і тривалу експлуатацію. Автоматизація бомбосховищ значно підвищує їхню ефективність. Сучасні технології дозволяють моніторити мікроклімат, контролювати доступ і керувати системами безпеки.

Дослідження спрямоване на розробку автоматизованої системи управління укриттями для підвищення безпеки та комфорту, зокрема в освітніх закладах. Новизна дослідження полягає в інтеграції систем клімат-контролю, освітлення, моніторингу й контролю доступу. Це підвищує рівень захисту та зменшує ризики, пов'язані з несправностями традиційних систем. Практичне значення – це розробка рекомендацій для модернізації бомбосховищ у школах та університетах, що сприятиме підвищенню безпеки учнів і персоналу та може стати основою для оновлення стандартів безпеки.

Для ефективного управління та підтримання комфортних і безпечних умов у підвальному бомбосховищі було розроблено комплексну автоматизовану систему контролю. Основна мета такої системи – забезпечити постійний моніторинг параметрів, автоматичне реагування на зміни умов, захист від аварійних ситуацій та контроль доступу.

Система автоматизації [1; 2] включає низку датчиків та керуючих пристроїв, які контролюють критичні параметри, такі як температура, вологість, рівень CO₂, наявність протікань, а також ідентифікацію присутніх осіб. Автоматизоване управління параметрами забезпечує економію енергії, покращує безпеку та підвищує ефективність використання бомбосховища.

На основі вимог до системи автоматизації бомбосховища була розроблена схема контролю та ідентифікації осіб. У таблиці нижче наведено основні параметри, які підлягають контролю, а також функції, що реалізовані в автоматизованій системі.

Параметри контролю та їх функцій

№	Обсяг автоматизації	Назва параметра	Індикація	Реєстрація	Захист	Блокування	Регулювання	Сигналізація
1	Температура повітря в приміщенні	+	+	-	-	+	-	-
2	Вологість повітря в приміщенні	+	+	-	-	+	-	-
3	Рівень CO ₂ в приміщенні	+	+	-	-	+	-	-
4	Протікання води	+	+	+	-	-	+	-
5	Наявність людей у приміщенні (датчики руху)	+	+	-	-	-	+	-
6	Стан дверей (відкрито/закрито)	+	+	+	-	-	+	-
7	Ідентифікація за RFID-картками	+	+	-	-	-	+	

Для побудови автоматизованої системи управління мікрокліматом і безпекою у підвалі-бомбосховищі були обрані надійні датчики та виконавчі елементи, що дозволяють здійснювати контроль ключових параметрів. Використання Raspberry Pi як основного контролера забезпечує зручність обробки та відображення даних через вебінтерфейс у режимі реального часу. Бездротове з'єднання через NodeMCU ESP8266 дозволяє інтегрувати датчики у систему без складних підключень, що спрощує монтаж і подальше управління.

Основні функції автоматизованої системи включають:

- Моніторинг і регулювання температури та вологості: датчик DHT22 вимірює температуру та вологість, що дозволяє автоматично регулювати роботу обігрівача Protherm Ray 28 KE та кондиціонера Daikin FVA100A для підтримки комфортного мікроклімату;
- Контроль якості повітря: датчик CO₂ MH-Z19 визначає рівень вуглекислого газу, і система активує вентиляцію для зниження концентрації CO₂ і підтримки свіжості повітря в приміщенні;
- Реагування на присутність і контроль доступу: датчик руху Delux ST10A реагує на рух і автоматично включає освітлення та вентиляцію. Датчик стану дверей (наприклад, магнітний геркон) слідкує за відкриттям або закриттям дверей, а електромагнітні замки забезпечують безпеку і контроль доступу;
- Ідентифікація осіб: модуль зчитування RFID-карток MFRC-522 дозволяє вести облік осіб, що входять і виходять з приміщення, надаючи доступ лише авторизованим користувачам і підвищуючи рівень безпеки;

- Захист від затоплення: датчик протікання води SW-007 моніторить наявність води у зонах із підвищеним ризиком затоплення, сигналізуючи про протікання для своєчасної реакції.

Таким чином, система автоматизації, що включає всі ці елементи, дозволяє здійснювати комплексне управління не тільки мікрокліматом, а й безпекою у підвальному бомбосховищі, створюючи комфортні та безпечні умови для перебування людей в екстремальних ситуаціях.

Для моделювання теплових процесів у підвальному бомбосховищі обрано програмне середовище Simulink, яке входить до складу пакета MATLAB [3]. Відповідно було створено модель, яка обчислює надходження тепла за допомогою блоків Simulink. Моделювання термостата здійснюється без використання складних системних рівнянь, з урахуванням таких умов:

- Коли температура в приміщенні нижча за встановлену, обігрівач працює, і керуючий сигнал дорівнює 1. Якщо температура перевищує встановлену межу, сигнал керування стає 0, і обігрівач вимикається.
- Щоб уникнути частих вмикань та вимикань, модель термостата враховує гістерезис у 2°C навколо заданої температури. Якщо термостат активний, температура в приміщенні має збільшитися на 2°C вище встановленого значення, перш ніж обігрівач вимкнеться. Коли термостат вимкнений, температура повинна знизитися на 2°C нижче заданого рівня, щоб активувати обігрівач.

На рис. 1 показано модель термостата, обігрівача та внутрішнього простору бомбосховища, що дозволяє наочно оцінити взаємодію всіх компонентів системи.

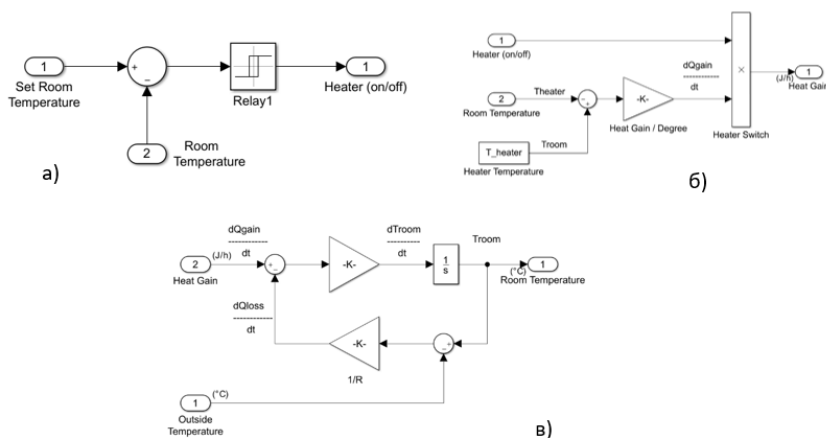


Рис. 1. Система а) термостату, б) обігрівача та в) внутрішнього простору «розумного підвалу»

На рис. 2 подано модель опалення бомбосховища.

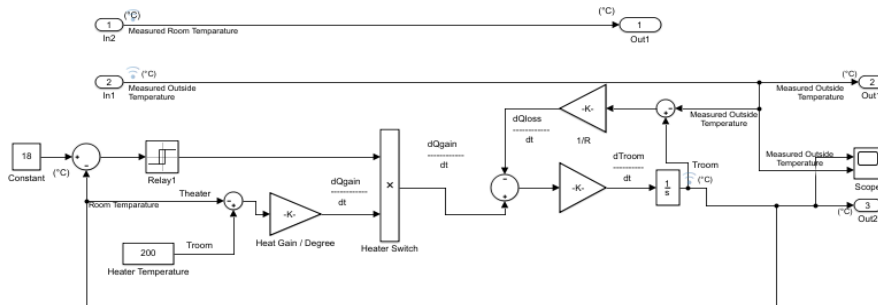


Рис. 2. Модель опалення бомбосховища

З допомогою інструменту Linear Analysis Tool в середовищі Simulink визначаємо показники якості перехідного процесу нагрівання (рис. 3).

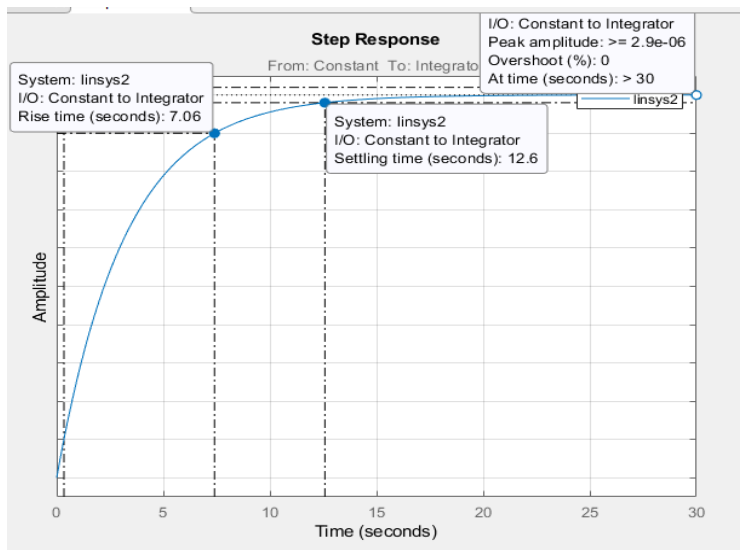


Рис. 3. Лінійний аналіз системи з ПІ регулятором

Відповідно отримані наступні характеристики перехідного процесу протягом 30 годин:

- час запізнення $\tau = 0$;
- час регулювання $t_{рег} = 7$ годин;
- величина перерегулювання $\sigma = (h_{max} - h_{уст}) / h_{уст} * 100\% = 0\%$;
- динамічна (усталена) похибка $\delta_{ум} = (h_{уст} - 1) * 100\% = 1 - 1 = 0$;
- коливальність відсутня.

Відсутність коливань, перерегулювання та усталена похибка, що дорівнює нулю, свідчать про високий ступінь стійкості системи. Це означає, що система буде надійно працювати при змінах у вхідному сигналі чи при незначних збуреннях. Оскільки перехідний процес показує хороші характеристики без коливань і похибок, система може бути придатною для

адаптації до більш вимогливих умов або для інтеграції з іншими підсистемами. Наприклад, таку систему можна використовувати в більш комплексних схемах автоматичного регулювання, де важливі швидка реакція і стабільність. Відповідно до рис. 3 присутня можливість оптимізації часу регулювання: зокрема час регулювання становить 7 годин, це може бути доволі довгим залежно від вимог. За потреби його можна зменшити, зменшивши підсилення або налаштувавши інші параметри системи.

Отже, система має стабільну, точну та передбачувану поведінку, з належним підсиленням і мінімальною похибкою. Якщо потрібна ще швидша стабілізація або інше значення на виході, параметри можна оптимізувати відповідно до конкретних вимог.

Для створення автоматизованої системи управління використовувалися кілька інструментів та технологій, які забезпечили інтеграцію апаратної та програмної частин. Arduino IDE слугувало основним середовищем розробки для програмування мікроконтролера ESP8266. Це середовище дозволило ефективно розробити та протестувати код, що виконує функції збору даних, обробки сигналів від сенсорів і передачі інформації на сервер. Зокрема, у проєкті використовувалися стандартні бібліотеки ESP8266WiFi, ESP8266WebServer для роботи з Wi-Fi і HTTP-запитами, а також MFRC522 для взаємодії з RFID-зчитувачем. Основними задачами, які виконуються програмним забезпеченням на ESP8266, є налаштування Wi-Fi-з'єднання, періодичне зчитування даних із підключених сенсорів, таких як DHT22 для температури й вологості, MH-Z19 для рівня CO₂, а також обробка сигналів від датчика руху, датчика протікань та RFID-зчитувача. Зчитані дані надсилаються на сервер через HTTP POST-запити. Крім того, у коді реалізовано функціонал обробки подій, наприклад, реєстрація доступу за допомогою RFID-карток, що записується в лог подій у базі даних.

Для розробки серверної частини на початкових етапах використовувався локальний сервер XAMPP. Він забезпечив запуск вебсервера Apache та MySQL для роботи з базою даних. На локальному сервері було створено тестову базу даних u341552863_diplom, яка містить кілька ключових таблиць: access_log для запису подій доступу, parameter_history для зберігання показників середовища (температура, вологість, CO₂), devices для збереження стану керованих пристроїв, таких як обігрівач чи кондиціонер, та users для даних про RFID-користувачів.

Для зручного налаштування структури бази даних використовувалася вебсторінка phpMyAdmin, яка входить до складу XAMPP. Вона надала інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для створення таблиць, визначення зв'язків між ними та виконання SQL-запитів. Використання phpMyAdmin дозволило ефективно керувати базою даних, перевіряти коректність даних і тестувати запити без необхідності працювати з MySQL через командний рядок.

Після тестування на локальному сервері система була перенесена на зовнішній вебсервер. Для забезпечення доступу було налаштоване доменне ім'я, наприклад, <http://neruya.com/diplom>, яке дозволяє користувачам взаємодіяти із системою через вебінтерфейс. На сервері також було забезпечено захист через авторизацію адміністраторів, які мають доступ до панелі управління, розробленої для моніторингу та налаштування стану системи. Вебсервер включає у собі ту саму файлову структуру, що й локальний сервер, але з модифікованим файлом конфігурації `config.php`, що дозволяє підключатися до бази даних на зовнішньому хостингу.

Ключовим аспектом інтеграції всіх компонентів стало узгодження форматів даних, що передаються між ESP8266 та сервером. Зокрема, використовувалися стандартні ключі для передачі параметрів, таких як `temperature`, `humidity`, `rfid`, а також механізм обробки помилок у випадку втрати з'єднання або невірною формату даних. Такий підхід забезпечив стабільну та ефективну роботу системи навіть під час тривалого тестування. Усі елементи були інтегровані за допомогою регулярного тестування, використовуючи реальні дані, отримані від сенсорів і RFID-зчитувача, що дозволило виявити та виправити помилки на ранніх етапах розробки.

Вебінтерфейс є важливим компонентом системи, оскільки він забезпечує користувачам та адміністраторам можливість моніторити параметри середовища, управляти підключеними пристроями та здійснювати доступ до різних функцій системи.

Головна сторінка вебінтерфейсу відображає поточні показники середовища, такі як температура, вологість, рівень CO₂, а також стан пристроїв (наприклад, обігрівач, кондиціонер). Вона має вигляд дашборду, де зібрана вся основна інформація, яка дозволяє швидко оцінити стан системи.

На головній сторінці (рис. 4) користувач може бачити поточні дані, що оновлюються в реальному часі через AJAX-запити до сервера. Дані передаються через API, отримуються з бази даних і відображаються у вигляді таблиць або графіків (залежно від потреб).

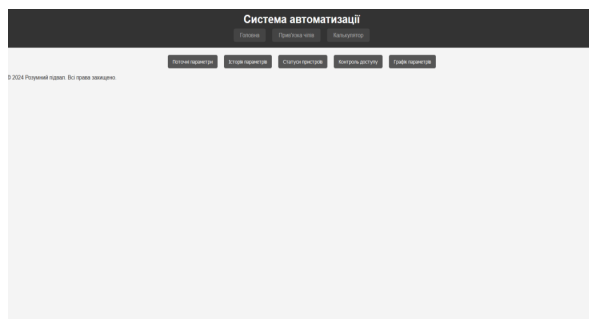


Рис. 4. Панель авторизації

Для зручності користувачів та адміністраторів вебінтерфейс може

включати графіки, які відображають історичні дані, такі як температура (рис. 5), вологість або рівень CO₂ за певний період часу.

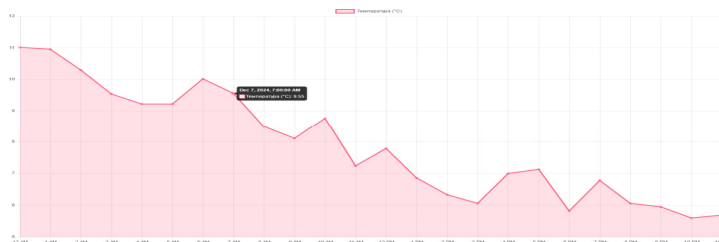


Рис. 5. Зразок графіку температур

Висновок. Розроблено модель автоматизованої системи управління для бомбосховища, що включає управління кліматом, забезпечення безпеки та моніторинг параметрів середовища. Розроблено програму керування для «розумного бомбосховища» на базі мікроконтролера ESP8266 у середовищі Arduino IDE, що дозволяє віддалено керувати параметрами систем за допомогою вебінтерфейсу. Результати дослідження підтвердили, що інтеграція автоматизованих систем управління в бомбосховища дозволяє значно підвищити їхню ефективність, знижувати енергоспоживання та покращувати умови для тривалого перебування в них людей. Система забезпечує високий рівень безпеки та комфорту, що робить такі укриття оптимальними для використання в надзвичайних ситуаціях.

1. Кузьменко Б. В., Лисенко В. П. Математичне моделювання технологічних процесів : навч. посіб. для студентів спец. 8.092501 «Автоматизовані системи управління технологічними процесами». К. : НАУ, 2008. 94 с.
2. Синєглазов В. М., Сергеев І. Ю. Автоматизація технологічних процесів : навч. посіб. для студентів ВНЗ. К. : НАУ, 2015. 442 с.
3. Штовба С. Д. Методи оптимізації в середовищі MatLab. Лабораторний практикум : навч. посіб. для студентів спец. «Системи управління і автоматики». Вінниця : ВДТУ, 2001. 54 с.
4. Про затвердження Положення про організацію освітнього процесу в закладах освіти : Наказ Міністерства освіти і науки України від 25.06.2018 р. № 676. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0879-18#n646> (дата звернення: 13.10.2024).

Kirpichnikov A. V., Senior Student; Pryshchepa O. V., Candidate of Physical and Mathematical Sciences (Ph.D.), Associate Professor (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

DEVELOPMENT OF AN INTEGRATED CIVIL PROTECTION CONTROL SYSTEM

A model of an automated control system has been developed, including climate control, security and environmental monitoring. Heat flow calculations

have been performed, appropriate equipment has been selected, and highly efficient heating and cooling systems have been recommended. Sensors have been installed to continuously monitor the condition of the premises. A functional automation scheme has been developed to control ventilation, lighting, heating and access control. A heat exchange model has been developed to optimise energy consumption and improve energy efficiency. The control programme for the 'smart bomb shelter' has been developed on the basis of the ESP8266 microcontroller in the Arduino IDE environment, which provides remote control of parameters via a web interface and touchscreen display.

Keywords: integrated control system; automation; civil protection; simulation modeling; bomb shelters; climate control.

УДК 004.9

Савич Д. В., аспірант (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, d.v.savych@nuwm.edu.ua)

РОЗВИТОК СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВАМИ НА ОСНОВІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ: ДОСВІД, ПРОБЛЕМИ, ПЕРСПЕКТИВИ

У рукописі розглянуто досвід впровадження штучного інтелекту (ШІ) в бізнес-процеси однієї з провідних українських роздрібних мереж. Зокрема, акцентовано увагу на проблемах, з якими стикалась компанія під час інтеграції нових технологій, а також на перевагах, які принесло використання ШІ. Описано, як автоматизація процесів, прогнозування поставок та оперативне планування допомогли знизити витрати, підвищити точність планування та збільшити товарообіг. Розглянуто також інноваційний підхід до навчання персоналу за допомогою коротких відео. Висвітлено результати, які підтверджують ефективність використання ШІ у компанії.

Ключові слова: штучний інтелект; автоматизація; прогнозування; планування; оптимізація; роздрібна мережа; ефективність.

Сучасний розвиток технологій відкриває нові можливості для оптимізації бізнес-процесів у компаніях різних масштабів. Штучний інтелект (ШІ) стає ключовим інструментом, який дозволяє вирішувати складні завдання, автоматизувати рутинні операції та приймати управлінські рішення з високим рівнем точності. У даній статті досліджується досвід впровадження ШІ в одну з провідних українських роздрібних мереж. Особливу увагу приділено викликам, з якими зіткнулася компанія, а також перевагам, які принесла ця інновація.

Процес інтеграції штучного інтелекту в бізнес-процеси не є простим. Однією з найбільших проблем стала необхідність навчання персоналу новим методам роботи. Багато співробітників звикли до традиційних підходів і сприймали нові технології як виклик. Перехід на автоматизовані процеси вимагав значних зусиль з боку відділів навчання та адаптації, що включало розробку тренінгів і постійну підтримку користувачів нових систем. Було розроблено новий метод навчання персоналу завдяки коротким інформативним відео не більше 1 хв, які допомагає генерувати ШІ, такий підхід дав позитивний результат, так як більшість працівників зазвичай не переглядали повністю довгі відео, або взагалі не читали паперові інструкції.

Додатковою проблемою стало подолання інерції в корпоративній культурі: якщо старі методи забезпечували прийнятний результат, більшість працівників не хотіли змінювати свої підходи. Однак доведення переваг ШІ через реальні кейси дозволило поступово зняти спротив.

Впровадження штучного інтелекту дало змогу компанії суттєво зменшити витрати на виконання рутинних завдань. Один із ключових напрямків застосування ШІ – це прогнозування поставок. Наприклад, створення комерційної моделі, яка враховує численні фактори, такі як погодні умови, святкові періоди, зміни клімату та інші події, допомогло з високою точністю передбачати обсяги товарообігу.

Раніше планування базувалося на ручному аналізі статистичних даних, які вручну забивалися в таблицях excel, що було неефективним у масштабах великої роздрібної мережі. Наразі ШІ автоматизує цей процес, аналізуючи величезні обсяги інформації, включно з даними про міграцію населення, шкільний навчальний процес тощо. Наприклад, у травні збільшення попиту пояснюється сезонною міграцією населення, що раніше залишалося поза увагою аналітиків.

Оперативне планування стало ще однією сферою, де ШІ продемонстрував свою ефективність. За 10 місяців 2024 року ШІ має кращий показник по плануванню ніж супервайзери та керівники. Відхилення від факту 0,1% при КПІ не більше 2%. Якщо раніше оновлення планів займало до 10 днів через необхідність ручної обробки великих обсягів даних, то зараз цей процес триває лише один день, таким чином компанія робить ті самі процеси на 90% швидше. З впровадженням ШІ в процеси компанії, товарообіг збільшився на 2%, що для компанії надзвичайно хороший результат, який повністю виправдав затрачені на нього ресурси та час.

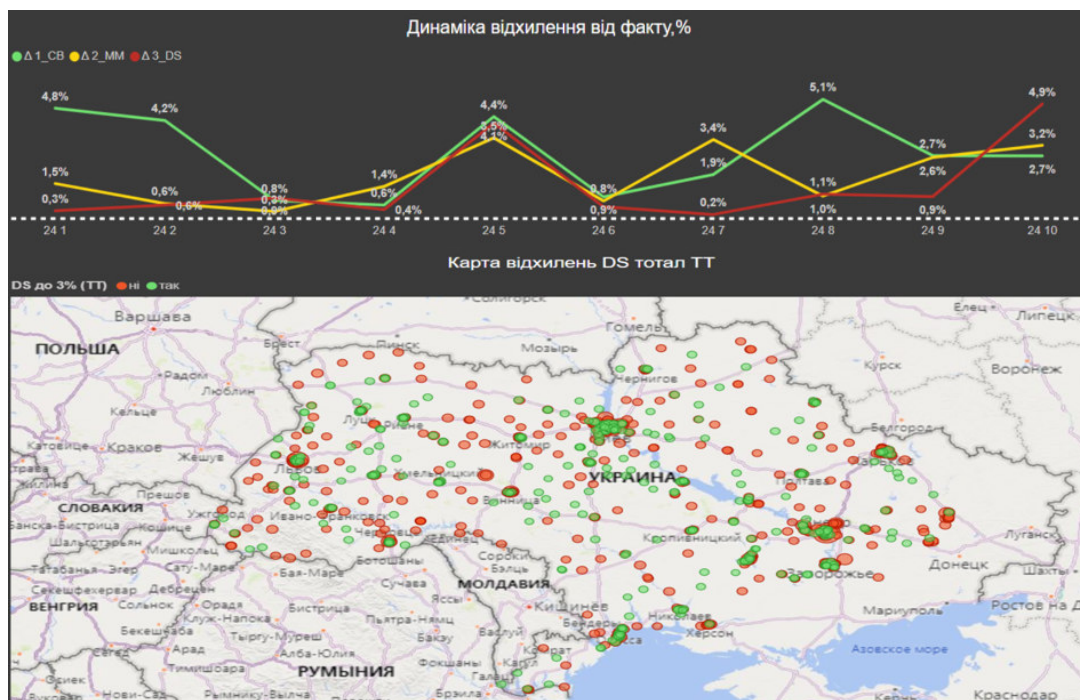


Рисунок. Динаміка відхилення від факту, %

Нажаль ШІ не враховує зовнішні фактори, такі як обстріли, відключення електроенергії або перевірки військово-облікових документів, тому дані не завжди точні і доводиться проводити додаткові перевірки прогнозування ШІ. Завдяки цим підходам, компанія зберігає гнучкість у прийнятті рішень навіть у нестабільних умовах.

Інновації на основі ШІ принесли такі переваги:

1. Скорочення витрат на аналіз даних.
2. Підвищення точності планування, що дозволяє уникати дефіциту чи надлишків товару.
3. Економія часу: процеси, які раніше займали дні або тижні, тепер виконуються за лічені години.
4. Зменшення людського фактору та кількості помилок у прийнятті рішень.
5. Збільшення товарообігу на торгових точках на 2% за останній рік.

Отже, досвід впровадження штучного інтелекту демонструє, що автоматизація рутинних операцій, оптимізація товарообігу та покращення оперативного планування дозволяють суттєво підвищити ефективність бізнесу. Незважаючи на початкові труднощі, результати виправдовують вкладені ресурси. Цей досвід може стати основою для розробки подібних рішень в інших галузях.

1. Deloitte Insights. AI-powered enterprise: How AI is transforming business operations. URL: <https://www.deloitte.com/ua/uk.html> (дата звернення: 28.12.2024).
2. Jarrahi M. H. Artificial intelligence and the future of work: Human-AI symbiosis in organizational decision making. *Business Horizons*. 2018. С. 577–586. URL: https://www.researchgate.net/publication/320812037_Artificial_Intelligence_and_the_Future_of_Work_Human-AI_Symbiosis_in_Organizational_Decision_Making (дата звернення: 05.11.2024).
3. Mittal S., & Dhar H. L. Artificial Intelligence for Ethical Management. *International Journal of Scientific & Technology Research*. Vol. 9(02). URL: <https://rm.coe.int/artificial-intelligence-and-education-a-critical-view-through-the-lens/1680a886bd> (дата звернення: 01.06.2024).
4. PwC. AI in business: Transforming decision-making and operations. URL: <https://www.pwc.com/gx/en/issues/c-suite-insights/ceo-survey.html> (дата звернення: 12.09.2024).

Savych D. V., Post-graduate Student (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, d.v.savych@nuwm.edu.ua)

DEVELOPMENT OF ENTERPRISE MANAGEMENT SYSTEMS BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE: EXPERIENCE, PROBLEMS, PROSPECTS

This article examines the experience of implementing artificial intelligence (AI) in the business processes of one of Ukraine's leading retail chains. The focus is on the challenges faced by the company during the integration of new technologies, as well as the advantages brought by AI. It describes how process automation, supply forecasting, and operational planning helped reduce costs, increase planning accuracy, and boost sales. An innovative approach to training staff using short videos is also discussed. The results demonstrate the effectiveness of using AI within the company.

Keywords: Artificial Intelligence; automation; forecasting; planning; optimization; retail chain; effectiveness.

¹Остапчук О. П., к.т.н, доцент; ²Егоров А. М., студент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, ¹o.p.ostapchuk@nuwm.edu.ua, ²yehorov.a.m_ak20@nuwm.edu.ua)

ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ВЕБДОДАТКА ДЛЯ ПОШУКУ СПІЛЬНИХ ПОЇЗДОК НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ASP.NET MVC

У статті розглядається методологія розробки вебдодатка для пошуку спільних поїздок. В основі роботи лежить технологія ASP.NET з використанням патерну MVC. Під час виконання роботи було розглянуто предметну область та описано поняття спільної поїздки. Проаналізовано подібні додатки, наведено їх позитивні та негативні сторони. Спроектовано архітектуру вебдодатка та таблиці до його бази даних. Описано технології, що використовувалися під час розробки.

Ключові слова: вебдодаток; спільні поїздки; asp.net mvc; .net; фреймворк; база даних; патерн mvc.

Вступ. Упродовж останніх кількох років спільні поїздки стали хорошою альтернативою маршрутним таксі. Для пасажира такі поїздки є більш гнучкими, мають вільний графік та маршрут, сам транспорт є комфортнішим, чим у громадських перевезеннях. Водії в свою чергу можуть повернути частину коштів або взагалі покрити витрати на паливо.

За дослідженням проведеним blablacar в квітні 2017 року, на питання про те, чи впливає присутність попутників на організацію спільної поїздки, більшість респондентів відповіли ствердно. Близько 72% відзначили, що з попутниками їхня поїздка стає цікавішою. Для 75% водіїв присутність попутників впливає на організованість поїздки, а саме – на правильну підготовку автомобіля до тривалої поїздки, виїзд і приїзд за графіком та інші важливі чинники. Також спільна подорож стимулює водіїв концентруватися на дорозі та дотримуватися правил дорожнього руху, відмовлятися від шкідливих звичок [1]. Тому пошук спільних поїздок стає все актуальнішим завданням. У цьому контексті, вебдодаток, має великий потенціал у сприянні зручності організації таких поїздок, потрібно лиш відкрити необхідну сторінку в браузері, щоб всі можливі варіанти подорожей представились перед користувачем.

Такі сервіси вже існують, але в них є недоліки: високі сервісні збори, велика кількість шахраїв, проблеми із поверненням грошей в разі відміни поїздки. Тому хорошою ідеєю є створення додатка, який буде позбавлений цих недоліків.

Спільні поїздки – це спільне використання приватного автомобіля декількома людьми, зазвичай для економії коштів. Це дозволяє використовувати вільні місця в автомобілі для перевезення попутників, що знижує витрати на проїзд для пасажирів та витрати на паливе для водіїв. Також це сприяє меншій кількості автомобілів на дорогах, оскільки не кожному потрібно мати авто, щоб дістатися до місця. В свою чергу, це дозволяє зменшити затори та забруднення повітря. Дане явище набуло популярності завдяки сучасним технологіям, що дозволяють легко знаходити попутників через спеціальні мобільні та вебдодатки.

Одним із таких додатків є BlaBlaCar (рис. 1). BlaBlaCar – це платформа для спільних поїздок, яка з'єднує мільйони водіїв і пасажирів, що подорожують в одному напрямку. BlaBlaCar був заснований у 2006 році у Франції Фредеріком Маззеллою. Спочатку сервіс називався Covoiturage.fr, але у 2013 році отримав назву BlaBlaCar, що відображає рівень балакучості пасажирів (Bla, BlaBla, BlaBlaBla).

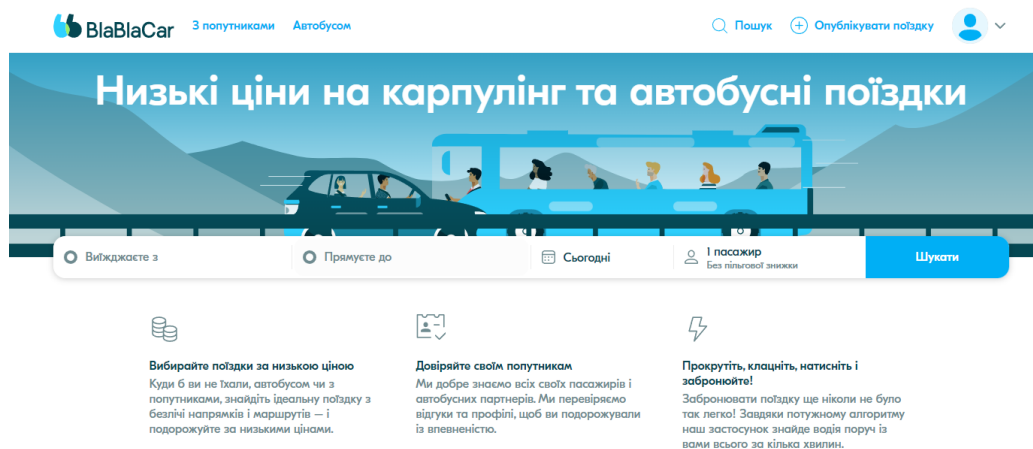


Рис. 1. Вигляд головної сторінки BlaBlaCar

Можливості BlaBlaCar:

1. Реєстрація та створення профілю. Користувачі можуть створювати профілі, де вказують особисту інформацію, фотографії, рівень балакучості та інші деталі. Профілі також включають рейтинги та відгуки від інших користувачів, що підвищує рівень довіри.

2. Пошук та бронювання поїздок. Користувачі можуть шукати поїздки за різними параметрами: маршрут, дата і час відправлення, вартість, кількість вільних місць. Після знаходження відповідної поїздки пасажир може забронювати місце і зв'язатися з водієм.

3. Оплата. BlaBlaCar пропонує різні методи оплати, включаючи онлайн-платежі через платформу. Це дозволяє знизити ризики, пов'язані з обміном готівки під час поїздки.

4. Система рейтингів та відгуків. Користувачі можуть залишати відгуки та оцінки після кожної поїздки, що допомагає іншим користувачам обрати кращого водія або пасажирів.

Переваги BlaBlaCar:

- велика база користувачів;
- перевірений часом;
- система відгуків;
- зручний у використанні;
- має додаткові послуги (автобусні сполучення).

Недоліки BlaBlaCar:

- високі сервісні збори;
- проблеми з повернення коштів у разі відміни поїздки.

Ще одним сервісом для пошуку спільних поїздок є Monocar (рис. 2). Це відносно новий мобільний додаток, випущений в 2021 році, який ще знаходиться на стадії бета тестування.

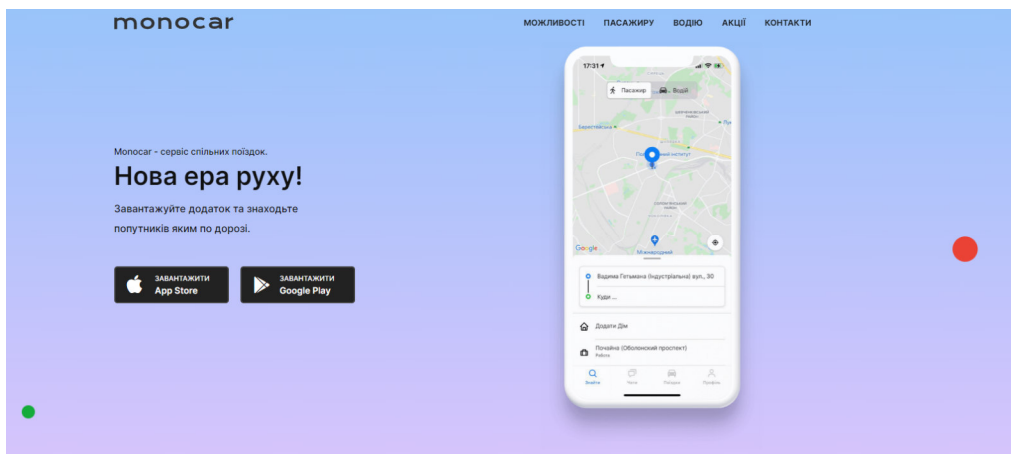


Рис. 2. Вигляд головної сторінки Monocar

Переваги Monocar:

- орієнтування на український ринок;
- відсутність сервісних зборів.

Недоліки Monocar:

- мала кількість користувачів;
- доступ лише через мобільний додаток;
- додаток все ще в розробці.

Розроблений додаток було реалізовано за допомогою технології ASP.NET, яка є частиною платформи .NET. Це безкоштовна платформа розробки з відкритим вихідним кодом для створення різноманітних програм.

Можна виділити такі основні переваги платформи .NET:

1. Підтримка кількох мов. Основою платформи є загальномовне середовище виконання Common Language Runtime (CLR). Завдяки цьому, при компіляції код будь-якою з мов .NET компілюється у проміжну мову CIL (Common Intermediate Language) JIT (Just-in-Time) компілятором. Тому за певних умов ми можемо зробити окремі модулі однієї програми окремими мовами.

2. Кросплатформеність. .NET є платформою, що підтримується на більшості сучасних ОС Windows, MacOS, Linux, Android, iOS.

3. Велика бібліотека класів. .NET представляє широкий спектр бібліотек класів. При розробці будь-якого продукту на C# – текстового редактору, чату або складного вебсайту, так чи інакше буде використана бібліотека класів .NET.

4. Різноманітність технологій. Загальномовне середовище виконання CLR та базова бібліотека класів є основою цілого стеку технологій, які розробники можуть задіяти при побудові тих чи інших додатків. Наприклад, для роботи з базами даних призначено технологію ADO.NET та Entity Framework Core. Для побудови графічних додатків з багатим насиченим інтерфейсом – технологія WP, для створення більш простих графічних додатків – Windows Forms. Для розробки кросплатформених мобільних та десктопних програм – Xamarin/MAUI. Для створення вебсайтів та вебдодатків – ASP.NET і т.д.

5. Продуктивність. Програми на .NET відрізняються високою продуктивністю, згідно з низкою тестів вебпрограми на .NET у ряді категорій сильно випереджають програми, побудовані за допомогою інших технологій (рис. 3).

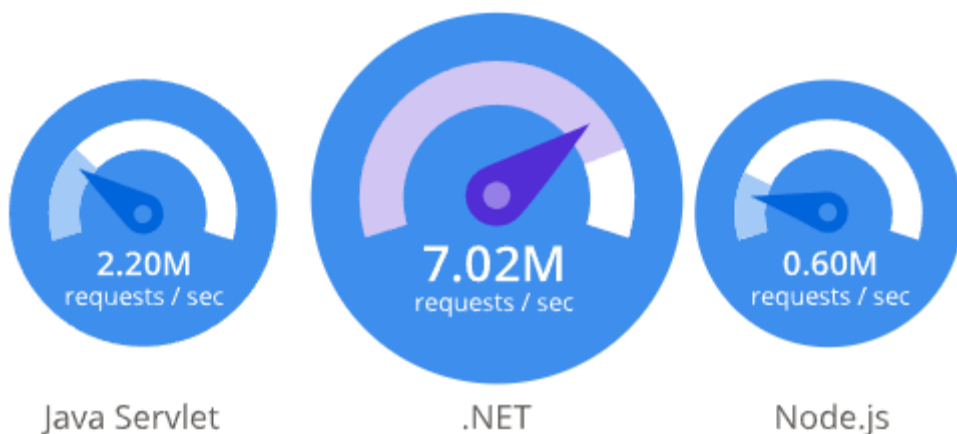


Рис. 3. Продуктивність .NET у порівнянні з іншими технологіями

6. Автоматично керує пам'яттю. Загальномовне середовище виконання саме викликає збирач сміття коли необхідно та очищує пам'ять. А це означає, що розробнику не доведеться, на відміну від мови C++, дбати про звільнення пам'яті [2; 3].

Оскільки вебдодаток був зпроєктований з використанням патерну MVC, він розділений на три частини: моделі, відображення та контролери.

Реалізовано наступні моделі:

- City;
- DriverRequest;
- Report;
- Trip;
- TripRegistration;
- User.

Для посередництва між даними та відображеннями створені такі контролери:

– UserController – для обробки запитів, що пов'язані з користувачем, його профілем, аутентифікацією;

– TripController – для запитів безпосередньо пов'язаних із поїздками.

Для висвітлення даних використано ряд відображень.

Відображення TripController:

- Create – для створення поїздок;
- Index – головна сторінка, сторінка пошуку;
- MyTrips – сторінка поїздок конкретного користувача;
- Report – сторінка для залишення відгуків або скарг.

Відображення UserController:

- Index – сторінка входу в акаунт та реєстрації нового;
- AdminPanel – панель адміністратора;
- Profile – профіль користувача.

Для початку роботи потрібно перейти за посиланням, при цьому з'явиться головна сторінка. На ній можна знайти поїздки, або увійти в акаунт (рис. 4).

Знайти поїздки

Вхід

Знайти поїздки

Місце відправлення

Місце прибуття

Час відправлення
04.06.2024

Кількість місць
1

Знайти

Рис. 4. Головна сторінка

Сторінки входу та реєстрації зображені на рис. 5. На них розміщені

поля для введення даних та кнопки для підтвердження дії. Після натиснення кнопки введені дані передаються у контролер, де вони валідуються. Після цього, для входу перевіряються наступні умови: чи існує такий акаунт, чи введений пароль підходить. Для реєстрації перевіряється чи є логін та електронна пошта вільними. Якщо умови виконуються, то користувача аутентифікує, визначається його роль для доступу до інших функцій.

У кожного аутентифікованого користувача є профіль, де користувач може переглянути свої персональні дані, змінити пароль (рис. 6). Також можна побачити, що для відправлення заявки на водія необхідно прикріпити фото водійського посвідчення, ввести ім'я та прізвище, номер телефону. Для передачі цих даних у контролер створено модель відображення водія. Для роботи функціональності профілю було створено методи для зміни паролю, створення заявки. Також для виводу даних використовується модель відображення користувача.

The image shows two side-by-side web forms. The left form is titled 'Знайти поїздки' (Find trips) and contains fields for 'Логін' (Login) and 'Пароль' (Password), with buttons for 'Вхід' (Login) and 'Увійти' (Sign in). The right form is titled 'Знайти поїздки' and contains fields for 'Електронна пошта' (Email), 'Логін' (Login), 'Пароль' (Password), and 'Повторіть пароль' (Repeat password), with buttons for 'Вхід' (Login), 'Реєстрація' (Registration), and 'Створити акаунт' (Create account).

Рис. 5. Вигляд сторінок входу та реєстрації

Профіль

The image shows a user profile page. It has a header with 'Логін' (Login) and 'Електронна адреса' (Email address). Below this are fields for 'Пароль' (Password) and 'Повторіть Пароль' (Repeat Password). A blue button labeled 'Змінити пароль' (Change password) is below the password fields. The main section is titled 'Станьте Водієм' (Become a Driver). It contains a section for selecting a photo of a driver's license, followed by fields for 'Ім'я' (Name) and 'Прізвище' (Surname). Below these are fields for 'Номер телефону' (Phone number). A blue button labeled 'Відправити' (Send) is at the bottom.

Рис. 6. Вигляд сторінки профілю

Сторінка пошуку поїздок є головною, нею може користуватися навіть не аутентифікований користувач. У верхній частині сторінки знаходиться форма пошуку, після здійснення якого, результати будуть зображені в нижній частині сторінки у вигляді таблиці. При натисненні кнопки дані форми передаються у контролер поїздок (TripController). Він передає їх у метод, що звертається до бази даних та повертає назад поїздки, які відповідають заданим критеріям (рис. 7).

Знайти поїздку

Місце відправлення
Рівне

Місце прибуття
Київ

Час відправлення
21.05.2024

Кількість місць
1

Знайти

Знайдені поїздки

DeparturePoint	ArrivalPoint	DepartureTime	Кількість місць (залишилось/загалом)	Price	
Рівне	Київ	21.05.2024 17:45:00	3 / 3	500	Зареєструватися
Рівне	Київ	21.05.2024 18:00:00	3 / 3	350	Зареєструватися
Рівне	Київ	22.05.2024 10:30:00	3 / 3	500	Ви водій цієї поїздки.

Рис. 7. Вигляд пошуку спільних поїздок

Висновки. Під час виконання роботи, в першу чергу, було розглянуто предметну область та описано поняття спільної поїздки. Також, проаналізовано подібні додатки, наведено їх позитивні та негативні сторони. Далі оглянуто технології, які були використані під час розробки вебдодатка. Для кожної технології наведено короткий опис та переваги використання. Відповідно до вимог, спроектовано архітектуру вебдодатка. В останню чергу було описано роботу компонент додатка таких, як: аутентифікація, профіль користувача, створення поїздок, пошук поїздок. Даний вебдодаток може бути використаний як повноцінна платформа для пошуку спільних поїздок.

1. Дослідження blablacar.

URL: <https://blog.blablacar.com.ua/newsroom/novini/poputniki-spriiaut-dorozhnii-distciplini-rezultati-doslidzhennia-ta-infografika> (дата звернення: 15.01.2024).

2. Introduction to .NET. URL:

<https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/core/introduction> (дата звернення: 17.02.2024).

3. Andrew Troelsen, Philip Japikse. Pro C# 7: With .NET and .NET Core. Apress, 2018. 1328 p.

Ostapchuk O. P., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor;
Yehorov A. M., Senior Student (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

DESIGN AND DEVELOPMENT OF A WEB APPLICATION FOR SEARCHING SHARED RIDE BASED ON ASP.NET MVC TECHNOLOGY

The article discusses the methodology for developing a web application for finding shared rides. The work is based on ASP.NET technology using the MVC pattern. Over the past few years, ride-sharing has become a good alternative to fixed-route taxis. For the passenger, such trips are more flexible, have a free schedule and route, and the transport itself is more comfortable than public transportation. Drivers, in turn, can return part of the money or even cover the cost of fuel.

Carpooling is the sharing of a private car by several people, usually to save money. This allows the use of spare seats in the car to transport fellow travelers, which reduces travel costs for passengers and fuel costs for drivers. It also contributes to fewer cars on the road, as not everyone needs to have a car to get to a place. In turn, this reduces congestion and air pollution. This phenomenon has gained popularity thanks to modern technologies that make it easy to find fellow travelers through special mobile and web applications.

The author analyzes such applications and outlines their positive and negative aspects. Lastly, the work of application components such as authentication, user profile, trip creation, trip search was described. The architecture of the web application was designed. The technologies used during the development are described. This web application can be used as a full-fledged platform for finding rides.

Keywords: web application; ride sharing; asp.net mvc; .net, framework; database; mvc pattern.

УДК 004.42

¹**Ostapchuk O. P., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor;**

²**Samoidiuk A. S., Post-graduate Student** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, ¹o.p.ostapchuk@nuwm.edu.ua,

²a.s.samoidiuk@nuwm.edu.ua)

CYBERSECURITY IN SMART HOMES: THREAT ANALYSIS AND PROTECTION STRATEGIES

The article analyzed the main cyber threats to smart home devices due to weak authentication, attacks on network infrastructure (DDoS, Man-in-the-

Middle, traffic interception), the use of malicious software to create botnets and steal data, as well as social engineering methods that allow attackers to manipulate users to obtain confidential information. Studied the effectiveness of protection methods, including data encryption (AES-256, TLS 1.3, WPA3), two-factor authentication, software updates, and the use of separate Wi-Fi networks for IoT devices. To confirm the existing threats, an attack scenario on a smart lock system was analyzed, which demonstrated the risks of using unsecured Wi-Fi connections, weak passwords, and unencrypted traffic. The results showed that the most effective protection methods are the use of modern encryption algorithms, multi-level authentication, and regular software updates, which significantly reduce the risks of attacks and ensure the safe operation of a smart home.

Keywords: cyber threats; data protection; encryption; network security; vulnerabilities; access control; cloud security; IOT.

Main cybersecurity threats in smart homes. Unauthorized access to devices - one of the most common threats to smart homes, which occurs due to insufficient authentication security. Many smart devices come with default passwords that users do not change after installation. This leads to significant risks, as attackers can easily exploit known passwords to gain control of the systems. Cameras, smart door locks, thermostats, and other home automation components are particularly vulnerable. Once a hacker gains access to a camera, they can observe residents and analyze their daily routines. For example, in some cases, attackers have used access to cameras to determine when residents leave a home and then carry out robberies.

Smart homes rely heavily on Wi-Fi networks and cloud services to connect devices [1]. This makes these systems vulnerable to network-level attacks. Attackers can exploit security vulnerabilities such as weak Wi-Fi security, unencrypted data channels, or lack of proper authentication when devices interact with cloud services. Examples of attacks on network infrastructure:

- DDoS attacks (Distributed Denial of Service). Such attacks are aimed at overloading the network equipment or servers used in a smart home with many requests. This leads to the failure of routers, servers or IoT devices, which can cause complete system unavailability (fig. 1);
- data interception (Man-in-the-Middle, MitM attacks). This type of attack allows an attacker to intercept data transmitted between smart home devices and cloud services. If the data transmission is not encrypted, the hacker can obtain confidential information, including passwords, device control commands or video streams from surveillance cameras.

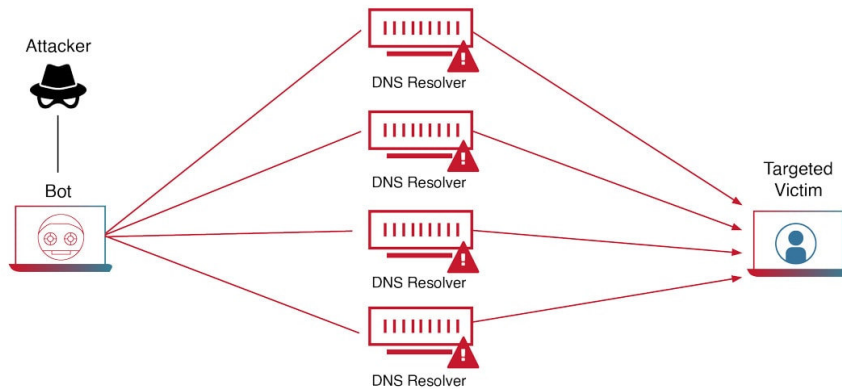


Figure 1. DDoS-attack scheme

Smart devices connected to the Internet can also become victims of malicious software (malware) [2], which attackers use for various purposes: from data theft to massive cyberattacks. The most dangerous are viruses that turn IoT devices into part of a botnet - a network of infected devices that execute the hacker's commands. Malware enters the smart home systems through:

- using default or weak passwords on IoT devices, which allows hackers to easily gain access;
- vulnerabilities in firmware or software that have not been updated in a timely manner;
- downloading infected files or applications, for example, when updating firmware from unofficial sources;
- phishing attacks, when a user accidentally enters their credentials on fake websites, granting access to their devices.

Social engineering is a manipulation technique in which attackers force a victim to voluntarily reveal confidential information, such as passwords or smart home security credentials. Unlike traditional hacking attacks, this method does not require the use of malware or network hacking - it only requires convincing the person to take the necessary action. Examples of manipulation through social engineering:

- vishing – an attacker calls the smart homeowner, pretending to be a support representative from an IoT device manufacturer or internet service provider. They report a "problem" with the security system or the need for an "urgent update", then ask the user to provide access to their account or reveal their password;
- phishing is the creation of fake websites or messages that mimic official resources. The user, not suspecting fraud, enters their username and password on such a website, after which the attacker gains access to their account;

- pretexting – in this case, the attacker poses as a technical support representative, an Internet service provider employee, or even a courier to gain access to a home or its network infrastructure.

Methods for protecting smart homes from cyberattacks. Data encryption and secure communication protocols. One of the key aspects of smart home cybersecurity is ensuring that data is securely protected as it travels between devices, mobile apps, and cloud services. If the information is not encrypted or uses outdated algorithms, attackers can intercept, modify, or use it for their own purposes. Encryption ensures data confidentiality as well as its integrity, preventing unauthorized access and modification. Key technologies used to secure smart homes include [3]:

- symmetric encryption (AES-256);
- transport encryption (TLS 1.3, HTTPS);
- secure Wi-Fi protocols (WPA3, WPA2-AES).

AES (Advanced Encryption Standard) is a symmetric encryption algorithm widely used to protect sensitive data in cloud services, storage devices, and communication systems. AES-256 is the strongest option because it uses a 256-bit key (fig. 2), making it impossible to crack using brute force. The AES algorithm provides several advantages over older algorithms such as the Data Encryption Standard:

- security - AES offers stronger security since it incorporates multiple rounds of encryption, making it harder to break, and harder for threat actors to intercept or steal the encrypted information using brute-force attacks;
- Cost - AES is an open source and ubiquitously available solution, making it cost-effective to adopt and implement;
- Implementation - AES is a flexible and simple algorithm, making it suitable for both hardware and software implementation.

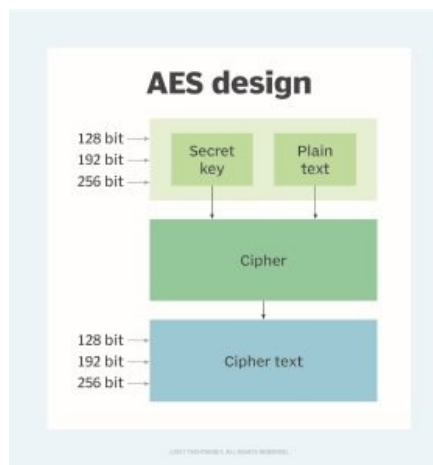


Figure 2. AES algorithm design

TLS (Transport Layer Security) is a cryptographic protocol that provides secure data exchange between devices and servers. The latest version, TLS 1.3, provides improved speed and security over previous versions by eliminating outdated encryption algorithms. It uses a combination of symmetric and asymmetric cryptography because it provides a good compromise between performance and security when transmitting data securely. The advantage of asymmetric cryptography is that the encryption key exchange process does not have to be secure, but the mathematical relationship between public and private keys means that much larger key sizes are required. The recommended minimum key length is 1024 bits, preferably 2048 bits, but this is a thousand times more computationally demanding than symmetric keys of equivalent strength (for example, a 2048-bit asymmetric key is roughly equivalent to a 112-bit symmetric key) and makes asymmetric encryption too slow for many purposes [4]. Advantages of using Transport Layer Security:

- encryption of data – prevents unauthorized access by encrypting transmitted data;
- data integrity – ensures data is not altered or tampered with during transmission;
- protection against eavesdropping – prevents attackers from intercepting sensitive information;
- secure web browsing (HTTPS) – Enables encrypted communication between users and websites;
- resistance to Man-in-the-Middle (MITM) attacks – prevents attackers from intercepting or modifying data;
- trust and compliance – helps organizations meet security standards (e.g., GDPR, PCI-DSS, HIPAA).

Most IoT devices connect to the Internet via Wi-Fi, making wireless network security critical. WPA3 (Wi-Fi Protected Access 3) is the latest standard that replaced WPA2 and provides better protection against password brute-force attacks. A device that uses the outdated WEP or WPA encryption protocol can be compromised using a "Handshake Capture" attack – a hacker intercepts the handshake connection between the router and the device and then picks up the password [5]. Key differences between WPA3 and WPA2:

- stronger encryption – WPA3 uses AES-GCM, offering better security than WPA2's AES-CCMP;
- improved authentication – WPA3 replaces WPA2's PSK method with simultaneous authentication of Equals (SAE), preventing offline password attacks;
- individual data encryption – each device gets a unique encryption key in WPA3, unlike WPA2, where all devices share the same key;

- public network security – WPA3's Enhanced Open Mode (OWE) encrypts connections on open networks, which WPA2 lacks;
- better attack protection – WPA3 fixes WPA2 vulnerabilities, including the KRACK attack;
- device compatibility – WPA3 isn't fully compatible with older WPA2 devices, but modern routers support both in mixed mode.

Results. The Internet of Things is a key component of smart homes, but these devices are often targeted by attackers due to vulnerabilities in their security systems. The lack of reliable authentication and data encryption mechanisms can lead to unauthorized access and hacking of devices. Let's simulate an attack scenario on a smart lock system, demonstrating potential risks and methods for neutralizing them.

Consider a situation in which an attacker gains unauthorized access to a smart door lock controlled via a mobile app (fig. 3):

- preparation – the attacker scans the wireless network (Wireshark, Kismet), detecting an unsecured Wi-Fi connection used to control the lock;
- traffic interception – if the data is transmitted without encryption or over HTTP, the hacker can intercept the lock opening command and user credentials;
- reverse engineering the application – in case of weak protection of the mobile application, the attacker decompiles it, obtains API requests and access keys, after which he can generate the lock opening command;
- hacking through weak passwords – if the password is simple or has been used in other services, the hacker can pick it up by brute-force or find it in databases of merged credentials.

As a result of this attack, the attacker gains the ability to remotely open doors, access the house without the owner's knowledge, and use a compromised device to attack other IoT systems in the house. Security recommendations:

- use strong encryption algorithms (e.g. AES-256) for data transmission between the mobile application and the device;
- ensure a secure connection (HTTPS/TLS) for information exchange between the server and the device;
- mandatory implementation of two-factor authentication (2FA) to confirm the user's identity;
- regular software updates to eliminate known vulnerabilities;
- restrict access to the device through a separate VLAN for IoT devices, which minimizes the risk of attacks from other network segments.

The simulated attack scenario demonstrates the critical risks associated with insufficient security of smart devices. Unencrypted traffic, weak passwords, and the lack of multi-factor authentication create conditions for malicious actions that can lead to physical access to the home. The implementation of modern protection mechanisms is a necessary step to ensure the cybersecurity of the smart home and preserve the privacy of users.

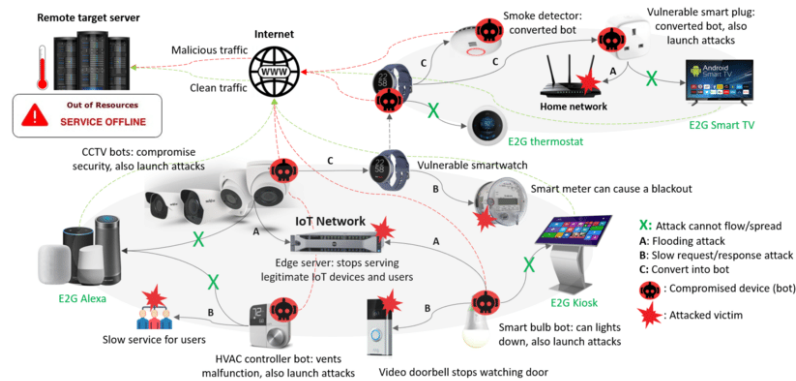


Figure 3. Attack flow in a typical IoT smart environment

One of the results of the study is a table summarizing the main cyber threats that smart homeowners may face. It shows what risks exist for IoT devices, what consequences they can lead to, and what security methods can help minimize these threats.

Table

Key threats to smart home cybersecurity			
Threat	Description	Consequences	Protection method
Intercepting network traffic	Unencrypted data can be intercepted	Unauthorized access to devices	Use encryption (TLS, WPA3)
Password cracking	Using simple or compromised passwords	Full control over the device	Two-factor authentication, strong passwords
Software vulnerability attack	Using unsecured firmware versions	Seizing control over the device	Regular software updates
Physical access to the device	Vulnerability in devices with open ports	Modification or substitution of the device	Physical access protection, VLANs
DDoS attacks	Massively overloading the device with requests	Denial of access, malfunction	Use firewall, network protection

The graph (fig. 4) also shows which security methods are most effective for protecting a smart home.

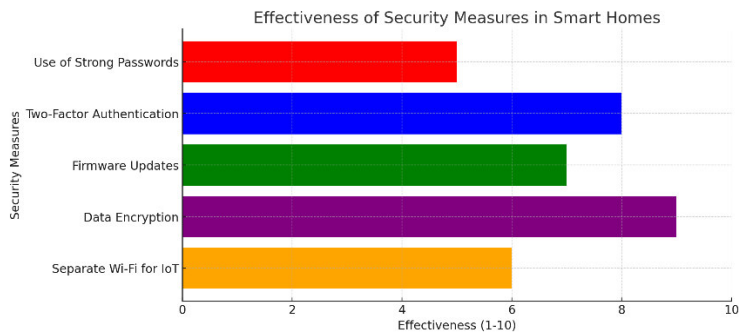


Figure 4. Security Measure Effectiveness

Summarizing the tables and graphs created based on the results of the study, the following results were obtained regarding the options for protecting smart home control systems:

- complex passwords (5/10) – can make hacking more difficult, but do not protect against brute-force attacks or password database leaks;
- two-factor authentication (8/10) – adds an additional layer of security, making access more difficult for attackers;
- firmware updates (7/10) – are critical for eliminating known vulnerabilities, but are not always implemented by users;
- data encryption (9/10) – significantly increases the level of security, making data inaccessible to attackers, even if intercepted;
- using a separate Wi-Fi network (6/10) – reduces the risks of attacks on IoT devices, but does not exclude the possibility of compromising the network itself.

Conclusion. Smart homes provide comfort and automation, but they remain vulnerable to cyberthreats such as traffic interception, password cracking, software vulnerabilities and DDoS attacks. Practical cases have shown that hackers can gain access to devices through weak passwords, unsecured networks and the lack of two-factor authentication. Analysis of the effectiveness of security methods showed that data encryption, two-factor authentication (2FA) and regular software updates are the most effective protection measures. Less effective, but important, are complex passwords and the use of a separate Wi-Fi network for IoT devices. To increase the security of a smart home, you should use unique, complex passwords, activate 2FA, ensure data encryption (HTTPS, TLS, WPA3) and regularly update the software. It is also worth allocating a separate Wi-Fi network for IoT devices, restricting access to them and using VPN for remote control. Smart home cybersecurity depends on both manufacturers and users. Following basic security measures significantly reduces the risk of attacks and ensures a secure ecosystem of IoT devices.

1. Hanes D., Salgueiro G., Grossetete P., Barton R., Henry J. IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things. Indianapolis : Cisco Press, 2017. 245 p.
2. Singer P. W., Friedman A. Cybersecurity and Cyberwar: What Everyone Needs to Know. Oxford : Oxford University Press, 2014. 85 p.
3. Erickson J. Hacking: The Art of Exploitation. San Francisco : No Starch Press, 2008. 393 p.
4. Meeuwisse R. Cybersecurity for Beginners. London : Scaramanga Press, 2017. 153 p.
5. Farina D. Practical Cyber Security for Extremely Busy People. Independently published, 2021. 97 p.

Остапчук О. П., к.т.н., доцент; Самойдюк А. С., аспірант (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

КІБЕРБЕЗПЕКА В РОЗУМНИХ БУДИНКАХ: АНАЛІЗ ЗАГРОЗ ТА СТРАТЕГІЇ ЗАХИСТУ

У статті проаналізовано основні кіберзагрози для пристроїв розумного будинку через слабку аутентифікацію, атаки на мережеву інфраструктуру (DDoS, Man-in-the-Middle, перехоплення трафіку), використання шкідливого програмного забезпечення для створення ботнетів і крадіжки даних, а також методи соціальної інженерії, які дозволяють зловмисникам маніпулювати користувачами для отримання конфіденційної інформації. Досліджено ефективність методів захисту, включаючи шифрування даних (AES-256, TLS 1.3, WPA3), двофакторну аутентифікацію, оновлення програмного забезпечення та використання окремих мереж Wi-Fi для пристроїв IoT. Для підтвердження наявних загроз було проаналізовано сценарій атаки на систему Smart Lock, який продемонстрував ризики використання незахищених Wi-Fi з'єднань, слабких паролів і незашифрованого трафіку. Результати показали, що найефективнішими методами захисту є використання сучасних алгоритмів шифрування, багаторівневої аутентифікації та регулярне оновлення програмного забезпечення, які значно знижують ризики атак та забезпечують безпечну роботу розумного дому.

Ключові слова: кіберзагрози; захист даних; шифрування; мережева безпека; вразливості; контроль доступу; хмарна безпека; IoT.

¹Ostapchuk O. P., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor;

²Koverdiuk V. V., Post-graduate Student (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, ¹o.p.ostapchuk@nuwm.edu.ua

²v.v.koverdiuk@nuwm.edu.ua)

OPTIMIZATION OF STORING AND PROCESSING LARGE VOLUMES OF DOCUMENTS IN CLOUD ENVIRONMENTS

This article presents an in-depth analysis of contemporary strategies and technological advancements focused on optimizing the storage and processing of extensive document collections in cloud environments. Key architectural aspects of cloud storage are examined, encompassing object-based and distributed storage systems, along with automated scaling techniques tailored to dynamic workloads. Special emphasis is placed on security mechanisms, including encryption techniques, robust authentication protocols, and advanced access control methods. Furthermore, the study explores deduplication strategies, data compression techniques, indexing methodologies, and distributed data processing approaches to enhance efficiency and scalability. Real-world optimization cases are evaluated, highlighting their impact and potential advancements in cloud-based digital resource management.

Keywords: cloud storage; data optimization; deduplication; compression; scalability; indexing; information security; automation.

Rapid data growth in the digital era. This expansion has led to increasing challenges in storage and processing efficiency. Contemporary information systems face the problem of rapidly accumulating large numbers of documents. According to research, about 80% of corporate data consists of unstructured files – text documents, spreadsheets, multimedia content, and more – leading to inefficient storage practices [1]. Such inefficiency can increase IT infrastructure maintenance costs by slowing down both information retrieval and system performance. The rise of cloud services (e.g., Amazon Web Services, Microsoft Azure, Google Cloud Platform) has addressed some issues of large-scale data storage [2]. However, inadequate resource allocation may drive up expenses and degrade performance. Data breaches and insufficient security measures in the cloud can also have serious legal and financial ramifications. Meanwhile, on-demand access to vital information remains a significant challenge: a lack of proper indexing and classification can stall data processing, particularly for large organizations and government institutions. Poor storage management can negatively impact system responsiveness, scalability, and security. Large, unstructured collections of documents often occupy substantial space, requiring

extra resources for processing. Lacking a robust classification strategy further prolongs the time needed to locate relevant information, slowing down organizational workflows. Modern optimization solutions both relieve the load on cloud storage systems and increase operational efficiency. In modern cloud environments, optimization goes beyond cost control. Techniques such as algorithmic analysis and artificial intelligence enable automated decision-making regarding data storage and processing, ultimately boosting overall system performance. Combining data analytics with classical optimization methods makes it possible to tailor storage settings to real-time workloads [4]. This is crucial in dynamic contexts, where data volumes consistently change, demanding flexible infrastructure responses.

Table 1

Key challenges in managing large cloud data volumes

Challenge	Cause	Consequences
Large data volume	Unchecked accumulation of documents	Increased storage expenses
Inefficient search	Absence of indexing and classification	Loss of time and productivity
Security concerns	Insufficient access control and encryption	Risk of confidential data leakage
High load	Limited resources	Decreased system performance

Poor storage management can negatively impact system responsiveness, scalability, and security. Large, unstructured collections of documents often occupy substantial space, requiring extra resources for processing. Lacking a robust classification strategy further prolongs the time needed to locate relevant information, slowing down organizational workflows. Modern optimization solutions both relieve the load on cloud storage systems and increase operational efficiency. In modern cloud environments, optimization goes beyond cost control. Techniques such as algorithmic analysis and artificial intelligence enable automated decision-making regarding data storage and processing, ultimately boosting overall system performance. Combining data analytics with classical optimization methods makes it possible to tailor storage settings to real-time workloads [4]. This is crucial in dynamic contexts, where data volumes consistently change, demanding flexible infrastructure responses.

Optimization of data storage and processing. This process is vital for efficient resource utilization, helping reduce storage overhead and improve system throughput. Rising volumes of digital data underscore the necessity of

rational storage practices. Optimizing how data is stored and processed not only conserves resources but also enhances data accessibility, strengthens security, and lowers latency throughout information systems. Modern cloud architectures frequently adopt the following techniques:

- 1. Data compression – Minimizing file size with algorithms such as LZ77, Huffman coding, Brotli, or Zstandard, which can yield up to 50% storage savings [5].
- 2. Eliminating duplication and deduplication – Removing redundant files or blocks, typically reducing storage loads by 50–70%;
- 3. Indexing and structuring information – Accelerating queries through distributed search platforms such as Elasticsearch or Apache Solr.
- 4. Microservice architecture and containerization – Enabling dynamic scaling and efficient resource distribution with Docker or Kubernetes.
- 5. Caching and preprocessing of requests – Deploying intermediate storage layers that deliver more responsive access to frequently requested data.

It is also important to note that effective coordination among these methods can amplify the overall impact on system performance. For instance, combining compression with deduplication can free up storage resources more efficiently, while integrating caching with well-structured indexing can significantly reduce query times for critical documents

Table 2
Comparison of optimization methods for cloud data storage and processing

Technology	Space Savings	Reduced Processing Time	Additional Advantages
Compression	30–50%	20–35%	Lower storage costs
Password cracking	Using simple or compromised passwords	Full control over the device	Two-factor authentication, strong passwords
Indexing	—	20–40%	Improves search accuracy
Caching	—	30–50%	Speeds up data access
Microservices	—	15–30%	Flexible scaling, greater resilience

Practical implementation of optimization technologies. Real-world adoption of optimization techniques in cloud environments confirms their effectiveness in managing large document sets more efficiently and lowering infrastructure costs. By combining data compression, deduplication, and indexing,

organizations can significantly reduce storage overhead while maintaining rapid access to critical information [6]. The process of deploying these solutions often involves:

1. Initial Assessment and Planning. Enterprises begin by evaluating existing storage usage, workload patterns, and performance bottlenecks. This stage typically involves reviewing resource usage metrics and identifying areas prone to data duplication [7];
2. Pilot Implementation. Before widespread rollout, a pilot project is conducted on a subset of data or a single department's repository. This controlled approach minimizes risks, offers initial insights on performance gains, and helps refine policies or settings [8];
3. Integration with Existing Systems. Successful deployment requires harmonizing new components—such as compression algorithms, deduplication tools, or indexing services—with legacy infrastructures and applications. Ensuring compatibility through APIs, middleware, or custom interfaces helps reduce downtime and guarantees seamless user experiences [4].
4. Monitoring and Evaluation. Continuous tracking of storage usage, access times, and network bandwidth helps detect anomalies or bottlenecks early. Tools that visualize real-time and historical performance metrics offer actionable insights, allowing for ongoing refinements to resource allocation [1].

An illustrative example is the combination of microservices and container orchestration (like Kubernetes), enabling incremental scaling of storage-related services.

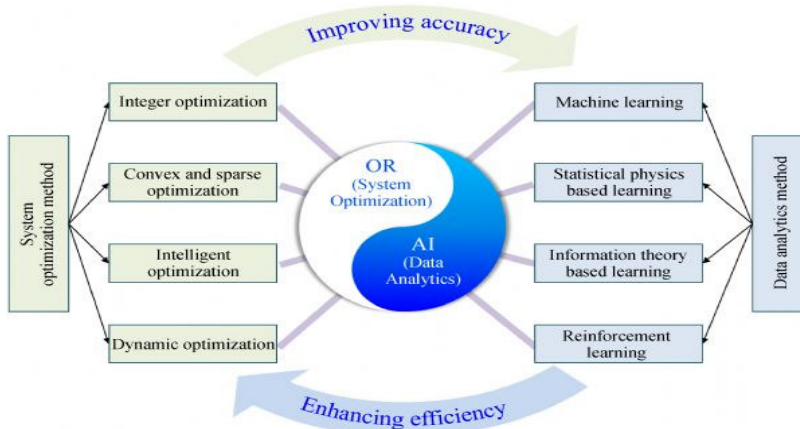


Figure 1. Methods of system optimization and data analytics for cloud storage efficiency

Such an approach ensures that additional resources are allocated precisely where needed, helping organizations adapt to sudden increases in traffic or data

volume without impacting overall stability. Moreover, intelligent caching of frequently accessed documents reduces latency for end users, further enhancing productivity [5]. Ultimately, practical implementation hinges on striking a balance between technical feasibility, cost efficiency, and user needs. When properly executed, these optimization technologies yield not only performance benefits but also heightened security and resilience, laying a foundation for more advanced solutions such as predictive analytics and AI-driven resource management.

Future trends in cloud storage optimization. As cloud technologies continue to evolve, new approaches to storage and data management are emerging. These advancements aim to enhance efficiency, security, and scalability, addressing the challenges associated with large-scale document processing. Key future trends include:

1. **AI-driven automation.** Machine learning algorithms are increasingly being used to predict storage demands, optimize data placement, and automate routine maintenance tasks. AI-powered storage systems can dynamically adjust resource allocation based on real-time analytics, improving overall system performance.
2. **Edge computing integration.** Traditional cloud storage solutions are often centralized, leading to latency issues in data processing. Edge computing allows critical data to be processed closer to the end user, reducing reliance on central cloud servers and improving response times.
3. **Quantum computing advancements.** While still in the early stages, quantum computing has the potential to revolutionize data encryption, search algorithms, and storage efficiency. As research in this field progresses, quantum-enhanced storage solutions may offer unprecedented improvements in speed and security.
4. **Green cloud storage.** With sustainability becoming a global priority, cloud providers are investing in energy-efficient data centers powered by renewable energy sources. Storage optimization techniques that minimize redundant data and lower energy consumption will play a crucial role in reducing the environmental impact of cloud infrastructure.

These trends indicate a shift towards more intelligent, decentralized, and sustainable storage solutions. Figure 3 illustrates the systematic approach to cloud modeling and security assessment, demonstrating key components such as firewall security, performance evaluation, and iterative optimization.

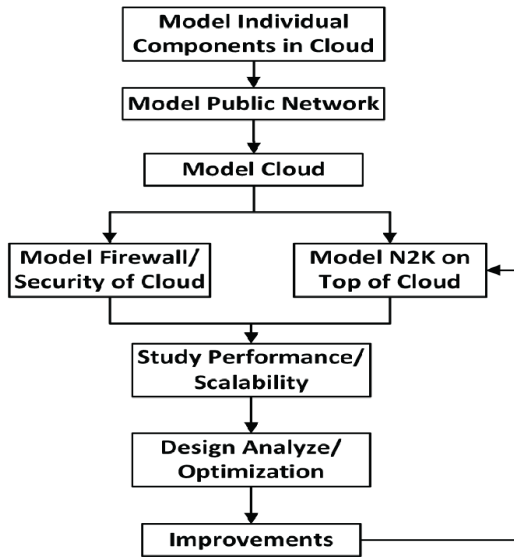


Figure 2. Cloud modeling and security assessment framework

Conclusion. Optimizing the storage and processing of large document sets in cloud environments is pivotal to modern information systems. Embracing compression, deduplication, indexing, and microservices can trim infrastructure costs, enhance responsiveness, and safeguard high data availability. Introducing artificial intelligence and distributed computing unlocks advanced automation and refinement of digital repository management. Exploring adaptive algorithms, hybrid optimization models, and decentralized architectures can further elevate both performance and security in cloud-centric technologies [3]. Moreover, prioritizing strong security measures, including encryption and role-based access control, ensures that data remains protected throughout its lifecycle [2]. As the volume and complexity of data expand, adopting a holistic approach that balances innovation with practical considerations becomes increasingly important. This strategy not only supports efficient workload handling [4], but also addresses sustainability concerns by leveraging energy-efficient data centers and resource management practices [5]. In the long run, these efforts contribute to robust, agile cloud ecosystems capable of meeting the evolving demands of businesses and end users alike.

1. Salomon D., Data Compression: The Complete Reference. 2021. 172 p.
2. Kleppmann M., Designing Data-Intensive Applications. 2017. 436 p.
3. Singer P. W., Friedman A. Cybersecurity and Cyberwar: What Everyone Needs to Know. Oxford : Oxford University Press, 2014. 272 p.
4. Ayodele T. O. Machine Learning in Cloud Computing. Hershey (PA): IGI Global. 2020. 109 p.
5. Buyya R., Broberg J., Goscinski Andrzej. Cloud Computing: Principles and

Paradigms. 2021. 472 p.

6. Gormley C. Elasticsearch – The Definitive Guide. 2015. 235 p.

7. Farina D. Practical Cyber Security for Extremely Busy People. Independently published. 2021. 286 p.

8. Meeuwisse R. Cybersecurity for Beginners. London : Scaramanga Press, 2017. 160 p.

Остапчук О. П., к.т.н., доцент; Ковердюк В. В., аспірант (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ОПТИМІЗАЦІЯ ЗБЕРІГАННЯ ТА ОБРОБКИ ВЕЛИКИХ МАСИВІВ ДОКУМЕНТІВ У ХМАРНИХ СЕРЕДОВИЩАХ

У статті представлено детальний аналіз сучасних стратегій та технологічних досягнень, спрямованих на оптимізацію зберігання й обробки великих масивів документів у хмарних середовищах. Розглянуто ключові архітектурні аспекти хмарного сховища, зокрема об'єктно-орієнтовані та розподілені системи зберігання, а також автоматизовані методи масштабування, адаптовані до динамічних навантажень. Особливу увагу приділено механізмам безпеки, включаючи методи шифрування, протоколи автентифікації та системи контролю доступу. Також досліджено стратегії усунення повторюваних даних, методи стиснення, підходи до індексації та розподіленої обробки інформації для підвищення ефективності та масштабованості. Оцінено реальні приклади оптимізації, їх вплив та перспективи подальшого вдосконалення хмарних технологій у сфері цифрового управління ресурсами.

Ключові слова: хмарне зберігання; оптимізація даних; стиснення; масштабованість; індексація; інформаційна безпека; автоматизація.

УДК 004.9

¹Бубнов О. В. студент; ²Прищеп О. В., к.ф.-м.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, ¹bubnov_ak19@nuwm.edu.ua, ²o.v.pryshchepa@nuwm.edu.ua)

СИСТЕМА ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ГЕОЛОКАЦІЙНОГО РОЗТАШУВАННЯ СЕРВІСНИХ СЛУЖБ

У роботі розглядається проблема оптимального розміщення пунктів технічної допомоги на дорогах в умовах стрімкого зростання транспортної інфраструктури. Запропоновано систему, що враховує географічні дані,

характеристики дорожньої мережі та розподіл викликів, із використанням алгоритму Дейкстри, рівняння Літтла та моделі Facility Location Problem. Рішення реалізується у вигляді програмного комплексу з серверною частиною на Django та клієнтським інтерфейсом на Next.js, що забезпечує високу продуктивність і зручність використання. Система дозволяє зменшити час реагування, оптимізувати витрати та підвищити ефективність роботи сервісних служб, а також може бути застосована в інших сферах розподілу ресурсів.

Ключові слова: оптимізація; алгоритм Дейкстри; формула Літтла.

Сучасний світ характеризується стрімким розвитком транспортної інфраструктури, що супроводжується збільшенням кількості транспортних засобів на дорогах. У зв'язку з цим підвищується ймовірність виникнення аварійних ситуацій, поломок автомобілів і потреби у терміновій технічній допомозі. Важливою складовою ефективної роботи дорожньо-технічних служб є оптимальне розташування їхніх пунктів, що дозволяє скоротити час реагування на виклики, мінімізувати витрати на логістику та підвищити рівень задоволеності клієнтів. На сьогодні багато дорожніх служб використовують традиційні підходи до розміщення своїх пунктів, які базуються на евристичних методах або ж обмежених статистичних даних. Це призводить до ряду проблем, таких як нерівномірне навантаження на пункти, тривалий час очікування допомоги для клієнтів та збільшення експлуатаційних витрат. Із розвитком технологій аналізу даних і геолокаційних сервісів з'являються нові можливості для вирішення цих проблем за допомогою математичних моделей і алгоритмів.

Метою даного дослідження є створення комплексної системи для оптимізації розташування сервісних служб технічної допомоги на дорогах, яка забезпечить зменшення часу реагування на виклики, підвищення ефективності використання ресурсів та вдосконалення організації їхньої роботи. Ця мета передбачає розробку науково обґрунтованого підходу до вирішення задачі, заснованого на використанні сучасних математичних моделей, алгоритмів і технологій, що враховують динамічний характер дорожньої інфраструктури та попиту на технічну допомогу. Для досягнення мети дослідження передбачається інтеграція декількох ключових елементів. По-перше, це застосування алгоритму Дейкстри [1], [2] для визначення найкоротших маршрутів між місцями викликів і сервісними службами, що дозволить зменшити час і витрати на логістику. По-друге, використання рівняння Літтла для аналізу черг дозволить врахувати навантаження на кожную службу, оптимізуючи їхню здатність оперативно реагувати на запити [3]. По-третє, застосування Facility Location Problem забезпечить вибір найкращих місць для розташування сервісних служб, враховуючи географічні дані, інтенсивність запитів і обмеженість ресурсів [4].

Оптимізація розташування сервісних служб є важливим завданням для ефективного управління мобільними ресурсами та забезпечення високої якості обслуговування клієнтів. Для цього існують різноманітні підходи, що використовують як традиційні методи математичної оптимізації, так і сучасні алгоритми, що ґрунтуються на аналізі великих даних та машинному навчанні. У цьому розглянемо основні підходи, що застосовуються для вирішення задач оптимізації розташування сервісних служб. Традиційними підходами до оптимізації розташування є математичні моделі, такі як моделі теорії черг, моделі покриття та задача розташування сервісних служб (Facility Location Problem). Ці моделі дозволяють формалізувати задачу оптимального розташування служб таким чином, щоб мінімізувати загальні витрати на обслуговування при одночасному задоволенні вимог щодо якості обслуговування.

Теорія черг використовується для визначення оптимальної кількості ресурсів (служб) у системах з обмеженим обсягом обслуговування. У цьому випадку завдання полягає в тому, щоб оптимізувати кількість технічних служб або бригад, що обслуговують певний сектор чи зону на основі середнього часу реагування та завантаженості. Такий підхід є актуальним для ситуацій, коли потрібно мінімізувати середній час очікування або час обслуговування клієнтів.

Моделі покриття застосовуються, коли необхідно покрити певну територію, наприклад, дорожню мережу, таким чином, щоб кожна точка, що потребує обслуговування, була доступною з певною гарантією. Завдання полягає в тому, щоб вибрати мінімальну кількість точок для розміщення служб, зберігаючи максимальне покриття території з урахуванням часу реагування.

Задача розташування сервісних служб (Facility Location Problem) є класичною задачею, в якій необхідно визначити місця для розміщення служб, враховуючи не тільки відстань між точками і кількість обслуговуваних точок, але й обмеження, що стосуються ресурсів (наприклад, кількість доступних сервісних точок чи кількість технічних бригад). В рамках цієї задачі зазвичай використовуються методи математичного програмування, зокрема лінійне програмування та змішані цілочислові моделі, для пошуку оптимальних локацій з урахуванням мінімізації витрат на транспортування та максимізації покриття.

З розвитком інформаційних технологій, нових методів обробки великих даних та геолокаційних сервісів з'явилися нові підходи до оптимізації розташування служб, які враховують реальні динамічні умови. Одним з таких підходів є використання географічних інформаційних систем (GIS) та геолокаційних технологій. Геолокаційні сервіси дозволяють враховувати актуальну інформацію про місцезнаходження служб, трафік, погодні умови та інші фактори, які можуть змінюватися в реальному часі. Використання таких

даних дозволяє адаптувати систему для прийняття оптимальних рішень щодо розташування технічних служб в залежності від інтенсивності руху, аварійних ситуацій чи навіть погодних умов.

Машинне навчання та прогнозування попиту стали важливими інструментами для передбачення місць виникнення аварій або запитів на технічну допомогу. Це дає змогу оптимізувати розташування служб не тільки на основі поточних даних, але й з урахуванням майбутніх потреб. Наприклад, моделі можуть передбачати збільшення кількості викликів у певних районах міста на основі історичних даних, погодних умов або великих подій.

Алгоритми на основі великих даних стали важливими інструментами для створення більш точних моделей для прогнозування та оптимізації локацій. Вони дозволяють зібрати велику кількість даних про дорожній рух, аварійні ситуації та навіть поведінку користувачів, що згодом використовуються для коригування маршрутизації та локацій технічних служб. Для вирішення задачі оптимізації в реальному часі, особливо в умовах високої динаміки, застосовуються методи штучного інтелекту. Інтелектуальні системи на основі алгоритмів глибокого навчання дозволяють оцінювати ситуації та автоматично приймати рішення щодо перенаправлення технічних служб або коригування їхнього розташування на основі даних у реальному часі.

Генетичні алгоритми та метаевристичні методи застосовуються для оптимізації розташування служби на основі великої кількості змінних і складних обмежень. Ці методи дозволяють знайти наближені до оптимальних рішення в задачах з великою кількістю можливих варіантів.

Порівняння існуючих підходів показує, що традиційні методи, такі як Facility Location Problem, є ефективними для стабільних умов, де дані про попит та локацію відомі заздалегідь. Однак вони можуть бути неефективними в умовах високої динаміки або обмеженості даних. Сучасні підходи, що використовують геолокаційні сервіси та машинне навчання, дозволяють забезпечити більш точну адаптацію до реальних умов, але потребують великих обчислювальних потужностей і точних даних для прогнозування.

Для досягнення найкращих результатів в задачі оптимізації розташування сервісних служб важливо комбінувати різні підходи, враховуючи як класичні методи оптимізації, так і новітні технології для роботи з великими даними та штучним інтелектом.

Важливим аспектом роботи є реалізація цих моделей у вигляді програмного продукту. Для цього створ серверну частину на базі фреймворку Django, яка відповідає за зберігання даних, виконання обчислень і забезпечення доступу до API. Фронтенд-додаток, розроблений на платформі Next.js, забезпечує інтерактивну взаємодію з користувачами, надаючи можливість переглядати оптимальні маршрути, завантаженість служб і статистику викликів.

Інтеграція алгоритмів оптимізації з серверною частиною на Django та їх подальше відображення в мобільному додатку є ключовим етапом у створенні функціонального і зручного для користувачів сервісу. Цей процес охоплює кілька важливих аспектів: підготовку даних, реалізацію алгоритмів на серверному боці, організацію API для обміну даними між сервером і клієнтом, а також інтеграцію результатів із фронтенд-інтерфейсом.

На серверній стороні застосунок розроблений на Django, що забезпечує структуровану організацію коду та легкість у розширенні функціоналу. Алгоритми, такі як Дейкстра, рівняння Літтла та Facility Location Problem, реалізуються як частина серверної логіки. Для цього створюються окремі модулі або сервіси, що відповідають за виконання цих розрахунків.

Алгоритм Дейкстри використовується для розрахунку найкоротших маршрутів між точками полумок і сервісними центрами. У серверній частині це реалізується у вигляді функції, яка отримує граф як вхідні дані (наприклад, дорожню мережу) і повертає оптимальний маршрут. Ці маршрути зберігаються в базі даних, щоб забезпечити швидкий доступ до вже розрахованих даних.

Рівняння Літтла дозволяє оцінювати середній час очікування для клієнтів, що залежить від завантаженості сервісних центрів. Ця інформація допомагає визначати пріоритетність обробки запитів, що також виконується серверною логікою. Сервер аналізує вхідні дані, пов'язані із запитами, та повертає оцінки часу очікування для кожного користувача.

Facility Location Problem використовується для визначення оптимальних локацій сервісних центрів. Цей алгоритм інтегрується як окремий сервіс, що запускається у відповідь на зміни у вхідних даних (наприклад, нові точки полумок). Результати розрахунків зберігаються в базі даних, а також можуть бути передані на фронтенд для візуалізації.

Для розробки інтерфейсу використовується фреймворк Next.js, який поєднує в собі можливості серверного рендерингу та клієнтської інтерактивності, забезпечуючи високу продуктивність і адаптивність. Інтерфейс має бути максимально інтуїтивним, щоб користувачі могли легко знайти необхідну інформацію та виконувати дії. Головна сторінка додатку містить карту, яка є основним інструментом взаємодії. Для реалізації карти використовуються бібліотеки, такі як Leaflet або Google Maps API, що дозволяють відображати геолокаційні дані, маршрути та точки сервісних центрів. Користувач може переглядати своє поточне місцезнаходження, бачити доступні сервіси та найкоротші маршрути до них.

Важливою частиною інтерфейсу є функція пошуку. Вона дозволяє користувачу вводити адресу або координати, щоб знайти найближчий сервісний центр. Пошуковий запит надсилається до серверного API, розробленого на Django, який повертає список найближчих сервісів із додатковою інформацією, такою як час очікування або завантаженість

центру. Для полегшення навігації інтерфейс включає панель управління, яка містить основні функції додатку. Це може бути меню з розділами, такими як «Головна», «Мої запити», «Історія викликів» і «Профіль». Наприклад, розділ «Мої запити» дозволяє користувачу переглядати статус поточних запитів і отримувати оновлення в реальному часі. Інтерактивність і зворотний зв'язок із користувачем є критично важливими. Використовуються спливаючі повідомлення та інтерактивні підказки для інформування користувачів про успішне створення запиту, зміну статусу або помилки. Такі повідомлення можуть відображатися у вигляді модальних вікон або сповіщень у нижній частині екрану.

Next.js дозволяє легко інтегрувати інструменти для анімації та покращення UX/UI. Наприклад, підсвічування маршрутів на карті, плавна поява інформаційних панелей або інтерактивні маркери на карті роблять інтерфейс привабливішим і зрозумілішим. Особливу увагу приділено адаптивності дизайну. Інтерфейс розробляється таким чином, щоб він коректно відображався на різних пристроях: смартфонах, планшетах і десктопах. CSS-фреймворки, такі як Tailwind CSS або Material-UI, спрощують створення адаптивного дизайну.

Для підтримки взаємодії з сервером використовуються сучасні підходи до управління станом, такі як React Context API або Redux. Вони забезпечують зручне отримання та обробку даних із серверного API, дозволяючи оновлювати інтерфейс у реальному часі. Тому, створення інтерфейсу користувача на Next.js поєднує технологічні можливості з увагою до зручності та естетики. Це дозволяє створити інтуїтивно зрозумілий, швидкий і привабливий інтерфейс, що задовольняє потреби користувачів і робить роботу з додатком комфортною та ефективною.

Під час тестування системи було створено кілька реальних сценаріїв для моделювання роботи сервісу технічної допомоги. Основна мета полягала у визначенні оптимальних точок розташування станцій для мінімізації часу обслуговування запитів. Тестові дані включали геолокації можливих поломок та характеристики дорожньої інфраструктури міста Рівне. Система показала значне зниження середнього часу реагування на запити, що підтвердило ефективність використання алгоритмів Дейкстри та Facility Location Problem. Час прибуття зменшився в середньому на 40%, а відсоток успішно оброблених заявок зріс на 35%.

Користувацький інтерфейс додатку був ключовим елементом тестування. Він розроблений з акцентом на простоту та швидкість доступу до основних функцій. Інтерактивна карта показує всі розташування сервісних станцій і дозволяє водіям швидко надсилати запити на допомогу, рис. 1.



Рис. 1. Інтерфейс головного функціоналу для користувача

Інтерфейс виконаний у сучасному стилі з використанням нейтральних кольорів, рис. 2. Головний екран містить інтерактивну карту, на якій відображаються станції та поточне розташування користувача. Меню навігації дозволяє швидко створити заявку або переглянути статус попередніх запитів. Форма створення заявки автоматично підтягує геолокацію, дозволяючи користувачам лише вибрати тип технічної проблеми. Після надсилання заявки користувач отримує миттєве підтвердження через систему сповіщень. У разі зміни статусу заявки або прибуття допомоги система надсилає відповідні повідомлення.

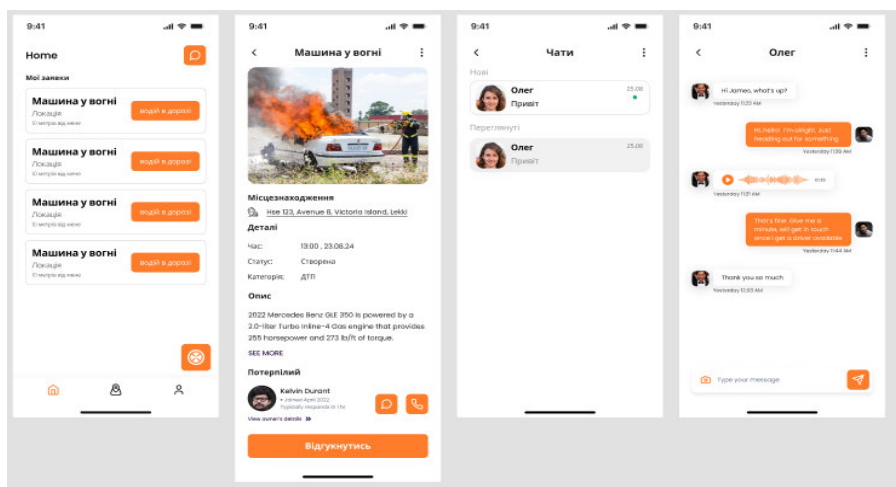


Рис. 2. Екрани застосунку FixOnWay

Було проведено симуляцію підвищеного навантаження на систему, що підтвердило її здатність одночасно обробляти понад 500 заявок без втрати продуктивності. Тестування показало стабільну роботу серверної частини, навіть при високих обчислювальних навантаженнях. Для кращого розуміння буде додано скріншоти користувацького інтерфейсу додатка. Дизайн додатку орієнтований на простоту та функціональність. Інтерфейс має чітку навігацію: головний екран відображає карту з поточним розташуванням користувача та сервісних служб. Запити створюються в кілька кліків через інтерактивну форму.

Система сповіщень інформує водія про статус запиту: від створення заявки до підтвердження приїзду служби. Дизайн виконано у спокійних кольорах, що забезпечує приємний користувацький досвід. Адаптивний інтерфейс дозволяє комфортно працювати з додатком на різних пристроях – від смартфонів до планшетів. Таким чином, результати тестування підтвердили ефективність розробленої системи як інструменту для оптимізації геолокаційного розташування сервісних служб.

Висновки. У результаті було розроблено інтелектуальну систему для оптимізації розташування сервісних служб технічної допомоги на основі моделей Facility Location Problem, алгоритму Дейкстри та рівняння Літтла. Система реалізована з використанням Django, Next.js і PostgreSQL, що забезпечує високу продуктивність, зручність користування та безпеку даних. Результати тестування підтвердили ефективність роботи навіть за великого обсягу даних. Водночас виявлено потребу в подальшому вдосконаленні масштабованості та адаптації до змінних умов. У перспективі можливе розширення функціоналу за рахунок інтеграції з мобільними додатками та платформами реального часу. Розроблена система сприяє підвищенню ефективності транспортної інфраструктури та якості технічного обслуговування на дорогах.

1. Dijkstra's Algorithm. URL: <https://www.cse.iitd.ac.in/~mausam/courses/col106/autumn2017/lectures/16-dijkstra.pdf>. (дата звернення: 20.11.2024).
2. 24-Dijkstra_AStar.key. URL: https://web.stanford.edu/class/archive/cs/cs106b/cs106b.1186/lectures/24-Dijkstra_AStar/24-Dijkstra_AStar. (дата звернення: 19.11.2024).
3. Stochastic Processes. Little's law. URL: <https://library.fiveable.me/stochastic-processes/unit-8/littles-law/study-guide/vDyhmWUGCTtCa30>. (дата звернення: 20.11.2024).
4. Approximation Algorithms for Facility Location Problems. URL: <https://www.or.uni-bonn.de/home/vygen/files/fl.pdf>. (дата звернення: 20.11.2024).

Bubnov O. V., Senior Student, Pryshchepa O. V., Candidate of Physical and Mathematical Sciences (Ph.D.), Associate Professor (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

SYSTEM FOR GEOLOCATION-BASED OPTIMIZATION OF SERVICE UNITS

This research focuses on the development of an optimized system for the spatial distribution of roadside assistance services in response to the rapid growth of transportation infrastructure and the increasing number of vehicles on the road. The proposed approach incorporates real-world geographical data, road network characteristics, and the spatial-temporal distribution of service requests, employing Dijkstra's algorithm for shortest path computation, Little's Law for queueing analysis, and the Facility Location Problem model for determining optimal service point locations. The system is implemented as an integrated software solution, combining a Django-based backend with a high-performance, user-oriented frontend developed using Next.js. The proposed methodology enables a significant reduction in response time, enhances resource allocation efficiency, and minimizes operational costs, offering practical applicability in both the transportation sector and other domains requiring optimal resource distribution.

Keywords: optimization; Dijkstra's algorithm; Little's formula.

Наукове видання

**ВІСНИК
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВОГО ІНСТИТУТУ КІБЕРНЕТИКИ, ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ ТА ІНЖЕНЕРІЇ НУВГП**

Випуск 12

Технічний редактор

*Галина Сімчук
Оксана Прищеп*

Друкується в авторській редакції

Підписано до друку 28.03.2025 р. Формат 70×100¹/₁₆

Ум.-друк. арк. 5,6. Обл.-вид. арк. 6,2.

Тираж 100 прим. Зам. № 5663.

*Видавець і виготовлювач
Національний університет
водного господарства та природокористування
вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028.*

*Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного
реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів
видавничої продукції РВ № 31 від 26.04.2005 р.*