

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

# СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ НАУКОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИКИ

Матеріали XXI Міжнародної  
науково-практичної конференції  
молодих вчених і студентів  
м. Київ, 23–26 квітня 2024 року

ТОМ 2



Київ- 2024

УДК 620.9(062)+621.311(062)

C91

**Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики.** У 2-х т. : Матеріали XXI Міжнар. наук.-практ. конф. молод. вчених і студ., м. Київ, 23–26 квіт. 2024 р. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2024. – Т. 2. – 312 с.

**ISBN 978-966-990-111-8(Заг.)**

**ISBN 978-966-990-113-2(Т. 2)**

Подано тези доповідей XXI Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики» за напрямками: автоматизація теплоенергетичних процесів, аспекти розвитку інженерії програмного забезпечення в енергетиці, комп'ютерний еколого-економічний моніторинг та геометричне моделювання процесів і систем, інформаційні технології та комп'ютерне моделювання.

**Головний редактор**

Є.М. Письменний, д-р техн. наук, проф.

**Заступник головного редактора**

Я.Є. Трокоз, завідувач Науково-дослідної (експериментальної) лабораторії процесів в енергетичному обладнанні

**Редакційна колегія:**

О.Ю. Черноусенко, д-р техн. наук, проф.

Н.М. Аушева, д-р техн. наук, проф.

О.В. Коваль, д-р техн. наук, доц.

В.О. Туз, д-р техн. наук, проф.

В.А. Волошук, д-р техн. наук, проф.

П.О. Барабаш, канд. техн. наук, доц.

П.П. Меренгер, ст. викл.

П.В. Новіков, канд. техн. наук, доц.

А.А. Демчишин, канд. техн. наук, доц.

І.А. Остапенко, асист.

Д.О. Федоров, асист.

Т.Б. Бібік, канд. техн. наук, ст. викл.

М.В. Воробйов, канд. техн. наук, доц.

Є.С. Алексеїк, ст. наук. співроб.

Н.В. Федорова, д-р техн. наук, проф.

Н.О. Притула, канд. техн. наук, доц.

**Відповідальний секретар**

О.В. Авдєєва.

*Друкується в авторській редакції за рішенням Вченої ради Навчально-наукового інституту атомної та теплової енергетики Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
(протокол № 9 від 25 березня 2024 р.)*

ISBN 978-966-990-111-8(Заг.) © Автори тез доповідей, 2024

ISBN 978-966-990-113-2(Т. 2) © КПІ ім. Ігоря Сікорського (НН ІАТЕ), 2024

СЕКЦІЯ №7

**Автоматизація  
теплоенергетичних  
процесів**

<sup>1</sup> Аспірант 1 курсу Геращенко О.О.

<sup>1</sup> Доц., к.т.н. Новіков П.В.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=biglE98AAAAJ&hl=en>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## PHARMA 4.0 ДЛЯ КОНДЕНСАЦІЙНОГО ТЕПЛООБМІННИКА СИСТЕМИ ЧИСТИХ СЕРЕДОВИЩ ФАРМАЦЕВТИЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

**Постановка проблеми та її актуальність.** Фармацевтична промисловість у всьому світі розвивається дуже швидко, особливо після епідемії COVID-19. Зважаючи на дуже строгі умови виробництва ліків [1], в цій галузі необхідно тримати баланс між нововведеннями для розвитку та регуляторною відповідністю, через що інноваційні процеси зазвичай затягуються на більш довгий час. Беручи до уваги також те, що підприємства виробництва ліків вже мають ефективну виробничу базу, нові технології мають бути націлені на покращення та підвищення ефективності вже існуючих підходів виробництва. Однією з найважливіших та критичних складових виготовлення продукту в цій галузі є система чистих середовищ. Саме тому доцільно розглянути можливі покращення систем подачі та розподілення чистих середовищ та систем мікроклімату.

**Аналіз останніх досліджень.** Останні дослідження в сфері інновацій фармацевтичної галузі стосуються концепту Pharma 4.0., що концентрується на цифровій трансформації та впровадженні передових технологій Industry 4.0 для поліпшення всіх аспектів фармацевтичного виробництва, включаючи дослідження та розробку, виробництво, контроль якості, логістику та дистрибуцію. Ключові аспекти Pharma 4.0 включають в себе використання штучного інтелекту, аналітики даних, Інтернету речей (IoT), блокчейну технологію, цифрові двійники та інші інноваційні інструменти [2] Ці технології дозволяють підвищити ефективність виробництва, покращити якість продукції, знизити витрати, підвищити безпеку та забезпечити швидку реакцію на зміни в ринкових умовах або регуляторних вимогах.

**Формулювання мети.** Для покращення ефективності систем чистих середовищ можна використовувати безліч технологічних методів, що вже широко відомі в рамках інноваційних рішень Industry 4.0. Одне з найбільш перспективних напрямлень це системи мікроклімату.

**Основна частина.** Технологічний процес чистих приміщень включає два напрямки: системи мікроклімату і системи чистих середовищ.

Чисті середовища поділяються на системи подачі та розподілення води очищеної, води для ін'єкцій та чистої пари. Процеси очищення та виробництва середовищ складаються з декількох етапів, кожен з яких спрямований на видалення певних типів забруднень або мікроорганізмів. Процеси, що пов'язані з цим етапом, перелічені нижче.

Вода Очищена (Purified Water) проходить попереднє очищення що починається з фільтрування для видалення великих часток та осаду. Далі вода пом'якшується для видалення іонів кальцію та магнію через процес іонообміну або використання осмотичних технологій, для видалення органічних забруднювачів, хлору та хлорорганічних сполук використовується активоване вугілля. Обернений осмос - центральний етап, на якому видаляється більшість розчинених твердих речовин, мікроорганізми та пірогени, після чого вода проходить деіонізацію або електродеіонізація для додаткового видалення іонів для досягнення високого рівня чистоти. Кінцева стадія – фільтрація, яка забезпечує видалення залишкових мікроорганізмів через мікрофільтри.

Вода для Ін'єкцій (Water for Injection, WFI) зазвичай виробляється методом дистиляції, який забезпечує високий рівень чистоти та видалення пірогенів. Дистиляція - це

основний метод виробництва WFI, що включає випаровування та подальшу конденсацію води, для видалення нерозчинних забруднювачів, мікроорганізмів і пірогенів. WFI має зберігатися та транспортуватися в умовах, які запобігають забрудненню та росту мікроорганізмів.

Чиста Пара (Clean Steam) виробляється з очищеної води або WFI за допомогою парогенератора, який забезпечує високу температуру та тиск. Чиста пара застосовується для стерилізації обладнання, контейнерів, приміщень та для видалення пірогенів з поверхонь, які контактують з лікарськими препаратами. Для контролю якості важливо забезпечити, що чиста пара не містить мікроорганізмів, органічних речовин чи інших забруднювачів.

Технологічний процес підготовки мікроклімату чистих приміщень складається з декількох етапів. Окрім регулювання температури та вологості за допомогою систем вентиляції, а також фільтрації, де для забезпечення чистого повітря система може використовувати фільтри для видалення пилу, алергенів, бактерій та інших забруднювачів, варто виділити також деякі інші важливі аспекти.

Перший з них це контроль якості повітря. Після фільтрації система має обов'язково проводити перевірку якості повітря, щоб переконатися, що вона відповідає нормам безпеки і здоров'я. Зазвичай цього досягають за допомогою систем аналізу часток.

Другий важливий нюанс це автоматизація, моніторинг та аналіз процесу. Більшість сучасних систем чистих середовищ мають функції автоматизації та дистанційного управління, що дозволяє системі адаптуватися до змінних умов і вимог користувачів. Системи також надають можливість постійного моніторингу параметрів мікроклімату: температури, вологості, швидкості потоку повітря, концентрації шкідливих речовин тощо. Дані з цих моніторів аналізуються для визначення поточного стану мікроклімату.

З описаного вище видно, що для процесу підтримання мікроклімату часто в ролі теплообмінника використовується вода, яка також є основним продуктом систем чистих середовищ. Поєднати ці два процеси можна за допомогою конденсаційних теплообмінників.

Конденсація в теплообмінниках — це не лише передача тепла, а й відновлення енергії. Коли пара конденсується у воду, в процесі перетворення з газу в рідину виділяється значна кількість енергії. Уловлювання цього тепла може підвищити ефективність процесу рекуперації. Відпрацьований конденсат зазвичай відводиться в ємність за допомогою клапану. Будова конденсаційного теплообміннику зі збором конденсатом та випарником показано схематично на Рисунку 1.

Принцип роботи конденсаційних котлів заснований на використанні тепла від димових газів для попереднього нагріву холодної води на вході в котел: конденсуючись у рідку форму, димові гази відновлюють свою приховану теплоту випаровування, що призводить до підвищення ефективності на 10-12% відносно до традиційних котлів. Однак моніторинг енергоефективності конденсаційних котлів є складним через їх нелінійну динаміку. Наразі статичні нелінійні криві ефективності конденсаційних котлів розраховуються в квазістаціонарному на основі даних, зібраних під час камерних випробувань. Отже, при цьому підході можна контролювати енергоефективність лише в стаціонарному режимі. В ємності конденсат зберігається та використовується як носій тепла для інших контурів нагріву, наприклад, для контуру гарячого водопостачання. Не використаний конденсат можна перенаправляти в системи чистих середовищ і використовувати вже як сировину для виготовлення води очищеної тощо

Враховуючи тенденцію розвитку фармацевтичної галузі, для оцінки енергоефективності таких систем можна використовувати концепції Pharma 4.0, наприклад, математичні моделі. З-поміж інших, ефективною є модель моніторингу енергоефективності конденсаційних котлів за допомогою гібридного моделювання [3].

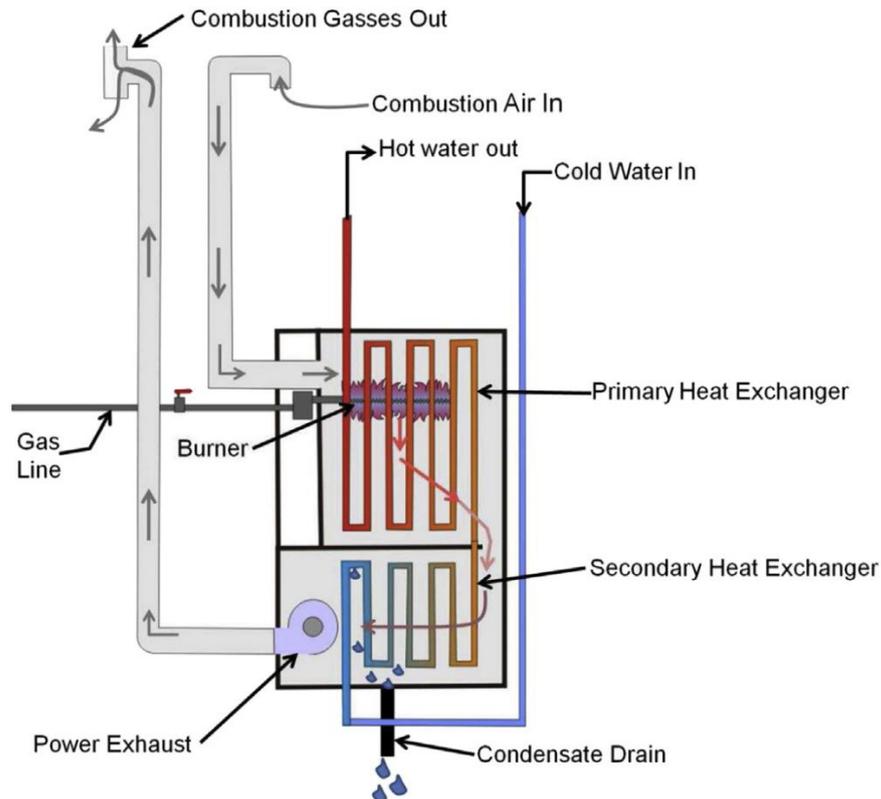


Рисунок 1 – будова конденсаційного теплообмінника з випарником

Модель враховує явища динамічного теплообміну та змінний у часі розподіл конденсаційного/неконденсаційного теплообміну. Запропонована модель в порівнянні з реальними даними має похибку від 0.1 до 1.2% в залежності від кількості секцій теплообмінника.

**Висновки.** Підсумовуючи, для найбільш ефективного використання енергії та ресурсів підприємства, можливо поєднати технологічні процеси контролю температури повітря чистих приміщень та виготовлення чистого середовища за допомогою автоматизованих конденсаційних теплообмінників.

**Перелік посилань:**

1. Настанова Міністерства Охорони Здоров'я України СТ-Н МОЗУ 42-4.0:2020. URL: [https://www.dls.gov.ua/wp-content/uploads/2020/05/Настанова-СТ-Н-МОЗУ-42-4.0\\_2020.pdf](https://www.dls.gov.ua/wp-content/uploads/2020/05/Настанова-СТ-Н-МОЗУ-42-4.0_2020.pdf).
2. Haruna Muhd Inuwa, Avinash Ravi Raja, Anil Kumar, Bhim Singh, Sudesh Singh Status of Industry 4.0 applications in healthcare 4.0 and Pharma 4.0. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785322025597>.
3. Harish Satyavada, Simone Baldi Monitoring energy efficiency of condensing boilers via hybrid first-principle modelling and estimation. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544217316444>.

<sup>1</sup> Аспірант 1 курсу Здольник М.О.

<sup>1</sup> Доц., к.т.н. Степанець О.В.

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТА В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗАЦІЇ

**Постановка проблеми та її актуальність.** Пропорційно-інтегральнодиференціальне регулювання є фундаментом для забезпечення стабільності та оптимальності керування в широкому спектрі застосувань, від промислового виробництва до сучасних розумних технологій. Однак, незважаючи на широке використання, традиційні ПД-контролери стикаються з обмеженнями, пов'язаними з ригідністю параметрів, та складностями адаптації до динамічно змінних умов процесу [1].

Пошук удосконалених структур керування з ПД-регуляторами або альтернативних підходів до регулювання, який впливає з потреби подолання цих обмежень, є актуальним науково-практичним завданням. Перспективним вважається підхід інтеграції систем автоматичного керування з алгоритмами штучного інтелекту (ШІ). Штучний інтелект пропонує передові можливості для адаптації та оптимізації, включаючи самоналаштування параметрів ПД-регулятора в реальному часі та здатність до прогнозування змін у системі, які можуть значно підвищити ефективність та надійність управління. Інновації у цій галузі [2], обіцяють революційні підходи до управління складними системами за допомогою фізико-інформованих нейронних мереж (Physics-Informed Neural Network, PINN), що відкриває нові горизонти для ПД-регулювання.

**Аналіз останніх досліджень.** Останні дослідження, зокрема роботи Раїссі та ін. (2019) [2], та Мемона і Шао (2020) [3], підкреслюють потенціал інтеграції алгоритмів ШІ з ПД-регулюванням для досягнення значних покращень у точності, швидкості реакції та адаптивності контрольних систем.

У [2] продемонстровано, як фізико-інформовані нейронні мережі можуть використовуватися для моделювання та прогнозування поведінки динамічних систем, що дозволяє значно покращити процес налаштування ПД-регуляторів. Цей підхід дозволяє регуляторам "вчитися" з історичних даних та адаптуватися до майбутніх змін у системі без необхідності ручного перенастроювання, що відкриває нові горизонти для створення більш розумних та ефективних систем управління. З іншого боку, дослідження [3] зосереджується на застосуванні генетичних алгоритмів для оптимізації ПД-параметрів. Генетичні алгоритми, які наслідують процеси природного відбору та еволюції, реалізують механізм для автоматичного визначення оптимальних налаштувань контролерів, заснованих на заданих критеріях продуктивності. Цей метод показує високу ефективність у знаходженні балансу між швидкістю реакції та стабільністю системи, мінімізуючи помилки та покращуючи загальну продуктивність.

Стаття [4] аргументує застосування ШІ, особливо штучних нейронних мереж, для моделювання, проектування, оптимізації та налаштування замкнутого контуру систем керування. ШІ може передбачати збурення, безпосередньо інтерпретувати зворотний зв'язок від датчиків і потенційно замінити традиційні блоки керування, таким чином переосмислюючи проектування та експлуатацію замкнутих контурів регулювання. Використовуючи записані дані процесу, ШІ може створювати емпіричні моделі та динамічно оптимізувати параметри контролера. Такий підхід обіцяє більш точні та адаптивні системи керування, які можуть враховувати нестационарність процесів та збурення в реальному часі.

Враховуючи зазначені дослідження, стає очевидним, що штучний інтелект має значний потенціал для трансформації ПІД-регулювання, пропонуючи новітні рішення для підвищення продуктивності, адаптивності та ефективності систем автоматичного контролю.

**Формулювання мети.** Метою дослідження є аналіз можливостей застосувань методів штучного інтелекту в системах автоматизованого керування на етапах проєктування, введення в експлуатацію та тривалої роботи.

**Основна частина.** Сучасні методи адаптивного керування включають різноманітні підходи, засновані на теорії керування та інформатиці, серед яких можна виділити:

- Методи на основі моделі (Model-Based Adaptive Control) – використовують математичні моделі системи для адаптації параметрів керування. Ці методи потребують глибокого розуміння процесів, які відбуваються в системі, і здатні забезпечити високу точність управління.
- Методи самоналаштування (Self-Tuning Regulators) - автоматично визначають параметри налаштування на основі зворотного зв'язку про ефективність роботи системи. Ці методи ефективні для систем, де параметри процесу можуть змінюватися протягом часу.
- Алгоритми машинного навчання - використовують дані про минулу поведінку системи для прогнозування оптимальних параметрів управління. Методи машинного навчання здатні адаптуватися до складних і непередбачуваних змін у системі.

Методи ідентифікації динамічних систем є критично важливими для розробки та оптимізації ПІД-контролерів, оскільки вони дозволяють точно моделювати та прогнозувати поведінку систем у реальному часі. В роботі Стівена Л. Брантона, Джошуа Л. Проктора та Дж. Нейтана Кутца (2016) представлено інноваційний підхід до ідентифікації динамічних систем, заснований на використанні розріджених ідентифікаційних технологій для виявлення основних динамічних структур з даних [5].

Цей підхід використовує алгоритми машинного навчання для аналізу даних про поведінку системи, дозволяючи ідентифікувати складні нелінійні взаємозв'язки та динаміку, які традиційні методи можуть не виявити. Застосування таких технологій значно підвищує точність моделювання динамічних систем, що є ключовим для розробки ефективних ПІД-регуляторів, здатних адаптуватися та оптимізувати свою роботу відповідно до змінних умов.

Одним із основних переваг методу, представленого Брантоном та співавторами, є його здатність ефективно працювати з великими обсягами даних, виявляючи фундаментальні закономірності та зв'язки в динаміці системи без необхідності вручну задавати модель або її параметри. Це дозволяє інженерам та дослідникам точно прогнозувати поведінку системи та ефективно налаштовувати ПІД-контролери для досягнення оптимальної продуктивності.

Використання таких передових методів ідентифікації відкриває нові можливості для оптимізації ПІД-регуляторів, особливо в умовах, де системи характеризуються високим ступенем складності та непередбачуваності. Це дозволяє не тільки покращити загальну продуктивність та надійність систем управління, але й сприяє подальшому розвитку адаптивних та інтелектуальних систем керування, які можуть ефективно справлятися з широким спектром викликів сучасної автоматизації.

Впровадження фізико-інформованих нейронних мереж (PINN) відкриває нові горизонти у сфері оптимізації ПІД-регуляторів, як показано в роботі Раїссі та ін. (2019). Ці мережі представляють собою передовий підхід, що інтегрує закони фізики безпосередньо в процес навчання нейронної мережі, забезпечуючи більш точні та фізично обґрунтовані моделі динамічних систем [2].

Фізично інформовані нейронні мережі використовуються для вирішення диференціальних рівнянь, що описують поведінку фізичних систем, включно з тими, що

керуються ПІД-регуляторами. Відмінність PINN від традиційних методів машинного навчання полягає в тому, що вони не лише навчаються на основі даних, але й забезпечують дотримання фізичних законів, які керують системою. Це дозволяє PINN ефективно моделювати та прогнозувати поведінку систем з високою ступенем точності, навіть за обмеженого обсягу доступних даних.

Застосування PINN у контексті ПІД-регулювання може суттєво покращити процес налаштування законів керування, дозволяючи автоматично адаптувати їх параметри до складних динамічних умов без необхідності вручну налаштовувати кожен параметр. Такий підхід не тільки знижує час та зусилля, необхідні для оптимізації ПІД-законів керування, але й забезпечує більш високу якість управління, адаптовану до специфіки кожної системи.

**Висновки.** Дослідження інтеграції штучного інтелекту (ШІ) у ПІД-регулюванні відкриває нові перспективи для підвищення ефективності, точності та адаптивності систем автоматичного контролю. Огляд сучасних викликів, потенційних напрямків досліджень та аналіз ефективності та проблем, пов'язаних з впровадженням ШІ, демонструє значний потенціал застосування передових технологій у цій сфері. ШІ може значно покращити процес налаштування параметрів контролерів, наприклад, ПІД-регуляторів, за допомогою оптимізації на основі даних. Це дозволяє враховувати реальні умови процесів та можливі збурення, підвищуючи ефективність і точність налаштувань. Незважаючи на значний внесок ШІ в ПІД-регулювання, існують й виклики, такі як забезпечення надійності моделей в реальному часі, обробка великих обсягів даних та інтеграція з існуючими системами. Вирішення цих завдань вимагає подальших досліджень та розвитку технологій.

#### **Перелік посилань:**

1. Åström K. J., Hägglund T. *Advanced PID Control*. ISA - The Instrumentation, Systems, and Automation Society, 2005. 461 p.
2. Raissi M., Perdikaris P., Karniadakis G. E. Physics-informed neural networks: A deep learning framework for solving forward and inverse problems involving nonlinear partial differential equations. *Journal of Computational Physics*. 2019. Vol. 378. P. 686–707. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jcp.2018.10.045> (date of access: 12.03.2024).
3. Memon F., Shao C. An Optimal Approach to Online Tuning Method for PID Type Iterative Learning Control. *International Journal of Control, Automation and Systems*. 2020. Vol. 18, no. 8. P. 1926–1935. URL: <https://doi.org/10.1007/s12555-018-0840-0> (date of access: 12.03.2024).
4. Schönig J., Riechmann A., Pfisterer H.-J. AI for Closed-Loop Control Systems. *ICMLC 2022: 2022 14th International Conference on Machine Learning and Computing*, Guangzhou China. New York, NY, USA, 2022. URL: <https://doi.org/10.1145/3529836.3529952> (date of access: 13.03.2024).
5. Dynamic Mode Decomposition: Data-Driven Modeling of Complex Systems / J. N. Kutz et al. SIAM-Society for Industrial and Applied Mathematics, 2016. 250 p.

<sup>1</sup> Аспірант 1 курсу Нечипоренко В.А.

<sup>1</sup> Проф., д.т.н. Волошук В.А.

<https://scholar.google.com.ua/citations?hl=ru&user=Gdu5LckAAAAJ>

<sup>1</sup> НТУУ "Київський політехнічний інститут ім.Ігоря Сікорського"

## АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ АВТОНОМНИМ БЕЗПЛОТНИМ ЛІТАЮЧИМ АПАРАТОМ ЗА ДОПОМОГОЮ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ

**Постановка проблеми та її актуальність.** Впровадження системи надійного уникнення об'єктів має вирішальне значення для роботи автономних літальних апаратів, призначених для навігації в густонаселених середовищах. Безпілотні літальні апарати (БПЛА) є самокерованою платформою, яка повинна покладатися на різні типи датчиків для автономної навігації. Системи бачення є одним з варіантів вирішення проблеми уникнення перешкод шляхом використання даних зображень як джерела точної інформації. Відеозображення показали здатність надавати цінну інформацію для більш важливих завдань, як-от уникнення зіткнень. Комп'ютерний зір зараз активно застосовується в робототехніці та автономних транспортних засобах.

**Мета.** Підвищити ефективність пошуку безпілотними літальними апаратами рухомих і нерухомих об'єктів.

Для досягнення поставлених цілей дослідження необхідно вирішити такі взаємопов'язані завдання дослідження:

- 1) Проаналізувати методи автоматизації планування маршрутів .
- 2) Удосконалити методи автоматизованого керування польоту БПЛА.
- 3) Удосконалити методи автоматизованого пошуку (підтвердження) стаціонарних об'єктів;

**Аналіз останніх досліджень.** БПЛА оснащені бортовими датчиками для отримання інформації про навколишнє середовище (екстероцептивні) або про сам БПЛА (пропріоцептивні). Їх використання залежить від багатьох факторів, таких як навколишнє середовище, застосування або завдання, які потрібно виконати. Кожен датчик має різні робочі характеристики, тому він має свої переваги та недоліки. Камери RGB — це пасивні датчики, які фіксують інформацію про інтенсивність візуального спектру світла спостережуваної сцени за допомогою трьох різних каналів -червоного, зеленого та синього. Основними проблемами під час встановлення на борту БПЛА, є швидкість транспортного засобу або раптовий сплеск світла, який може спричинити розмиття та шуми на зображенні [ 1 ]. Камери подій, наприклад, динамічний датчик бачення (DVS), зокрема, добре підходять для аналізу руху в реальному часі, демонструючи вищу часову роздільну здатність і чутливість до світла та низьку затримку [ 2 ]. Їх зображення складається не з класичного зображення інтенсивності, а з послідовності асинхронних подій, тому необхідність подальших досліджень і розробки нових конвеєрів обробки зображень є дуже актуальною темою [ 3 ]. Теплові камери - це пасивні датчики, які вловлюють інфрачервоне випромінювання, що випускається всіма об'єктами з температурою вище абсолютного нуля (теплове випромінювання)[ 4 ]. 3D-камери можуть знімати сцену, надаючи колір, а також 3D-інформацію. Наразі три домінуючі технології для створення таких камер – це стереобачення, час польоту (ToF) і структуроване світло. . LiDAR (Light Detection and Ranging) — це активні датчики, які вимірюють відстані шляхом попадання на ціль лазерного світла та вимірювання відбиття за допомогою перетворювача.

Камери RGB є найпоширенішим датчиком для використання на борту БПЛА завдяки: зменшеному розміру та вазі, меншій вартості, зменшеному споживанню енергії та дуже великій кількості даних про їхні вимірювання. Як наслідок, RGB-камери на сьогодні

є найбільш поширеними датчиками на борту БПЛА.

Повністю автономна робота БПЛА необхідна для покращення їх продуктивності, надійності, безпеки, полегшення використання, зниження вартості операцій. Тим не менш, досягнення повністю автономної роботи БПЛА залишається невирішеною дослідницькою проблемою. Існує багато робіт, які зосереджуються на універсальних архітектурах повітряних робототехнічних систем для досягнення такої повністю автономної роботи, як успішно використовуваний Aerostack [ 5]. Незважаючи на це, ці архітектури покладаються на існування кількох готових до використання компонентів із чітко визначеними функціями, які в більшості випадків ще не досягли необхідного рівня зрілості. Серед цих компонентів одним із найважливіших і водночас найскладніших є усвідомлення ситуації. Цей компонент відповідає за сприйняття елементів навколишнього середовища в певному обсязі часу та простору для створення представлення навколишнього середовища та стану БПЛА за допомогою вимірювань, отриманих датчиками (переважно бортовими) [ 6 ].

**Висновки.** БПЛА досягли безпрецедентного рівня зростання в багатьох сферах цивільного та військового застосування, і комп'ютерний зір, безсумнівно, відіграє ключову роль у наданні необхідної інформації. Камери RGB є найпоширенішим датчиком для використання на борту БПЛА завдяки: зменшеному розміру та вазі, меншій вартості, зменшеному споживанню енергії та дуже великій кількості даних про їхні вимірювання. Але ці переваги супроводжуються ціною високої складності інформації, яку надають їхні вимірювання, на відміну від інших датчиків, таких як LiDAR, які безпосередньо визначають відстань до об'єкта.

**Перелік посилань:**

1. Vasa, T.; Stepan, P.; Saska, M. Autonomous landing on a moving car with unmanned aerial vehicle. In Proceedings of the 2017 European Conference on Mobile Robots (ECMR), Paris, France, 6–8 September 2017; pp. 1–6.
2. Mitrokhin, A.; Fermüller, C.; Parameshwara, C.; Aloimonos, Y. Event-based moving object detection and tracking. In Proceedings of the 2018 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), Madrid, Spain, 1–5 October 2018; pp. 1–9.
3. Afshar, S.; Ralph, N.; Xu, Y.; Tapson, J.; Schaik, A.v.; Cohen, G. Event-based feature extraction using adaptive selection thresholds. *Sensors* 2020, 20, 1600.
4. Gade, R.; Moeslund, T.B. Thermal cameras and applications: A survey. *Mach. Vis. Appl.* 2014, 25, 245–262.
5. Hall, D.L.; McMullen, S.A. *Mathematical Techniques in Multisensor Data Fusion*; Artech House: Norwood, MA, USA, 2017.
6. Endsley, M.R. Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. *Hum. Factors* 2018, 37, 32–64.

<sup>1</sup> Аспірант 1 курсу Сельоткін В.О.

<sup>1</sup> Проф., д.т.н. Волошук В.А.

<https://scholar.google.com.ua/citations?hl=ru&user=Gdu5LckAAAAJ>

<sup>1</sup> НТУУ "Київський політехнічний інститут ім.Ігоря Сікорського"

## АДАПТИВНА СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОЇ ПЕРЕВІРКИ ЯКОСТІ ВИРОБНИЦТВА

**Постановка проблеми та її актуальність.** Оскільки перехід до Індустрії 4.0 стрімко просувається, більшість виробників частково або повністю замінили свої ручні станції контролю якості автоматизованими. Висока варіативність і специфічність дефектів, що можуть зустрічатися в різних типах продукції є однією з основних проблем при розробці алгоритмів оптичної інспекції, які були б універсальними та легко масштабувалися між різними доменами. Кожен домен або галузь має унікальні вимоги до якості та типи потенційних дефектів, що робить складним створення загального рішення, яке ефективно працювало б у всіх контекстах без значних модифікацій.

**Аналіз останніх досліджень.** Більшість дослідження у напрямку оптичної інспекції фокусуються на застосування нейронних мереж, а також їх тренування для певного конкретного застосування. Досліджень у напрямку адаптивних систем не достатньо і потребує більшого дослідження.

**Формулювання мети.** Метою дослідження є аналіз методів автоматизованого контролю якості за допомогою оптичного аналізу, з метою визначення ключових технологій та методик, які підтримують перехід від традиційних ручних перевірок до автоматизованих систем інспекції.

**Основна частина.** Типовий конвеєр автоматичної системи оптичної інспекції складається з двох етапів: виявлення об'єктів і виявлення аномалій. Виявлення об'єктів перевіряє правильність розміщення компонентів продукту за допомогою алгоритмів для точного визначення їх розміщення та розміру. Виявлення аномалій визначає такі дефекти, як неправильні кольори, подряпини та неправильно розміщені елементи. Ці два кроки можуть виконуватися різними методами, але найпоширенішими є класичне комп'ютерне бачення і нейронні мережі.

Класичні методи комп'ютерного зору вимагають меншої кількості обчислень і, отже, є швидшим, ніж нейронна мережа. Вони засновані на роботі з зображеннями та мало залежать від домену, що дозволяє їх легко інтегрувати та налаштовувати в різних системах. Однак методи класичного комп'ютерного зору працюють лише для простих завдань із заздалегідь визначеними параметрами, тоді як нейронні мережі можуть працювати за заданими правилами. Ця гнучкість має свою ціну: нейронні мережі виконують більше обчислень і, отже, повільніше, ніж класичні методи. Крім того, вони є предметно-спеціалізованими та вимагають тривалого навчання, що означає, що одну нейронну мережу важко налаштувати на нове завдання.

Алгоритми виявлення об'єктів в класичних алгоритмах зосереджені навколо операції виявлення контурів. Один із найпопулярніших методів виявлення контурів був започаткований Джоном Ф. Кенні та зазвичай інтегрований із класичним підходами комп'ютерного зору [1]. За своєю суттю детектор контурів Canny працює, ідентифікуючи пікселі на зображенні з найбільшою інтенсивністю, які потім ідентифікуються як контури. Таким чином можна визначається шаблон того, як має виглядати об'єкт та його окремі внутрішні компоненти.

Основна проблема з детектором контурів Canny полягає в тому, що він сильно залежить від вмісту зображення, яке він обробляє. Зображення з різними властивостями



Під час фази виявлення аномалій, нові зображення розбиваються на патчі, кожен з яких порівнюється з ядром нормальних патчів, щоб визначити, чи відповідає він нормі чи є аномалією. Відхилення від "нормальних" патчів вказує на потенційні дефекти. Цей підхід дозволяє PatchCore ефективно виявляти аномалії навіть у складних промислових контекстах, де якість і однорідність продукції критично важливі, та адаптуватися до різноманітних типів дефектів без необхідності для попереднього навчання на конкретному наборі дефектів.

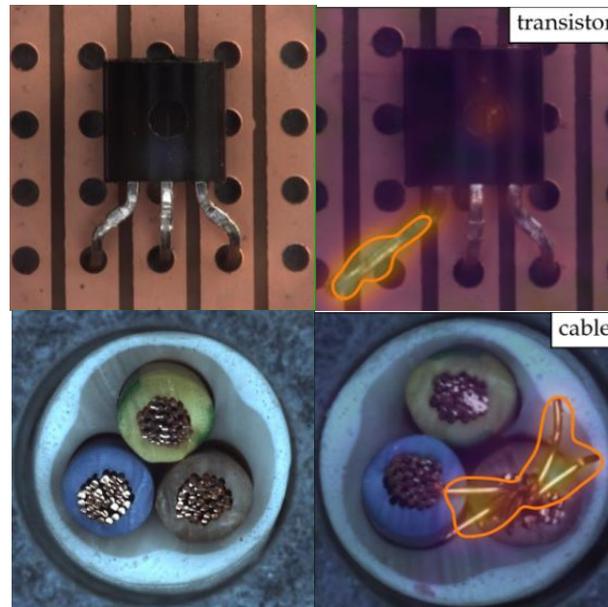


Рисунок 2 - Приклад роботи алгоритму PatchCore на наборі даних MVТec [4]

**Висновки.** Правильно налаштоване рішення оптичної інспекції прискорює виробництво та підвищує репутацію бренду. Вибір між класичним комп'ютерним зором, нейронними мережами та їх поєднанням може бути складним. При належному виконанні автоматична система оптичної інспекції дає можливість побудувати систему, яка дозволить швидко масштабуватись та ефективно використовувати таку систему на виробничих лініях.

**Перелік посилань:**

1. Canny J. A Computational Approach to Edge Detection. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 1986. PAMI-8, no. 6. P. 679–698. URL: <https://doi.org/10.1109/tpami.1986.4767851>.
2. Yolo Real Time Object Detection / S. Chaudhari et al. *International Journal of Computer Trends and Technology*. 2020. Vol. 68, no. 6. P. 70–76. URL: <https://doi.org/10.14445/22312803/ijctt-v68i6p112>.
3. Kim G.-I., Chung K. PatchCore-based Anomaly Detection using Major Object Segmentation. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*. 2023. Vol. 13, no. 4. P. 1480. URL: <https://doi.org/10.18517/ijaseit.13.4.19020> (date of access: 23.02.2024).
4. The MVTEC Anomaly Detection Dataset: A Comprehensive Real-World Dataset for Unsupervised Anomaly Detection / P. Bergmann et al. *International Journal of Computer Vision*. 2021. URL: <https://doi.org/10.1007/s11263-020-01400-4>.

<sup>1</sup> Аспірант 2 курсу Темчур В.С.

<sup>1</sup> Доц., к.т.н. Баган Т.Г.

<https://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&pli=1&user=THGfTTsAAAAJ>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## МЕТОДИ ВІБРАЦІЙНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ ПРОГНОЗНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ

**Постановка проблеми та її актуальність.** Вихід з ладу обладнання у сучасній промисловості призводить до втрат виробництва та зниження конкурентоспроможності. Обсяг витрат на технічне обслуговування може досягати 50% від вартості виробництва. Прогнозне обслуговування – це ефективний метод, який дозволяє уникнути несподіваних зупинок обладнання під час виробництва. Моніторинг вібрації є основним і найбільш ефективним методом виявлення і прогнозування несправностей компонентів машин. У цій роботі розглядаються методи, що використовуються для аналізу даних про вібрацію.

**Аналіз останніх досліджень.** Дослідження надійності електричних машин показали, що відмови можуть виникати у всіх їх компонентах [1]. Відмови машин часто відбуваються через безперервну роботу та різні ситуації циклічного навантаження. Цей процес призводить до поступового зношування компонентів, що збільшує ризик виходу з ладу. Таке зношування деталей машини можна вважати нормальним і є наслідком експлуатації машини. Однак ненормальною є робота цих компонентів у критичних умовах, що порушує цілісність компонентів у хорошому стані та піддає машину повній відмові.

Несправності можна виявити різними методами діагностики. Серед цих методів, аналіз вібрації став найбільш цінним інструментом. Аналізуючи характер вібрації машин, стає можливим виявляти відхилення та ранні ознаки несправностей. Моніторинг вібрації виявився ефективним методом виявлення несправностей у компонентах машин [2]. Будь-яка зміна амплітуди чи частоти сигналу свідчить про погіршення продуктивності машини.

**Формулювання мети.** Прогнозне обслуговування за допомогою аналізу вібрації є складним завданням з погляду виявлення прихованої нелінійної динаміки несправностей та адекватного її подання за допомогою інженерних характеристик. Сигнали вібрації в машинах є нестаціонарними, що ускладнює їх аналіз через зміну частотно-часових характеристик. Виходячи з цього, для отримання задовільних результатів критично важливо використовувати відповідні методи для аналізу даних про вібрацію.

**Основна частина.** Існує декілька методів обробки сигналів вібрації, які можна застосовувати при моніторингу для виявлення та діагностики дефектів або характерних змін вимірюваного сигналу, які вказують на можливі несправності. Ці методи можна розділити на аналіз у часовій області, аналіз у частотній області та частотно-часовий аналіз. Вибір методу багато в чому залежить від аналізованого сигналу та характеристик сигналу, який необхідно оцінити для виявлення можливих дефектів.

**Аналіз у часовій області.** Методика аналізу вібрації машин в часовій області є найпростішим аналізом, який можна виконати. Багато особливостей, таких як наявність амплітудної модуляції, частотні компоненти валу, дисбаланс валу, перехідні процеси і більш високочастотні компоненти, можна ідентифікувати візуально, аналізуючи частини форми сигналу функції часу. Однак цього недостатньо для ефективного виявлення змін сигналу вібрації, спричинених потенційними несправностями. Для аналізу у часовій області слід використовувати більш складні параметри та підходи, такі як тенденції статистичних параметрів у часовій області. Можна визначити кілька статистичних параметрів, таких як середньоквадратичне значення, пік, коефіцієнт амплітуди та ексцес [2].

**Аналіз у частотній області.** Аналіз частотної області – потужний інструмент для

аналізу сигналів вібрації в машинах, з метою діагностики несправностей. Цей метод допомагає ідентифікувати частотні компоненти, присутні в сигналі, та їх амплітуди. Багато характеристик сигналу, які не видно при аналізі в часовій області, можна спостерігати при аналізі частотної області. Однак частотний аналіз не підходить для сигналів, частота яких змінюється з часом. Нижче описані основні методи виявлення несправностей у машинах, в частотній області.

#### Швидке перетворення Фур'є

За допомогою цього методу можна перетворити сигнал з часової області на частотну область. Цей метод є одним з найефективніших, оскільки кожен компонент машини вносить певний частотний компонент в сигнал вібрації. Тому одним із способів виявлення несправностей є порівняння частотних складових та їх амплітуд із сигналом тієї ж машини, що працює в ідеальних умовах. Цей метод використовуються при профілактичному обслуговуванні для виявлення різних типів несправностей у машинах, що обертаються, таких як зсув, дисбаланс і несправності підшипників [3].

#### Кепстральний аналіз

Аналіз кепстру включає аналіз логарифму спектра потужності для виявлення будь-якої періодичної структури в спектрі, такий як гармоніки, бічні смуги або луна [4]. Це корисно при виявленні несправностей підшипників і локалізовані несправності зубів, які створюють низькі гармонійно пов'язані частоти.

#### Аналіз «конвертів» (Envelope Analysis)

Даний метод використовується для відокремлення низькочастотних сигналів від фонового шуму в підшипниках кочення і при діагностиці низькошвидкісних машин. Перевага аналізу огинаючої полягає у ранньому виявленні проблем із підшипниками, але визначення найкращого діапазону частот для цього методу є непростим завданням. Аналіз конвертів застосовувався в декількох дослідженнях для виявлення несправностей у підшипниках та асинхронних двигунах [5], але він показав погану ефективність порівняно з іншими методами, такими як аналіз акустичної емісії [6].

#### Спектральна щільність потужності

Це потужний інструмент для аналізу сили флуктуацій сигналу в залежності від частоти. Він дозволяє виявляти і вимірювати коливальні сигнали даних часових рядів і вказує частоти, на яких коливання є сильними або слабкими. Фактично, це графічне представлення розподілу енергії сигналу за різними частотами і зазвичай використовується для діагностики несправностей в асинхронних машинах. Аналіз вібрації з використанням спектральної щільності потужності дозволяє кількісно порівнювати різні сигнали або різні робочі умови, полегшуючи аналіз тенденцій та моніторинг стану [6].

**Аналіз частотно-часовій області.** У реальному світі більшість сигналів не є стаціонарними, тобто спектр може змінюватися з часом. Щодо вібрації в машинах, то вона може змінюватися в процесі експлуатації. Вібраційний сигнал може містити різні частотні складові у різні моменти часу [6]. Ця зміна є проблемою для аналізу частотної області. Щоб подолати цю проблему, були розроблені методи аналізу в частотно-часовій області, які можуть надати інформацію про частотний склад вібраційних сигналів, що змінюється в часі. Частотно-часовий аналіз дозволяє не тільки представити сигнал у трьох вимірах, а також виявляти та відстежувати розвиток дефектів, які призводять до слабких вібраційних характеристик. Звичайні методи аналізу вібрації ґрунтуються на стаціонарних припущеннях, які непридатні для аналізу нестаціонарних сигналів. Основні методи для аналізу частотно-часової області: короткочасне перетворення Фур'є [7], вейвлет-перетворення [8], перетворення Гільберта-Хуанга [9], розподіл Вігнер-Вілля [10]. Ці методи використовуються для ідентифікації локальних особливостей у часовій та частотній областях.

**Висновки.** Таким чином, область моніторингу вібрації для профілактичного обслуговування промислових машин постійно розвивається завдяки технологічним досягненням та необхідності підвищення надійності. Як наголошується в цьому огляді,

вибір відповідного методу моніторингу вібрації має вирішальне значення для ефективної оцінки стану машини. Майбутні дослідження будуть зосереджені на подальшому вдосконаленні цих методів та вивченні інноваційних підходів, таких як інтеграція Інтернету речей (ІоТ) та хмарних платформ для забезпечення моніторингу та аналізу у реальному часі, а також застосування методів штучного інтелекту та машинного навчання для автоматичного діагностування несправностей.

**Перелік посилань:**

1. Lee, S.B.; Stone, G.C.; Antonino-Daviu, J.; Gyftakis, K.N.; Strangas, E.G.; Maussion, P.; Platero, C.A. Condition monitoring of industrial electric machines: State of the art and future challenges. *IEEE Ind. Electron. Mag.* 2020, 14, 158–167.
2. Kumar, A.; Sathujoda, P.; Bhalla, N.A. Vibration signal analysis of a rotor-bearing system through wavelet transform and empirical mode decomposition. *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* 2022, 1248, 012027.
3. Khadersab, A.; Shivakumar, S. Vibration analysis techniques for rotating machinery and its effect on bearing faults. *Procedia Manuf.* 2018, 20, 247–252.
4. Randall, R.; Smith, W. New cepstral methods for the diagnosis of gear and bearing faults under variable speed conditions. In *Proceedings of the ICSV23 Conference, Athens, Greece, 10–14 July 2016*.
5. Chen, B.; Song, D.; Cheng, Y.; Zhang, W.; Huang, B.; Muhamedsalih, Y. IGIGram: An improved Gini index-based envelope analysis for rolling bearing fault diagnosis. *J. Dyn. Monit. Diagn.* 2022, 111–124.
6. Goyal, D.; Pabla, B. The vibration monitoring methods and signal processing techniques for structural health monitoring: A review. *Arch. Comput. Methods Eng.* 2016, 23, 585–594.
7. Huang, Z.; Zhu, J.; Lei, J.; Li, X.; Tian, F. Tool wear monitoring with vibration signals based on short-time fourier transform and deep convolutional neural network in milling. *Math. Probl. Eng.* 2021, 2021, 9976939.
8. Teng, W.; Ding, X.; Cheng, H.; Han, C.; Liu, Y.; Mu, H. Compound faults diagnosis and analysis for a wind turbine gearbox via a novel vibration model and empirical wavelet transform. *Renew. Energy* 2019, 136, 393–402.
9. Susanto, A.; Liu, C.H.; Yamada, K.; Hwang, Y.R.; Tanaka, R.; Sekiya, K. Application of Hilbert–Huang transform for vibration signal analysis in end-milling. *Precis. Eng.* 2018, 53, 263–277.
10. Liu, X.; Yan, Y.; Hu, K.; Zhang, S.; Li, H.; Zhang, Z.; Shi, T. Fault diagnosis of rotor broken bar in induction motor based on successive variational mode decomposition. *Energies* 2022, 15, 1196.

<sup>1</sup> Аспірант 3 курсу Богза М.С.

<sup>1</sup> Проф., д.т.н. Волошук В.А.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=Gdu5LckAAAAJ&hl=ru>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ПОВЕДІНКИ ТЕПЛОНАСОСНИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ

**Постановка проблеми та її актуальність.** Дослідження теплонасосних установок (ТНУ), що використовують різноманітні газові суміші, зростає через пошук екологічних і ефективних альтернатив фреонам, включаючи природні хладагенти. Системи керування, розроблені для традиційних хладагентів, часто не підходять для нових сумішей через їх унікальні термодинамічні властивості. Активні дослідження зараз спрямовані на адаптацію алгоритмів керування до цих нових умов. Важливу роль у цих інноваціях відіграють нейронні мережі, що дозволяють оптимізувати використання енергії та мінімізувати екологічний вплив, завдяки своїй здатності точно прогнозувати складні теплові процеси. Це сприяє розробці ефективніших технологій та енергозбереженню.

**Аналіз останніх досліджень.** AI-моделі знаходять застосування в системах охолодження, теплових насосах та кондиціонерах, фокусуючись на поліпшенні точності та прогнозуванні за допомогою нейронних мереж різного типу. Дослідження [1] досліджує моделювання, прогнозування енергії, виявлення та діагностику несправностей HVAC систем на базі нейронних моделей. Важливим є налаштування гіперпараметрів та стандартизація AI-структур для підвищення ефективності. Методи зворотного поширення помилок та алгоритми навчання є ключовими у розробці, хоча існують виклики, такі як градієнтні проблеми, інтерпретованість та баланс між точністю та тренувальним насиченням.

Стаття [2] аналізує використання повітряних теплових насосів (ASHP) для зниження вуглецевих викидів будівель при несприятливих умовах. Пропонується оптимізаційна система на базі штучної нейронної мережі (ШНМ) для керування роботою теплового насоса, що підвищує енергоефективність. Динамічне моделювання підтвердило ефективність системи, зокрема зростання коефіцієнта корисної дії системи охолодження на 1.52%, опалення на 3.58% та самого теплового насоса на 0.76-0.81%. Це демонструє можливість зменшення вуглецевого сліду будівлі з одночасним збереженням комфорту через оптимізовану роботу систем опалення та охолодження.

**Формулювання мети.** Метою наукової роботи є розробка та валідація фізично обґрунтованої моделі на базі нейронних мереж. Завдяки машинному навчанню, нейронна модель може забезпечити точність близьку до аналітичних моделей, при цьому суттєво спростивши її складність при розрахунках. Це дозволить не лише точно прогнозувати ефективність теплових насосів у різноманітних експлуатаційних умовах, але й оптимізувати їх роботу з метою підвищення енергоефективності та зниження експлуатаційних витрат. Додатково, використання нейронних мереж відкриває нові можливості для розробки адаптивних систем керування, здатних самостійно налаштовуватися на змінні умови експлуатації та оптимізувати процеси в реальному часі.

**Основна частина.** В дослідженні аналізувалась теплонасосна установка типу "вода-вода". В проектному режимі роботи, вода з початковою температурою +6°C подається до випарника, де її температура знижується до +3°C. Тепло, отримане від води, передається робочій речовині (фреону R134-a) для її випаровування, після чого фреон направляється до компресора. Там він стискається, споживаючи енергію роботи. Далі, стиснений фреон

проходить через конденсатор, де віддає тепло воді опалювальної системи, підігріваючи її з  $+55^{\circ}\text{C}$  до  $+69^{\circ}\text{C}$ . Проектна теплова потужність установки становить 25 кВт. Після конденсатора, фреон рухається до розширювального вентиля, де його тиск і температура знижуються, а потім фреон повертається в випарник, завершуючи цикл.

Відтак, для кожного з цих елементів були розроблені фізичні моделі, що реалізують рівняння енергетичного балансу [3]. Ці моделі охоплюють робоче середовище у конденсаторі та випарнику, воду, що нагрівається у конденсаторі, поверхні конденсатора та випарника, теплоносій низькотемпературного джерела, а також компресор та розширювальний вентиль. Для визначення теплофізичних властивостей робочих речовин, використаних у досліджуваній тепловому насосі, застосовано бібліотеку Coolprop[4]. Модель була реалізована в середовищі Matlab Simulink і зображена на Рис. 1. Для її валідації використано експериментальні дані з дослідження [5]. Показник точності становив від 8.3% до 10.5%, що є задовільним результатом для розробленої математичної моделі.

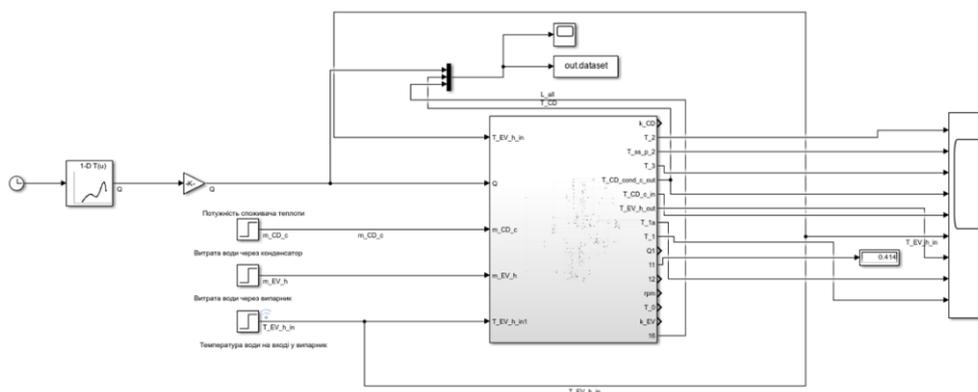


Рисунок 1 - Модель теплонасосної установки в середовищі Simulink

Розроблена аналітична модель для ТНУ забезпечує високу точність і можливість екстраполяції, враховуючи численні фізичні фактори. Хоча вона дозволяє детально аналізувати систему, розробка вимагає значних обчислювальних зусиль. Використання LSTM нейронних мереж, з даними, генерованими в MATLAB, пропонується для покращення швидкості обчислень і точності прогнозування, що сприяє розумінню та адаптації системи під різні умови. Архітектура нейронної мережі, включає вхідний, два прихованих та вихідний шари, забезпечує можливість прогнозування споживання електроенергії на основі теплової потужності та умов ефективності теплового насосу. Тренування мережі зайняло 68 епох та 84 хвилини. Валідація та тестування на згенерованому (Рис. 2) наборі даних показали значне пришвидшення часу розрахунку (в 16 разів, наведено в таблиці 1) при збереженні високої точності прогнозів (MAE = 3.26).

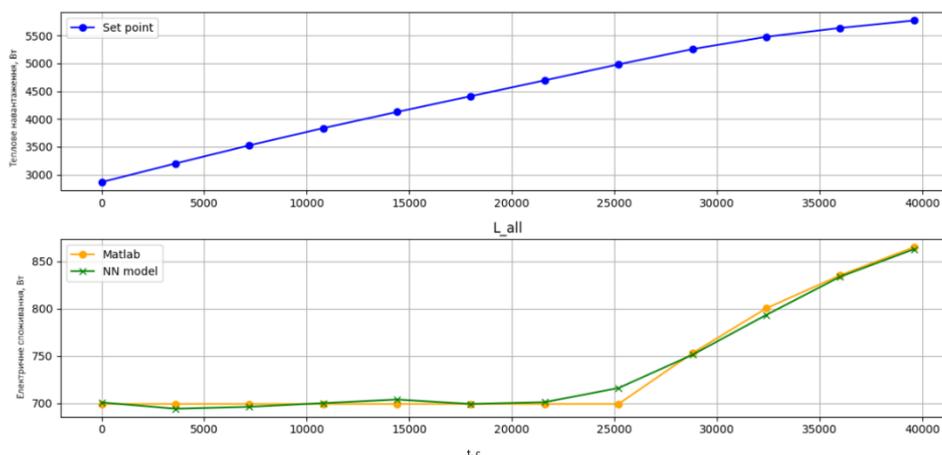


Рисунок 2 - Порівняння моделей на базі НМ та Матлаб

Таблиця 1 - Результати порівняння

Проміжок часу моделі (Stop time), с.	Час розрахунку Matlab, с.	Час розрахунку LSTM, с.	Кратність підвищення швидкості
5	3.5	0.22	15.9
120	11	0.67	16.4
600	85	5.14	15.53

**Висновки.** Стратегія розробки нейронних мереж, яка використовує дані з аналітичних моделей, реалізованих в MATLAB на основі фізичних принципів, продемонструвала високу ефективність у практичному застосуванні. Цей підхід дозволив зібрати великі масиви даних за різних умов роботи об'єктів, надаючи міцну основу для тренування нейронних мереж. Результатом стала нейронна модель, здатна точно і швидко виявляти залежності між параметрами, значно підсилюючи аналітичні та прогнозні можливості в реальному часі. Використання LSTM-мереж відкриває широкі перспективи для їх впровадження в системи автоматичного регулювання, зокрема в алгоритми модельно-прогнозуючого керування, підвищуючи адаптивність та ефективність регулювання в складних технічних системах.

**Перелік посилань:**

1. D.S. Adelekan, O.S. Ohunakin, B.S. Paul, Artificial intelligence models for refrigeration, air conditioning and heat pump systems, Energy Reports, Volume 8, 2022, Pages 8451-8466, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.06.062>.
2. Soowon Chae, Sangmu Bae, Yujin Nam, Performance improvement of air-source heat pump via optimum control based on artificial neural network, Energy Reports, Volume 10, 2023, Pages 460-472, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.06.051>.
3. Voloshchuk V.A., Nekrashevych O.V., Bohza M.S., Hikalo P.V. DYNAMIC CHARACTERISTICS OF AN AIR-SOURCE HEAT-PUMP SYSTEM. Sci. Notes Taurida Natl. VI Vernadsky Univ. Ser. Tech. Sci. 2023, 6, 184–192, DOI: <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2023.6/27>
4. Bell, I.H.; Wronski, J.; Quoilin, S.; Lemort, V. Pure and Pseudo-Pure Fluid Thermophysical Property Evaluation and the Open-Source Thermophysical Property Library CoolProp. Ind. Eng. Chem. Res. 2014, 53, 2498–2508, DOI: <https://doi.org/10.1021/ie4033999>.
5. Yao, Y.; Huang, M.; Chen, J. State-Space Model for Dynamic Behavior of Vapor Compression Liquid Chiller. Int. J. Refrig. 2013, 36, 2128–2147, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2013.05.006>

<sup>1</sup> Магістрант 1 курсу Аршанський Д.І.

<sup>1</sup> Доц., к.т.н. Степанець О.В.

<https://scholar.google.com/citations?hl=uk&user=Kq9ce50AAAAJ>

<sup>1</sup> Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

## ОГЛЯД ПЛАТФОРМ ДЛЯ СИМУЛЯЦІЇ ПОВЕДІНКИ ОБ'ЄКТІВ ВСЕРЕДИНІ ЦИФРОВИХ ДВІЙНИКІВ

**Постановка проблеми та її актуальність.** Останні тенденції в розвитку технологій призводять до впровадження нових, інноваційних технологій в усі сфери життя, від рекреації до медицини. Не є виключенням і промисловість, яка також отримала свою частку інновацій, частиною яких є цифрові двійники, що вважаються провідною технологією індустрії 4.0 [1], оскільки відкривають новий, якісно інший рівень взаємодії з реальним обладнанням.

За визначенням Industrial Internet Consortium, цифровий двійник [2] - це така цифрова система, яка представляє конкретний реальний об'єкт з повним або частковим збереженням його властивостей, поведінки та характеристик, дозволяючи моделювати процеси, зберігати, оброблювати дані, встановлювати зв'язок для комунікації необхідної для наших умов якості. Така система може мати в собі розрахункові моделі, певний набір даних та необхідні сервісні інтерфейси. Набір даних може поєднувати в собі часові ряди показників, архівні дані, транзакційну інформацію, візуальні моделі, тощо [3].

**Аналіз останніх досліджень.** Загалом, на поточний момент цифрові двійники будуються індивідуально під потреби замовника, зазвичай з використанням пропріетарних застосунків, систем та ресурсів. Такий підхід призводить до сповільненого розвитку платформ розробки цифрових двійників, що стало причиною виникнення великої кількості open-source платформ для створення та імплементації вищеназваної технології. Серед таких платформ варто відзначити такі, як: Eclipse Ditto, Fiware, Equinox та інші. Однак, дані платформи мають значний недолік, а саме відсутність вбудованих інструментів симуляції поведінки об'єктів. Така симуляція є ключовою для аналізу сценаріїв поведінки, впровадження технологій предиктивного обслуговування, аналізу даних, машинного навчання та інших. За цією ознакою було виокремлено наступні платформи: TerriaJS [4], DTCC [5] та INTO-CPS [6].

**Формулювання мети.** Головною метою дослідження є аналіз можливостей симуляції процесів, використовуючи моделі об'єктів всередині платформи створення цифрових двійників, для їх подальшого застосування під час синтезу та симуляції систем керування.

**Основна частина.** Платформа TerriaJS [4] була розроблена з орієнтиром на просторові дані. Дана платформа надає інструментарій для роботи з геопросторовими, географічними та інфраструктурними даними, які можна візуалізувати та агрегувати необхідним користувачу чином. Цікавою є можливість проводити симуляції з розробленими моделями та зберігати зміни, які будуть таким чином спрогнозовані. Розроблені платформою засоби, з певним доопрацюванням зможуть бути використані для симуляції поведінки фізичного обладнання та виробництв в цілому.

Наступна платформа, яка надає можливості для симуляції поведінки об'єктів, це Digital Twin Cities Centre (DTCC) [5]. Дана платформа орієнтована на урбаністичні потреби з особливою увагою до симуляції міського середовища. Основними особливостями є симуляція натовпу, оточення, а також будівництва. Симуляція будівництва являє собою створення Building Information Model, яка поєднує в собі як 3D представлення об'єкту, так і всі властивості його компонентів, а також така модель має можливість оновлюватись

безпосередньо з давачів, які розташовані на будівництві. Таким чином, платформа надає можливість для симуляції об'єкта, отримання результатів моделювання та одночасну імплементацію оновленого проєкту в робочий процес без додаткових перетворень в САД креслення.

Також розглянемо платформу INTO-CPS [6]. Метою створення цієї платформи заявляється допомога в проєктуванні кібер-фізичних систем на всіх етапах розробки та після введення в експлуатацію. Дана платформа використовує інтерфейс функціонального макету (functional mock-up interface, FMI) та компоненти, які називаються одиницею функціонального макету (functional mock-up unit, FMU). Їх використання дозволяє уніфікувати інструментарій та проводити покрокову симуляцію як з фіксованим розміром кроку, так і з варіативним. Також варто зазначити, що використання FMU дозволило інтегрувати більшу кількість методів моделювання та високоточні фізичні моделі. Особливої уваги заслуговують методи ко-симуляції, які наявні на платформі, а саме ієрархічна ко-симуляція та розподілена ко-симуляція. Розподілений варіант дозволяє перемістити конкретні FMU на інші, віддалені точки симуляції зі збереженням комунікації та подальшим моделюванням. Таким чином, був досягнутий ефект, коли фізичне обладнання, цифрова модель та цифровий застосунок використовуються в симуляції одночасно знаходячись на різних машинах та в різних точках. Ієрархічна ко-симуляція базується на тому, що один FMU може бути композицією з декількох таких одиниць, що робить його повністю сконфігурованою ко-симуляцією, однак для різних частин даного FMU може бути необхідна різна точність моделювання. Наприклад, у випадку, коли наявний блок з трьох функціональних одиниць, дві з яких об'єднано у окремий, внутрішній блок, який потребує більш швидкої та частішої комунікації між своїми частинами, ніж з третім блоком. Таким чином, платформа дозволяє задати для внутрішнього блоку більшу кількість кроків симуляції і більшу точність, водночас задавши меншу кількість кроків для симуляції зовнішнього більшого блоку, що призводить до підвищення ефективності моделювання не знижуючи точність.

**Висновки.** Отже, на поточний момент open-source платформи здебільшого сконцентровані на створенні та покращенні комунікації між моделями та частинами цифрового двійника, водночас нехтуючи або майже нехтуючи засобами для симуляції поведінки обладнання в заданих умовах. Вкрай важливим є надання можливості проведення симуляцій з такими моделями, зберігання результатів моделювання та подальше їх використання в інших технологіях та інструментаріях. Деякі платформи дозволяють імплемувати зовнішні засоби симуляції, однак це може ускладнити використання результатів або давати неточні дані, тому платформи, які мають в собі вбудовані засоби для симуляції є провідними в даній сфері, але все ще потребують вдосконалення та розширення.

#### **Перелік посилань:**

1. Industry 4.0 technologies assessment: A sustainability perspective / С. Bai та ін. *International Journal of Production Economics*. 2020. Т. 229. С. 107776. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107776> (дата звернення: 06.02.2024)
2. Buchheit M., Ferraro A., Chaisung L. Digital Transformation in Industry White Paper : Біла кн. Industry IoT Consortium, 2020. 35 с.
3. Somayeh M., van Schalkwyk P., Boss B. Digital Twins for Industrial Applications : Біла кн. Industry IoT Consortium, 2020. 19 с.
4. Платформа TerriaJS. *TerriaJS*. URL: <https://terria.io> (дата звернення: 12.02.2024).
5. Платформа Digital Twin Cities Centre. *DTCC*. URL: <https://dtcc.chalmers.se> (дата звернення: 14.02.2024)
6. Платформа INTO-CPS. *INTO-CPS Organization*. URL: <https://into-cps.org> (дата звернення: 19.02.2024)

<sup>1</sup> Магістрант 1 курсу Аушева А.А.

<sup>1</sup> Проф., д.т.н. Волошук В.А.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=Gdu5LckAAAAJ&hl=ru>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## СИНТЕЗ НЕЧІТКОГО РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ СИСТЕМИ ВПОРСКУВАННЯ ПРЯМОТОЧНОГО КОТЛА

**Постановка проблеми та її актуальність.** З проблемами управління системами впорскування прямооточного котла пов'язана складність досягнення оптимального рівня ефективності та екологічної безпеки. Актуальність дослідження полягає у пошуку ефективних методів управління системою впорскування, що мінімізували б споживання палива та викиди шкідливих речовин у навколишнє середовище.

**Аналіз останніх досліджень.** Останні дослідження показали ефективність використання нечітких контролерів у системах управління промисловими процесами. Проте існують прогалини в дослідженнях, що вимагають подальшого розвитку та вдосконалення, зокрема у використанні нечітких регуляторів для систем впорскування прямооточних котлів. Авторами роботи [1] розглянуто синтез адаптивної системи автоматичного керування контуром температурного режиму прямооточного котлоагрегату на базі двоканального нечіткого контролера. Робота [2] базується на регулюванні температури в приміщенні з використанням нечіткої логіки. У статті [4] проаналізовано управління впорскуванням палива двигуна за допомогою нечіткої логіки.

**Формулювання мети.** Метою дослідження є синтез нечіткого регулятора для системи впорскування прямооточного котла з метою підвищення його ефективності та зменшення викидів шкідливих речовин

**Основна частина.** Нечітка логіка відкриває широкі можливості для проектування та впровадження систем керування, оскільки вона ґрунтується на простій логіці "якщо-тоді", уникнувши складних диференціальних рівнянь.

На основі аналізу структури прямооточного котла була розроблена загальна структура системи управління, яка схематично представлена на рисунку 1, де в якості змінних виступають  $T_2^*$  – задана температура пари після впорскування;  $U$  – витрата води на впорскування;  $G_p$  – витрати пари,  $P$  – тиск пари,  $T_1$  – температура до впорскування,  $T_2$  – температура після впорскування.

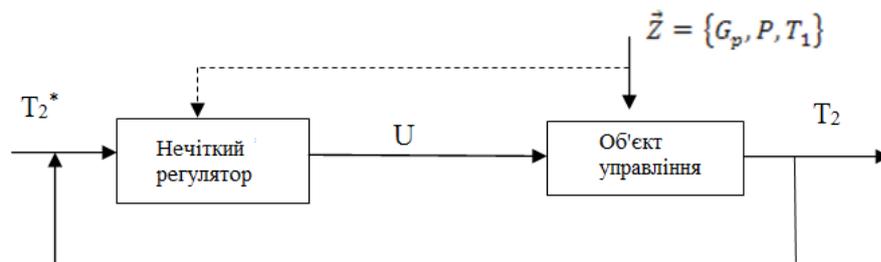


Рисунок 1 – Структура системи нечіткого управління

Для реалізації нечіткого регулятора був обраний апарат нечіткого нейро-мережевого моделювання. У пакеті Fuzzy Logic Toolbox системи MATLAB гібридні мережі реалізовані у формі адаптивних систем нейро-нечіткого виводу ANFIS [3].

Для побудови регулятора на підставі моніторингу роботи котла підготовлені навчальні дані, які містять близько 2500 рядків значень змінних:  $G_p$  – витрати пари,  $P$  – тиск пари,  $T_1$  – температура до пароперегрівача за першим впорскуванням,  $T_2$  – температура

після другого впорскування,  $U^*$  – впорскування (експериментальний).

В якості налаштувань редактора ANFIS обрані: метод навчання гібридної мережі заданий - гібридний (hybrid), тобто метод убування зворотнього градієнта, встановлений рівень помилки навчання (Error Tolerance) - по замовчуванню значення 0, а також кількість циклів навчання (Epochs) - 50. В якості налаштувань кластерного аналізу вказана субтрактивна (гірська) кластеризація. Після обробки даних отримана гібридна нейромережа де для кожної лінгвістичної змінної за допомогою методів кластеризації були сформульовані 6 термів, також визначені 6 правил нечіткого висновку типу Сугено.

На рисунку 2 представлений нечіткий регулятор згенерованої мережі.

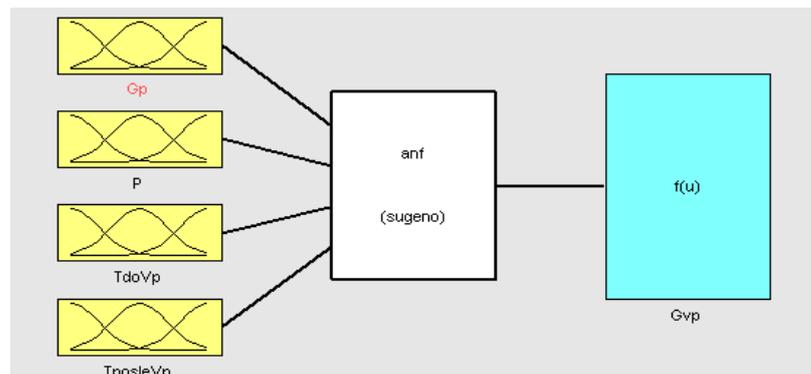


Рисунок 2– Нечіткий регулятор

Нечіткий регулятор був автоматично побудований на підставі наявних даних, також були отримані лінгвістичні змінні: витрата води, тиск, температура до впорскування, температура після впорскування.

Наведемо приклад формування лінгвістична змінної. «Температура пари до впорскування» - вхідна змінна. Значення температури має діапазон від 0 до 550 °С, велика зміна не припустима, тому що може вивести з ладу обладнання. Одиниці виміру температури °С.

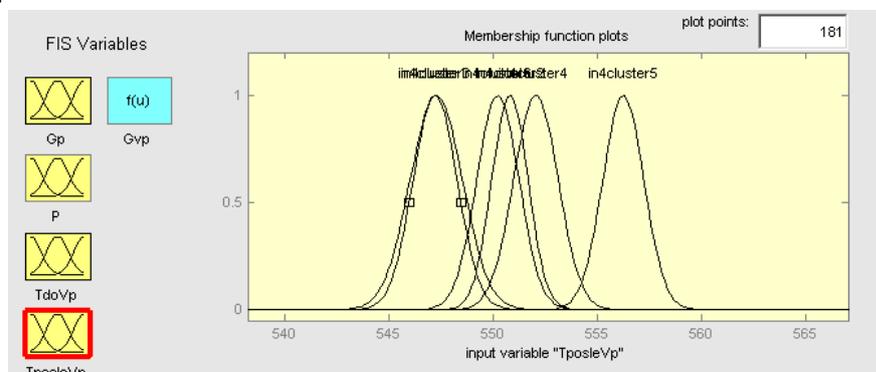


Рисунок 3 – Лінгвістична змінна «Температура пари до впорскування»

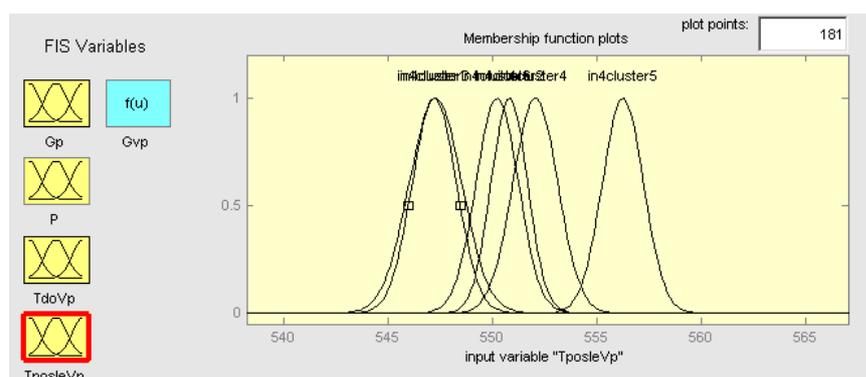


Рисунок 4 – Лінгвістична змінна «Температура після впорскування»

Лінгвістична змінна «Температура після впорскування» є вхідною змінною. Діапазон змін від 0 до 560 °С, перевищення температури може призвести до виведення з ладу обладнання. Одиниці виміру °С.

Правила були отримані автоматично після роботи регулятора, кожна змінна розбита на 6 кластерів, в результаті отримана вихідна змінна також з шістьма кластерами. Кожен кластер відповідає за певну область видозмінення змінної.

Узагальнений алгоритм роботи нечіткого регулятора наведено на рис. 5.



Рисунок 5 – Узагальнений алгоритм роботи нечіткого регулятора

**Висновки.** Використання нечіткої логіки є інноваційною технологією для вирішення проблем у багатопараметричних та нелінійних системах шляхом визначення стратегії управління. В результаті роботи був розроблений узагальнений алгоритм нечіткого регулятора для забезпечення плавності впорскування в прямоточному котлі.

#### Перелік посилань:

1. Новіков П.В. Моделювання роботи системи автоматичного регулювання температурного режиму прямоточного котлоагрегату на базі двоканального нечіткого контролера [Текст] / П.В. Новіков, О.С. Бунке // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія «Технічні науки». Херсон, 2020. Том 31(70) № 2. С. 132–139

2. Штіфзон О.Й., Калуга Б.М. Регулювання температури в приміщенні з використанням нечіткої логіки (fuzzy logic). *Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики*: матеріали XVIII міжн. наук.-практ. конф., 23–26 квітня 2023. Київ. 2023. Т.2. С.62-63.

3. MATLAB S. N. Sivanandam, S. Sumathi, S. N. Deepa. Introduction to Fuzzy Logic using Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2007. 430 p.

4. Robert Howlett, S H Lee, Engine fuel injection control using fuzzy logic URL: [https://www.researchgate.net/publication/228977344\\_Engine\\_fuel\\_injection\\_control\\_using\\_fuzzy\\_logic](https://www.researchgate.net/publication/228977344_Engine_fuel_injection_control_using_fuzzy_logic) (дата звернення 11.03.2024)

<sup>1</sup> Магістрант 1 курсу Ворошилов А.І.

<sup>1</sup> Доц., к.т.н. Батюк С.Г.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=cWaZ5o4AAAAJ&hl=uk>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ПОЛІГОН ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНО ОПТИМАЛЬНИХ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНИХ САР

**Постановка проблеми.** Підвищення ефективності САР теплоенергетичних ОУ є актуальною задачею промислової автоматизації. Особливо актуальною є розробка та імітаційне моделювання технологічно оптимальних теплоенергетичних САР.

**Аналіз проблеми.** Технологічний об'єкт управління (ТОУ) – це технологічний агрегат (піч, котел, інженерна система тощо). Автоматизований технологічний комплекс (АТК) – це ТОУ, керований АСУ. ТОУ – це комплекс ОУ (каналів передачі дії «зміна регульовальної дії – зміна регульованого параметру»). АСУ – це комплекс автоматичних систем регулювання (АСР). АТК – це комплекс САР режимних параметрів. АТК – це кіберфізична система (КФС). Теплоенергетична САР – це САР теплоенергетичного ОУ. Теплоенергетичні ОУ в складі теплоенергетичного ТОУ – це «повільні» і «дуже повільні» ОУ (аперіодичні ланки високого порядку; бак з рідиною – інтегральна ланка).

Технологічно оптимальна САР – це САР, розроблена з урахуванням обмежень на реальні умови функціонування АТК. Поняття «технологічної оптимальності» протиставляється поняттю «технічної оптимальності».

Технічно оптимальна САР реалізує принцип мінімальної складності Солодовнікова [1]. Принцип мінімальної складності визначає, що САР має мати мінімальну технічну складність (мінімізація технічної складності з урахуванням обмежень знизу на якість регулювання).

Технологічно оптимальна САР реалізує принцип максимальної роботоздатності. Принцип максимальної роботоздатності визначає, що САР має мати максимальну технологічну роботоздатність (максимізація технологічної роботоздатності з урахуванням обмежень знизу на якість регулювання).

Поняття «технологічної оптимальності» САР більш широке, ніж поняття «технічної оптимальності» САР. Технічно оптимальна САР є окремим випадком технологічно оптимальної САР (мінімізація технічної складності є окремим випадком максимізації технологічної роботоздатності).

Поняття «технологічна роботоздатність» поширюється на: технічну складність САР; надійність реалізації вимірювальних, управляючих і захисних функцій САР; безлюдність функціонування САР; малочутливість САР до параметричних збурень (дрейфу характеристик ОУ); відтворюваність результатів розрахунку, моделювання, налагодження і тестування САР; модифікованість і тиражованість САР (здатність до модифікації і тиражування). Поняття «технологічна роботоздатність САР» є достатньо нечітким поняттям і його практично неможливо математично формалізувати. Єдина можливість формалізації поняття «технологічна роботоздатність САР» – сформулювати комплекс вимог до структури і функціональності САР, які вже можна формалізувати математично (декомпозиція – аналітичний метод).

**Постановка завдання.** Розробити полігон структурного імітаційного моделювання технологічно оптимальних САР теплоенергетичних ОУ. Визначити типи САР, які є технологічно оптимальними. Дослідити технологічно оптимальні теплоенергетичні САР функціональним імітаційним моделюванням. Реалізувати структурне імітаційне моделювання універсальної технологічно оптимальної САР з універсальним ОУ.

**Моделювання і дослідження.** Розроблений полігон структурного імітаційного моделювання реалізований на платформі СКМ Matlab Simulink – софтПЛК CoDeSys – HMI/SCADA-система AVEVA Web Studio [2].

Технологічно роботоздатна САР має працювати 1) як можна довше (тобто, має мати відносно малу технічну складність) і в 2) безлюдному режимі (тобто, не має потребувати постійного обслуговування і переналагодження). Це означає, що така технологічно оптимальна САР має бути лінійною (що забезпечує відтворюваність перехідних процесів) і малочутливою до параметричних збурень (тобто, є пасивно адаптивною за рахунок відносно великого запасу сталості замкненої САР і не потребує періодичної активної адаптації). Найважливішим з вказаних чинників є принципова вимога лінійності САР (лінійність ОУ і регулюючого органу (РО); лінійність регулятора).

Лінійна САР вибирається не тому, що вона легша за нелінійну в розрахунках (хоча і легша), а тому, що для неї і тільки для неї працює принцип суперпозиції – найважливіший після принципу регулювання за відхиленням (принципу зворотного зв'язу) принцип управління. Для нелінійної САР принцип суперпозиції не працює. Принцип суперпозиції визначає, що в лінійній САР реакція на збурення є сумою реакцій на типові збурення, на які це збурення може бути розкладене. Це призводить до 4-х принципових наслідків. 1) Якість перехідних процесів в лінійній САР не залежить від амплітуди збурення. Моделюємо для одиничного збурення. Для неединичних збурень криві перехідних процесів еквідистантні – пропорційно амплітудам збурень змінюються тільки амплітуди перехідних процесів, співвідношення цих амплітуд не змінюються, час регулювання не змінюється, прямі і непрямі критерії якості не змінюються, відповідно запас сталості САР не змінюється і її чутливість до параметричних збурень не змінюється. 2) Збурення в лінійній САР адитивні до ОУ як каналу передачі регулювальної дії. Це означає, що якість перехідних процесів (як запас сталості) не залежить від місця нанесення збурення (бо характеристичне рівняння замкненої САР не змінюється, а оператор збурення завжди в чисельнику оператора замкненої САР). 3) Теорема лінійності в теорії фільтрації визначає, що тільки для лінійної САР можна окремо фільтрувати сигнал і відфільтрований сигнал подати на регулювання (в нелінійній САР це має бути один алгоритм). Таким чином, реально в промисловості фільтрація виміряного сигналу можлива тільки для лінійної САР. 4) Тільки для лінійної САР результати розрахунку і моделювання є відтворюваними. Тільки лінійну САР ми можемо один раз розрахувати і змодельовати для одиничного збурення - і бути 100%-во теоретично впевненими, що на будь-якому ГОУ в будь-якій частині всесвіту вона буде себе поводити так само, тобто еквідистантно реагувати на будь-які збурення будь-якої амплітуди. Для нелінійної САР відтворюваність перехідного процесу можлива тільки для протестованого збурення протестованої амплітуди. Для інших непротестованих амплітуд і збурень нелінійна САР 100%-во теоретично може поводитись по іншому, тобто нееквідистантно.

Дослідження змодельованих технологічно оптимальних САР з теплоенергетичними ОУ здійснювалось нанесенням сигнальних збурень зі сторони РО (внутрішнє збурення) і зміною завдання. Аналіз чутливості змодельованих технологічно оптимальних САР з теплоенергетичними ОУ щодо параметричних збурень (дрейфу параметрів ОУ) здійснювалось зміною параметрів ПІД-регуляторів САР.

**Результати і висновки.** Дослідження змодельованих технологічно оптимальних САР щодо сигнальних збурень і аналіз чутливості змодельованих технологічно оптимальних САР щодо параметричних збурень дає можливість сформулювати наступні результати і висновки (рекомендації).

1. Для лінійного ОУ з вимірюванням параметру з проміжної точки технологічно оптимальна теплоенергетична САР – це лінійна каскадна САР з ПІД-регуляторами.

2. Для лінійного ОУ без вимірювання параметру з проміжної точки технологічно оптимальна теплоенергетична САР – це лінійна одноконтурна САР з класичним ПІД-регулятором або структурним ПІД-регулятором (наприклад, предиктивний, каскадний,

квадратичний регулятор тощо).

3. Для нелінійного ОУ (з нелійними РО) технологічно оптимальна теплоенергетична САР – це лінійна каскадна САР з ПІД-регуляторами змінної структури (ОУ з вимірюванням параметру з проміжної точки) або одноконтурна САР з ПІД-регулятором змінної структури (ОУ без вимірювання параметру з проміжної точки).

4. Передатна функція ОУ технологічно оптимальної теплоенергетичної САР формулюється у відносних одиницях, приведених до діапазонів вимірювання сенсору і переміщення РО. Динаміка ОУ апроксимується послідовним з'єднанням ланки транспортного запізнення і аперіодичної ланки першого порядку. Сталі часу ланок вибираються однакові. Розрахунковий перехідний процес в технологічно оптимальній САР – це процес з 20%-им перерегулюванням. Основне збурення в САР – збурення зі сторони РО. Використовується ПІ-регулятор (а не ПІД) з причини повільності теплоенергетичних ОУ (обчислювальна кінцева різниця за період квантування знаходиться в межах чутливості сенсору). Якість перехідного процесу остаточно визначається налагодженням сталої часу інтегрування ПІ-регулятора.

5. Використання внутрішнього фільтру нижніх частот в ПЛК (програмно реалізованого в ПЛК) в замкненому контурі регулювання є неефективним, так як фактично вносить додаткову інерційність в контур регулювання. Так як ОУ сам є фільтр нижніх частот, то високочастотні перешкоди практично не впливають на якість регулювання в САР. Використання внутрішнього фільтру нижніх частот в ПЛК є ефективним для фільтрації сигналу, який передається для візуалізації на реєструючий прилад або в HMI/SCADA-систему.

6. Фундаментальним є принцип «одна регульовальна дія – один регульований параметр» (ОУ – SISO). Технологічно оптимальні САР мають бути автономні. Ніяких компенсаційних зв'язків між окремими САР не має бути. Взаємні впливи САР розглядаються як шкідливі збурення, які мають бути компенсовані самою САР. Для прискорення швидкодії може бути реалізований принцип «однорегульований параметр – дві регульовальні дії» (якщо є така технологічна можливість).

7. Універсальною технологічно оптимальною САР є каскадна САР. За необхідності, вона легко може бути редукована до одноконтурної САР. З цієї причини рекомендується використовувати в ПЛК функціональний макроблок каскадної АСР з відповідною логікою вибору алгоритму.

8. Структурне імітаційне моделювання універсальної технічно оптимальної теплоенергетичної САР – це моделювання каскадної САР. Відповідно, універсальний ОУ для моделювання – це ОУ з вимірюванням параметру з проміжної точки.

9. На етапі підготовки ТОУ до автоматизації необхідно, якщо це можливо, реалізувати технологічні рішення (не рішення з автоматизації, а саме технологічні рішення), які дозволяють реалізувати принцип автономності (ліквідувати впливи (збурення) між автономними САР) і принцип каскадності (вимірювання параметру з проміжної точки ОУ) технологічно оптимальної САР.

10. Класична ТАУ (передатні функції; частотний аналіз) має ідеологічну перевагу перед сучасною ТАУ (диференціальні рівняння; моделі в просторі станів) щодо формулювання принципів технологічної оптимальності САР і формалізації вимог до реалізації технологічно оптимальних теплоенергетичних САР.

#### **Перелік посилань:**

1. Батюк С.Г. Порівняльний аналіз класичного і некласичного підходів до створення АСУ ТП в енергетиці на основі сучасних ПТК. / С.Г. Батюк, Ю.М. Ковриго, В.П. Бунь. // Наукові вісті НТУУ „КПІ”. – 1999. – № 2. – С. 40-48.

2. Батюк С.Г. Імітаційне моделювання і цифровий твінінг енергетичних кіберфізичних систем (кібер-енергетичних систем) // Досягнення України та країн ЄС у сфері інновацій і винахідництва в галузі техніки : колективна монографія. С. 44-109. Рига, Латвія : Izdevnieciba “Baltija Publishing”, 2022. 544 с. 65 с.

<sup>1</sup> Магістрант 1 курсу Гощицький Я.В.

<sup>1</sup> Ст.викл. Штіфзон О.Й.

<https://scholar.google.com/citations?user=WB12UuMAAAAJ&hl=ua>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИЙ ОБІГРІВ ПРИМІЩЕНЬ В УМОВАХ КОМБІНОВАНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ

Об'єкти, для яких вкрай важливим є надійне забезпечення параметрів мікроклімату, досить облаштовують декількома теплогенераторами які необхідно перемикає. Таке перемикання відбувається в залежності від ціни генерації та можливості її використання. Аби зменшити вплив людського фактору, було вирішено розробити систему, яка б включала в себе алгоритм, що може забезпечити енергоефективний режим роботи в автоматичному режимі. Розробка такого алгоритму переключення пов'язана як із енергоефективністю, так і з надійністю різних джерел тепла.

В будівлі, де планується впровадження системи, використовуються різноманітні методи генерації тепла, такі як: теплові насоси, газові та електричні котли, а також гаряче водопостачання від теплоелектроцентралі. Для кожне з цих джерел енергії існують свої проблеми, такі як коливання цін на газ та електроенергію, нестабільність роботи теплового насоса за низьких температур, можливі відмови в центральній системі гарячого водопостачання та в системі газопостачання. І все це слід також врахувати при побудові системи.

Регулювання роботи генераторів тепла на даному об'єкті розроблено з урахуванням оптимального використання різних джерел енергії в залежності від їхньої доступності та вартості. Алгоритм роботи системи передбачає ефективне керування тепло генерацією для забезпечення економії та надійності і полягає в наступному:

- Гаряча вода з міського водопостачання: Найбільш економічний варіант, але із застереженнями. Автоматична система враховує доступність гарячої води та вартість енергії. У випадку недоступності або постійних збоїв, система переходить до інших джерел.
- Тепловий насос: Високий пріоритет, якщо температура не нижче – 7 градусів. У випадку подальшого зниження температури енергоефективність системи знижується система і відбувається автоматичне перемикання на інші джерела тепла [1].
- Каскад газових котлів: Якщо використання тепловий насосу стає неефективним або неможливим, система активує газові котли. Використання даних агрегатів на даний момент є дешевше, ніж використання електричних котлів, але не слід виключати із можливість перебоїв у газопостачанні та дорожчання газу [2].
- Каскад електричних котлів: Останній варіант у порядку пріоритету. Використовується тільки в тих випадках, коли інші джерела не доступні або їх робота неефективна [3].

Такий алгоритм дозволяє автоматично вибрати найбільш оптимальне джерело тепла, забезпечуючи стабільність та вартісну ефективність системи при змінних умовах. Даний алгоритм може змінюватись в залежності від цін на енергоресурси. Система додатково враховує погодні умови.

При ініціалізації установки контролер активує перший котел і спостерігає за вихідними параметрами. У випадку нестатку потужності контролер видає команду на

запуск наступного котла, продовжуючи цей процес до досягнення оптимального режиму роботи.

Контроль роботи каскаду електричних котлів працює на аналогічному принципі, проте з деякими особливостями. Кожен з електричних котлів має дві ступені, які чергуються за часом роботи, враховуючи напрацювання, для забезпечення рівномірного розподілення навантаження і подовження термін служби. Схема комбінованої генерації представлена на рис. 1.

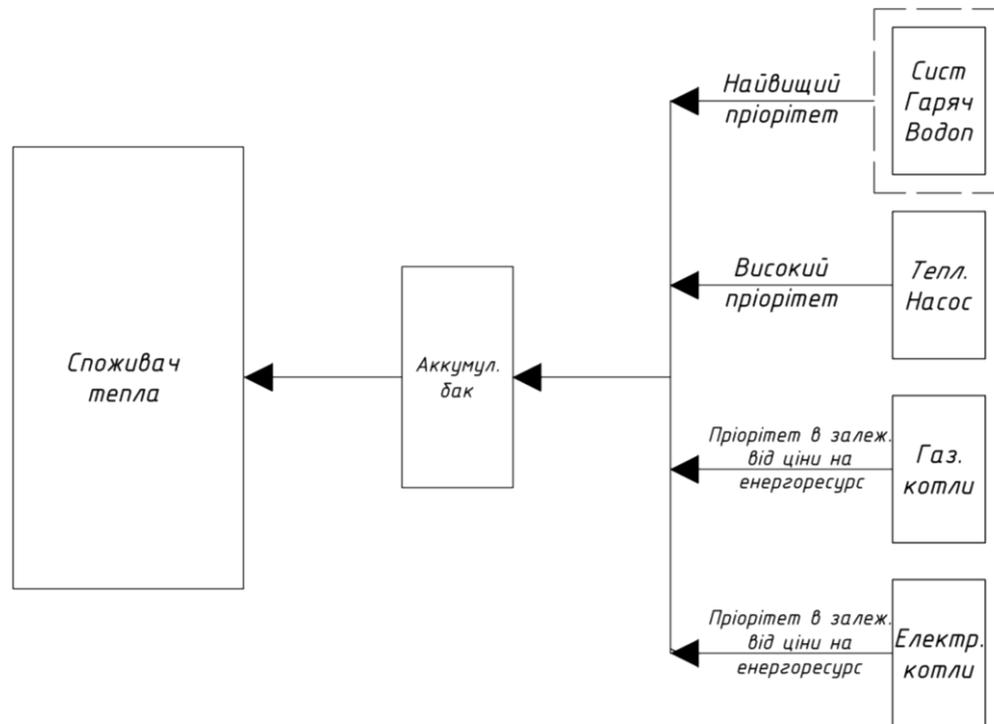


Рисунок 1 – Схема комбінованої генерації енергії

Розроблений алгоритм управління генерацією тепла на об'єкті враховує різноманітність джерел енергії та їхні проблеми, спрямовуючись на максимальну ефективність та стабільність роботи системи. Враховуючи пріоритети використання різних джерел (гаряча вода з міського водопостачання, тепловий насос, газові котли, електричні котли), система автоматично переключасться на оптимальний варіант з урахуванням різних умов, таких як ціни на енергоресурси, температурні умови та можливі технічні неполадки. Все це дозволяє максимально використовувати доступні ресурси для забезпечення стабільної та ефективної генерації тепла на об'єкті.

**Перелік посилань:**

1. Рей Д., Макмайл Д. Теплові насоси. – 1982 – 224 с
2. Кравченко В.С., Саблій Л.А. Гаряче водопостачання будівель: Навч. посібник, - 2-е вид. — РівНе, РДТУ, 2000. — 152 с.
3. Параска Г.Б., Миколюк О.А., Оцінка ефективності використання електричних систем опалення. – 2015 – 73-79.

## МОНІТОРИНГ ТА УПРАВЛІННЯ КІНЦЕВИМИ ТОЧКАМИ ЗА ДОПОМОГОЮ ІНТЕРАКТИВНОЇ КОНСОЛІ

**Постановка проблеми та її актуальність.** Сучасний світ постійно розвивається, особливо в галузі інформаційних технологій та винаходів. На будь-якому підприємстві існує величезна кількість пристроїв, які взаємодіють у єдиній мережі – це комп'ютери, телефони, принтери та сервери. Зі зростанням кількості пристроїв у мережі стає важче відстежувати їх стан, а цей процес забирає багато часу. Внаслідок цього не всі пристрої завжди мають останні оновлення, важче відслідковувати параметри систем та загрози, що робить саму мережу вразливішою.

Сучасний ландшафт загроз став більш непередбачуваним, особливо після COVID-19, повномасштабного вторгнення росії на територію України, та широкого впровадження дистанційної та гібридної роботи. Це призводить до ускладнення процесу моніторингу та управління пристроями, так як більшість людей не можуть це робити вчасно та якісно. А кількість загроз збільшується і збільшується

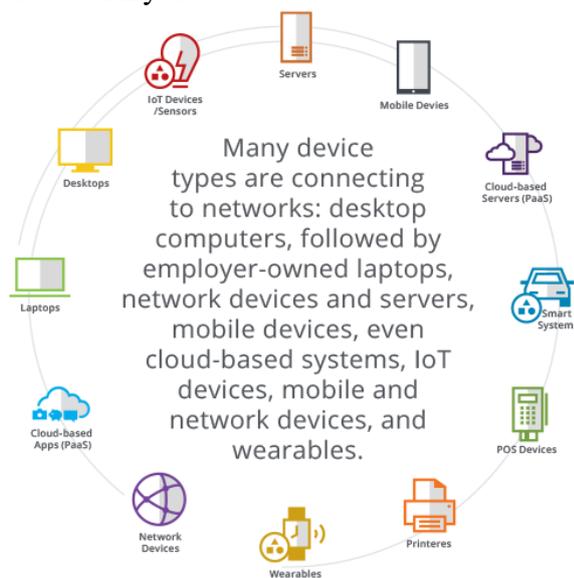


Рисунок 1 – Приклади кінцевих точок

**Аналіз останніх досліджень.** У зв'язку з останніми подіями, все більше людей переходить на віддалену роботу, і, отже, немає можливості фізично обслуговувати пристрої вручну, що призводить до їх збільшеної вразливості. Річ у тому, що кількість працівників, які працюють віддалено, щорічно зростає на 25-30% [1]. Це не стосується лише компаній у сферах ІТ, логістики чи фінансів, але й різних типів підприємств. На підприємствах існує велика кількість пристроїв, які входять в мережу і потребують постійного нагляду, встановлення оновлень та технічної підтримки. Усе це можливо здійснити за допомогою інтерактивної консолі.

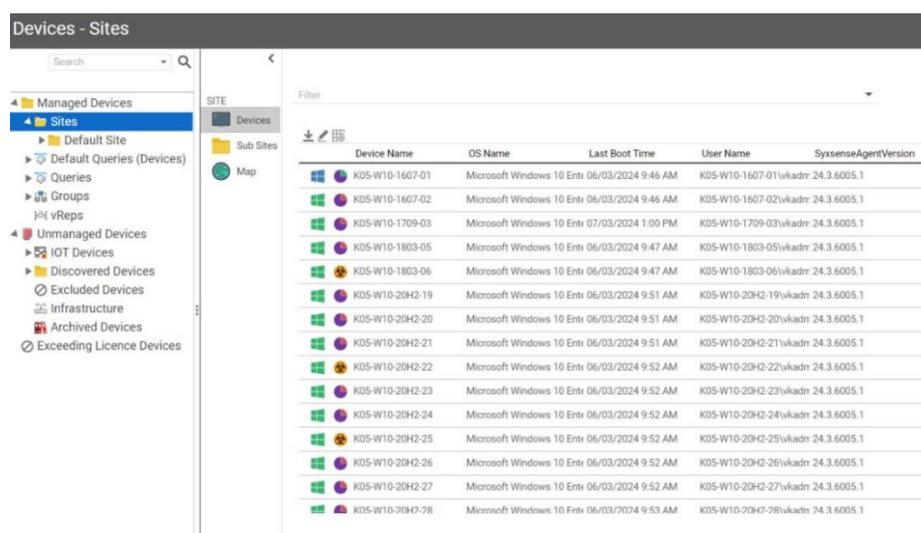
**Формулювання мети.** На сьогоднішній день існує велика кількість рішень, які дозволяють віддалено моніторити та управляти кінцевими точками. Проте, на мою думку, найбільш оптимальним вибором є консоль від компанії Suysense. Давайте розглянемо це рішення ближче.

**Основна частина.** Інтерактивна консоль від компанії Syxsense надає можливість відстежувати та управляти великою кількістю пристроїв, включаючи комп'ютери та ноутбуки на базі операційних систем Windows 7, Windows 10, Windows 11 [2], різні дистрибутиви Linux та Mac OS, а також мобільні пристрої з різними операційними системами, сервери на базі Windows Server, Active Directory та інше.

Давайте розглянемо процес моніторингу та управління пристроями, що працюють під управлінням операційної системи Windows. Для додавання пристрою до консолі необхідно встановити спеціальну програму. Це здійснюється легко та швидко, займаючи менше 2 хвилин. Проте, при великій кількості пристроїв, цей метод може бути неефективним. В такому випадку, Windows Discovery Agent стає вирішальним, дозволяючи встановлювати агент на комп'ютери у локальній мережі через завдання Discovery. Зазначаючи IP-адреси пристроїв та дані локального користувача, можна встановити агент Syxsense Micro agent, уникнувши необхідності встановлення програми на кожному окремому пристрої.

Після додавання пристроїв, на сторінці "Детальний огляд пристрою" доступна візуалізація стану "Здоров'я комп'ютера" з повною розбивкою, а також інформація про "Безпеку комп'ютера", "Поточну активність" та "Інформацію про систему".

Загалом, консоль дозволяє виконувати всі необхідні операції з пристроями та мережею, що може бути важливим як для використання звичайного віддаленого доступу, так і для додавання пристрою до групи, написання скриптів для автоматизації процесів чи виконання завдань інвентаризації. І все це здійснюється швидко та зручно завдяки легкому та інтуїтивно зрозумілому інтерфейсу.



Device Name	OS Name	Last Boot Time	User Name	SyxsenseAgentVersion
K05-W10-1607-01	Microsoft Windows 10 Ent	06/03/2024 9:46 AM	K05-W10-1607-01\vkadr	24.3.6005.1
K05-W10-1607-02	Microsoft Windows 10 Ent	06/03/2024 9:46 AM	K05-W10-1607-02\vkadr	24.3.6005.1
K05-W10-1709-03	Microsoft Windows 10 Ent	07/03/2024 1:00 PM	K05-W10-1709-03\vkadr	24.3.6005.1
K05-W10-1803-05	Microsoft Windows 10 Ent	06/03/2024 9:47 AM	K05-W10-1803-05\vkadr	24.3.6005.1
K05-W10-1803-06	Microsoft Windows 10 Ent	06/03/2024 9:47 AM	K05-W10-1803-06\vkadr	24.3.6005.1
K05-W10-20H2-19	Microsoft Windows 10 Ent	06/03/2024 9:51 AM	K05-W10-20H2-19\vkadr	24.3.6005.1
K05-W10-20H2-20	Microsoft Windows 10 Ent	06/03/2024 9:51 AM	K05-W10-20H2-20\vkadr	24.3.6005.1
K05-W10-20H2-21	Microsoft Windows 10 Ent	06/03/2024 9:51 AM	K05-W10-20H2-21\vkadr	24.3.6005.1
K05-W10-20H2-22	Microsoft Windows 10 Ent	06/03/2024 9:52 AM	K05-W10-20H2-22\vkadr	24.3.6005.1
K05-W10-20H2-23	Microsoft Windows 10 Ent	06/03/2024 9:52 AM	K05-W10-20H2-23\vkadr	24.3.6005.1
K05-W10-20H2-24	Microsoft Windows 10 Ent	06/03/2024 9:52 AM	K05-W10-20H2-24\vkadr	24.3.6005.1
K05-W10-20H2-25	Microsoft Windows 10 Ent	06/03/2024 9:52 AM	K05-W10-20H2-25\vkadr	24.3.6005.1
K05-W10-20H2-26	Microsoft Windows 10 Ent	06/03/2024 9:52 AM	K05-W10-20H2-26\vkadr	24.3.6005.1
K05-W10-20H2-27	Microsoft Windows 10 Ent	06/03/2024 9:52 AM	K05-W10-20H2-27\vkadr	24.3.6005.1
K05-W10-20H2-28	Microsoft Windows 10 Ent	06/03/2024 9:53 AM	K05-W10-20H2-28\vkadr	24.3.6005.1

Рисунок 2 – Вигляд Windows девайсів у консолі

Після додавання пристрою до консолі автоматично формуються завдання Patch Scan та Security Scan.

У Patch Scan програмне забезпечення Syxsense проводить сканування пристроїв для визначення потреби встановлення конкретних патчів як для операційних систем, так і для стороннього програмного забезпечення. Крім того, воно перевіряє, чи присутні на пристроях застарілі або новіші патчі.

Security Scan - це потужний інструмент, який дозволяє планувати регулярне або одноразове сканування вразливостей всіх пристроїв або конкретних пристроїв. Також є можливість проводити кастомні перевірки системи, визначаючи вразливості та перевіряючи вільне місце на диску чи відповідність записів у реєстрі.

Під час виконання перевірок можна налаштувати відповідні дії через Low Code програмування, створюючи Cortex Workflow.

Syxsense Cortex - це система для інтелектуальної автоматизації робочих процесів за

принципом "drag-and-drop". Під час виконання воркфлоу виконуються запити сервера до пристрою. Таким чином, якщо пристрій перебуває в автономному режимі, ви можете організувати його у вигляді політики Cortex для гарантії виконання завдань. У цьому випадку сервер повторно висилає запити до пристрою до отримання позитивної відповіді. Після отримання доступу до пристрою створюється запланована задача, яка додається до черги завдань.

Syxsense Cortex представляє собою потужну та легку в управлінні систему автоматизації, що дозволяє створювати власні послідовності завдань в консолі Syxsense.

Для полегшення моніторингу доступно 20 дашбордів, які оптимізовані під конкретні процеси та операційні системи. Крім того, ви маєте можливість створювати власні дашборди для відстеження будь-якого процесу за вашими потребами.

Ну і, звісно, можна налаштувати сповіщення після кожної виконаної дії.

**Висновки.** Підсумовуючи, використання інтерактивної консолі є потужним інструментом для різних видів бізнесу. Використання цього рішення заощаджує значну кількість часу і підвищує якість системи та їхню захищеність. Це дозволяє моніторити стан систем і швидко реагувати з будь-якого місця світу.

**Перелік посилань:**

1. IRIS SHIPPING LLC URL: [https://ua.linkedin.com/company/iris-shipping-com-ua?trk=article-ssr-frontend-pulse\\_publisher-author-card](https://ua.linkedin.com/company/iris-shipping-com-ua?trk=article-ssr-frontend-pulse_publisher-author-card) (дата звернення 07.03.2024)
2. Syxsense. URL: <https://www.syxsense.com/> (Дата звернення 07.03.2024)

## УДК 681.5

<sup>1</sup> Магістрант 1 курсу Дзюмак В.С.

<sup>1</sup> Доц., к.т.н. Степанець О.В.

<https://scholar.google.com/citations?hl=uk&user=Kq9ce50AAAAJ>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

### НАЛАШТУВАННЯ РЕГУЛЯТОРІВ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПАРОВИМ ТЕПЛОПУНКТОМ МЕТОДОМ СКОГЕСТАДА

#### Постановка проблеми та її актуальність для даного тексту.

У сучасному світі гостро стоїть питання автоматизації типових установок. До них відноситься і поширений клас індивідуальних теплопунктів, у тому числі парових. Оптимізація виокристання ресурсів під час пуско-налагоджувальних робіт та впродовж тривалого часу експлуатації включає також пошук універсального методу налаштування регуляторів. Одним із таких методів є метод, запропонований Скогестадам [1], який пропонує різні варіанти налаштування для об'єктів різних структур.

**Мета роботи.** Мета роботи полягає в дослідженні ефективності методу Скогестада для налаштування ПІД-регуляторів на прикладі контурів регулювання парового теплового пункту виробничого підприємства [2].

**Основна частина.** Для забезпечення ефективної та безпечної роботи теплового пункту необхідна система автоматичного керування, яка підтримуватиме параметри, що підлягають регулюванню, на заданому оператором рівні. Паровий тепловий пункт, описаний в [2], має кілька контурів керування, причому моделі об'єктів керування мають різну структуру. Для прикладу візьмемо декілька моделей (табл. 1).

Таблиця 1 – Моделі об'єктів керування

№	Назва	Передавальна функція
Дослід 1	Положення клапана подачі пари - температура води на подачі в систему опалення	$W(s) = \frac{0.58}{(20s+1)(18s+1)} \cdot e^{-16s}$ (1)
Дослід 2	Положення клапану подачі холодної води – рівень у баку ГВП	$W(s) = \frac{1}{139s} \cdot e^{-30.5s}$ (2)
Дослід 3	Продуктивність насосів системи опалення – перепад тиску в системі опалення	$W(s) = \frac{0.4}{8.125p+1} * e^{-3s}$ (3)

Метод Скогестада для налаштування ПІД-регулятора базується на моделі, в якій параметри регулятора представлені як функції параметрів самої моделі процесу. Цей метод передбачає, що система керування має блок-схему передачі, яка зображена на рис. 1 [1].

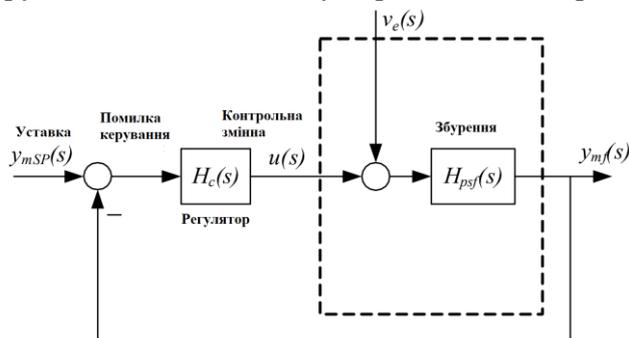


Рисунок 1 - Блок-схема системи керування при налаштуванні ПІД-регулятора за методом Скогестада

На даній схемі зображена передавальна функція  $H_{ps}(s)$  яка є узагальненою функцією передавального процесу, датчика та фільтра нижніх частот. Блок-схема також показує можливі збурення, які можна використати для дослідження якості стабілізації контрольованого параметра.

Спосіб налаштування методу Скогестада базується на такому підході: передавальна функція  $T(s)$  замкнутої системи керування від уставки до точки вимірювання процесу визначається як інерційна ланка першого порядку зі транспортним запізненням (за потреби).

$$T(s) = \frac{y_{mf}(s)}{y_{mSP}(s)} = \frac{1}{T_C s + 1} \cdot e^{-\tau s} \quad (1)$$

де  $T_C$  — постійна часу замкнутого контуру системи керування, яку має вказати користувач;

$\tau$  — транспортне запізнення процесу.

З блок-схеми (рис. 1) можна отримати:

$$T(s) = \frac{H_c(s) \cdot H_{psf}(s)}{1 + H_c(s) \cdot H_{psf}(s)} \quad (2)$$

Звідки:

$$\frac{H_c(s) \cdot H_{psf}(s)}{1 + H_c(s) \cdot H_{psf}(s)} = \frac{1}{T_C s + 1} \cdot e^{-\tau s} \quad (3)$$

Тут єдиною невідомою є передавальна функція регулятора,  $H_c(s)$ . Автор методу, зробивши деякі належні спрощення, визначає закон регулювання як ПІД або ПІ-регулятор для очікуваної передавальної функції системи. Залежно від структури моделі об'єкта керування рекомендуються наступні формули налаштування (табл. 2).

Таблиця 2 – Формули налаштування методу Скогестада

Тип процесу	$H_{psf}(s)$ (процес)	$K_p$	$T_i$	$T_d$
Інтегральна ланка + запізнення	$\frac{K}{s} e^{-\tau s}$	$\frac{1}{K(T_C + \tau)}$	$c(T_C + \tau)$	0
Інерційна ланка + запізнення	$\frac{K}{T s + 1} e^{-\tau s}$	$\frac{T}{K(T_C + \tau)}$	$\min [T, c(T_C + \tau)]$	0
Інтегральна + інерційна ланки + запізнення	$\frac{K}{(T s + 1)s} e^{-\tau s}$	$\frac{1}{K(T_C + \tau)}$	$c(T_C + \tau)$	T
Інерційна ланка другого порядку + запізнення	$\frac{K}{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)} e^{-\tau s}$	$\frac{T_1}{K(T_C + \tau)}$	$\min [T_1, c(T_C + \tau)]$	$T_2$
Інтегральна ланка другого порядку + запізнення	$\frac{K}{s^2} e^{-\tau s}$	$\frac{1}{4K(T_C + \tau)^2}$	$4(T_C - \tau)$	$4(T_C - \tau)$

Тут параметр  $c$  рекомендовано обирати в діапазоні  $c=2..4$ .

Формули Скогестада передбачають послідовну форму ПІД-регулятора, який має таку функцію передачі:

$$u(s) = K_p \frac{(T_i s + 1)(T_d s + 1)}{T_i} \cdot e(s) \quad (4)$$

де  $K_p$ ,  $T_i$ ,  $T_d$  – параметри регулятора

Для стандартної ISA-форми ПІД-регулятора потрібно здійснити перерахунок параметрів налаштувань за такими формулами:

$$K_{pp} = K_p \left(1 + \frac{T_d}{T_i}\right); \quad T_{ip} = T_i \left(1 + \frac{T_d}{T_i}\right); \quad T_{dp} = T_d \frac{1}{1 + \frac{T_d}{T_i}} \quad (5)$$

Перехідні характеристики процесів у замкнених контурах для обраних об'єктів керування (табл. 1) по каналах відпрацювання уставок та протидії збуренням наведені на рис. 2.

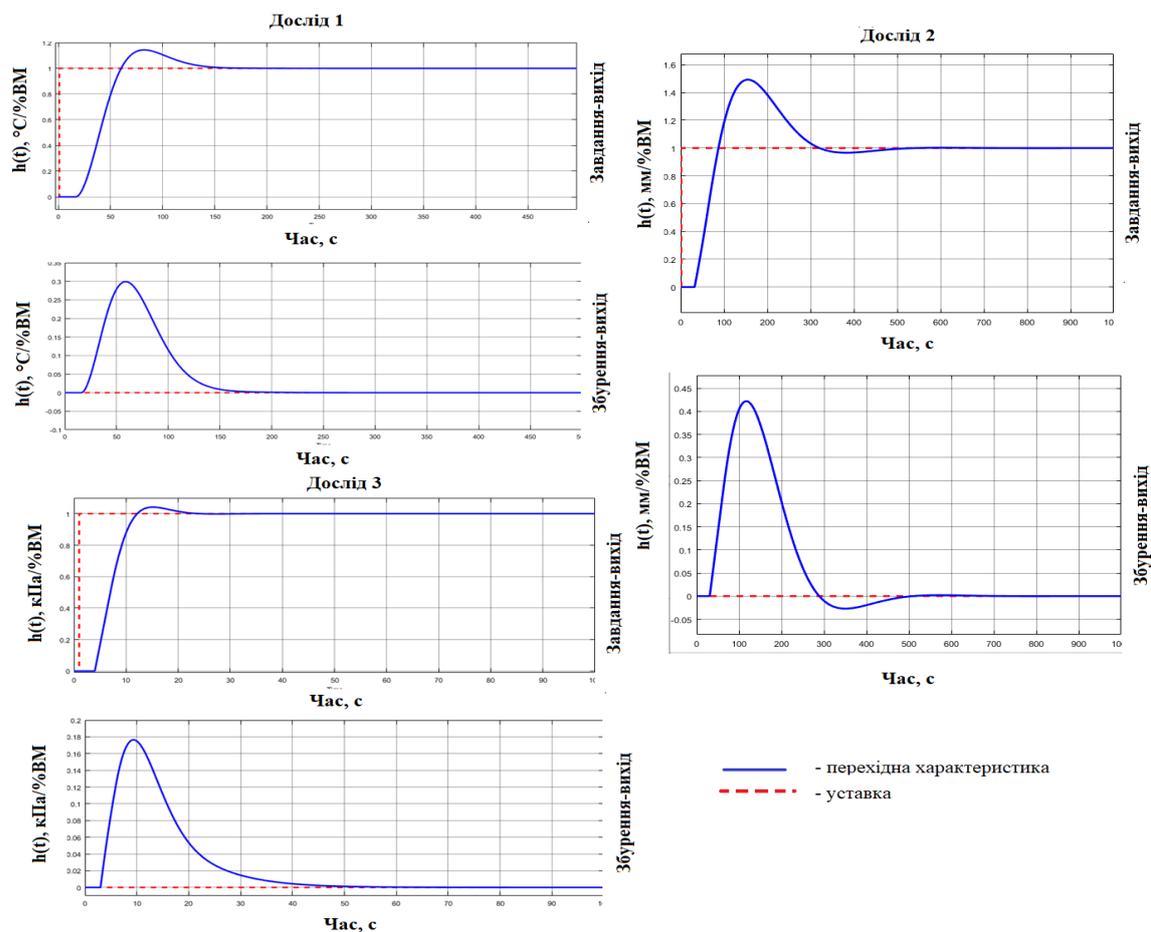


Рисунок 2 - Перехідні характеристики «завдання-вихід» та «збурення-вихід»

Таблиця 3 – Показники якості

	Дослід 1		Дослід 2		Дослід 3	
	Завдання-вихід	Збурення-вихід	Завдання-вихід	Збурення-вихід	Завдання-вихід	Збурення-вихід
Статистична похибка $\Delta_{ст}$	0	0	0	0	0	0
Динамічна похибка $\Delta_{дин}$	0.17	0.3	0.49	0.42	0.176	0.05
Перерегулювання $\sigma$ , %	17	0	8	7	17.6	0
Ступінь затування $\psi$	1	1	0.999	0.999	1	1
Час перехідного процесу, с	120	140	290	405	33	17

**Висновки.** Дослідження ефективності методу Скогестада для налаштування ПІД-регулятора показало, що він забезпечує показники якості керування системою у заданих межах. Використання цього методу дозволило побудувати перехідні процеси з задовільною швидкістю реакції та допустимим перерегулюванням для об'єктів, що описуються моделями різної структури. Отримані результати свідчать про придатність методу Скогестада для ефективного налаштування ПІД-регуляторів у різних технічних застосуваннях.

Однак, як і в переважній більшості експрес-методик, для досягнення оптимальних результатів параметри регулятора повинні бути уточнені. Разом з тим розглянутий метод дозволяє не лише забезпечити високу якість керування, а й уніфікує процедуру налаштування, що є важливим аспектом в автоматизованих системах управління.

**Перелік посилань:**

1. Finn Haugen, Advanced Dynamics And Control: TechTeach: 2010. С. 289-295.
2. Степанець О. В., Ущатовський А. П. Синтез системи автоматичного керування промисловим пароводяним тепловим пунктом. Східно – Європейський журнал передових технологій. 2015. № 75. С. 54–60.

<sup>1</sup> Магістрант 1 курсу Костючик О.А.

<sup>1</sup> Асист., к.т.н. Маріяш Ю.І.

<https://scholar.google.com.ua/citations?hl=en&user=7H2DiesAAAAJ>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ЕФЕКТИВНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ В ПРИМІЩЕННЯХ ЗА ДОПОМОГОЮ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ З РЕКУПЕРАЦІЄЮ

Вентиляція з рекуперацією – це система вентиляції, що дозволяє підвищити ефективність роботи вентиляційної установки за рахунок відновлення та використання тепла або холоду, яке зазвичай втрачається при витяжці відпрацьованого повітря із приміщення [1].

Принцип роботи вентиляції з рекуперацією полягає в тому, що витяжне повітря з будівлі перед виходом назовні проходить через гліколевий рекуператор, де його тепло передається свіжому повітрю, що надходить до будівлі. Таким чином, свіже повітря прогрівається або охолоджується перед тим, як потрапити до приміщення, що дозволяє знизити витрати на енергоресурси та покращити якість повітря у приміщенні [2].

Гліколевий рекуператор – це тип теплообмінного пристрою, що використовує два теплообмінника між якими циркулює гліколевий розчин і передає теплову енергію від одного до іншого. У рекуператорі витяжне повітря і свіже подавальне повітря проходять через окремі канали, які розміщені поруч один з одним. Розчин циркулює у відповідних каналах, при цьому відбувається передача тепла між витяжним і подаючим повітрям ззовні[3]. На рис. 1 зображено схему роботи гліколевого рекуператора.

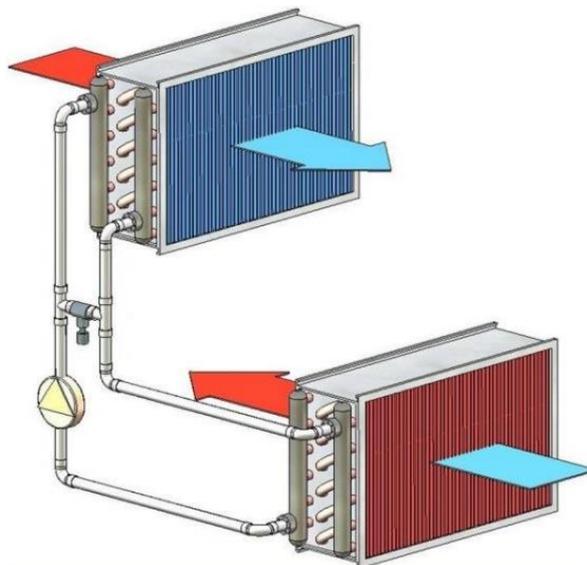


Рисунок 1 – Схема роботи гліколевого рекуператора

Основними перевагами систем вентиляції з рекуперацією є підвищена ефективність роботи вентиляційної системи, зниження витрат на енергоресурси, покращення якості повітря у приміщенні. Однак, системи вентиляції з рекуперацією також мають свої недоліки, такі як висока вартість установки та обслуговування, а також потреба у регулярному очищенні. На рис. 2 зображено спрощену схему роботи вентиляційної установки з рекуперацією.

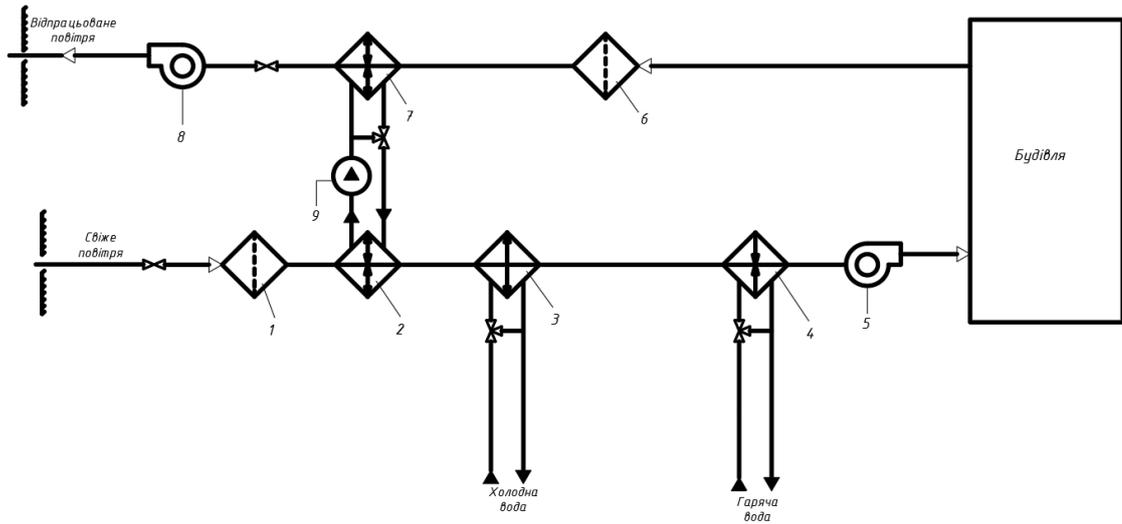


Рисунок 2 - Спрощена схема роботи системи

Принцип роботи у режимі нагрівання: регулювання температури повітря відбувається за рахунок переміщення регулюючого органу у клапані рекуператора і відповідно зміни витрати суміші рідини що проходить через теплообмінник. Використання регулятора у рекуператорі пов'язане з вимогами вентиляції приміщення у якому розташовані установки, що при роботі генерують додаткове тепло/холод. За сприятливих умов температури зовнішнього повітря регулювання температури повітря, що подається у будівлю може виконуватись за рахунок використання рекуператора. Це в свою чергу дозволяє уникнути використання додаткового енергоресурсу для нагрівання чи охолодження повітря, що подається в будівлю. Коли рекуператор виходить на свій максимум віддачі енергії для регулювання температури повітря використовується регулюючий орган нагрівача, що змінює витрату матеріального потоку, що проходить через теплообмінник нагрівача. На рис. 3 зображено перехідну характеристику контуру керування температури повітря, що подається в будівлю.

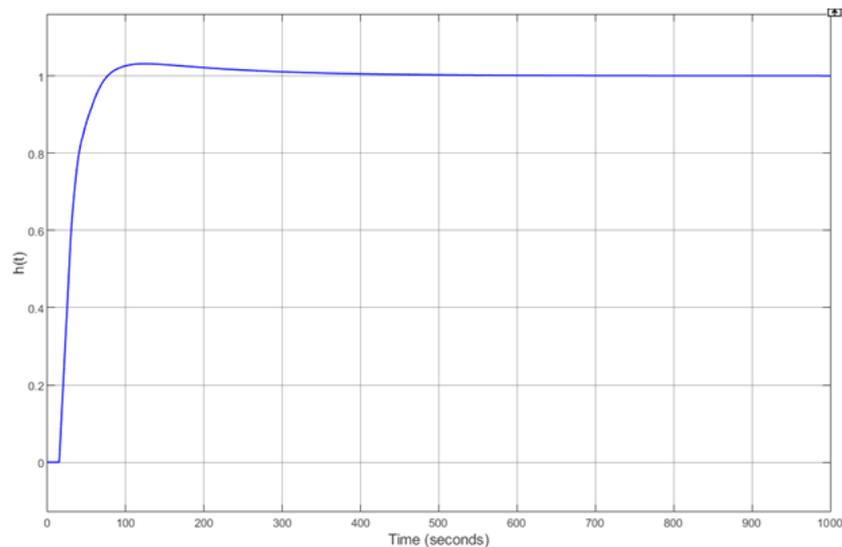


Рисунок 3 – Перехідна характеристика контуру керування температури повітря, що подається в будівлю по каналу завдання-вихід

При цілодобовому функціонуванні такого об'єкту, використання рекуператора з керуванням передачі теплової енергії від витяжного повітря до приточного, дозволить

заощадити використання додаткових енергоресурсів для керування температури повітря, що в свою чергу заощаджує кошти.

**Перелік посилань:**

1. C. Perone, M. Orsino, G. La Fianza, F. Giametta, P. Catalano, Study of a mechanical ventilation system with heat recovery to control temperature in a monitored agricultural environment under Summer conditions, Journal of Building Engineering, volume 43, November 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102745>.

2. S. Kleszcz, M. Jaszczur, B. Pawela, An analysis of the periodic counterflow heat exchanger for air-to-air heat recovery ventilators, Energy Reports, volume 9, supplement 5, July 2023, p.77-85. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egy.2023.03.088>.

3. A.M. Alklaib, Kotturu V.V. Chandra Mouli, L. Syam Sundar, Experimental investigation of heat transfer and effectiveness of employing water and ethylene glycol mixture based Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanofluid in a shell and helical coil heat exchanger, Thermal Science and Engineering Progress, volume 40, 1 May 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2023.101739>.

<sup>1</sup> Магістрант 1 курсу Росошик В.О.

<sup>1</sup> Доц., к.т.н. Баган Т.Г.

<https://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&pli=1&user=THGfTTsAAAAJ>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## БЕЗПЕКА ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ В ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

**Постановка проблеми та її актуальність.** У сучасному інформаційному суспільстві безпека передачі даних в інформаційних технологіях стала однією з ключових проблем. З великим обсягом цифрової інформації, що обмінюється між користувачами, наростає ризик несанкціонованого доступу, перехоплення та зловживання даними. Сучасне інформаційне середовище стає мішенню для кіберзлочинців, які використовують різноманітні методи для отримання конфіденційної інформації, такої як особисті дані, фінансова інформація та комерційні відомості. З прогресом технологій зростає ймовірність прослуховування та перехоплення передаваних даних, що може призвести до витоку конфіденційної інформації та порушення приватності.

**Аналіз останніх досліджень.** Останні дослідження в галузі безпеки приватних даних підкреслюють різноманітні аспекти цієї проблеми. Однією з ключових тем є розробка нових методів шифрування та аутентифікації для захисту великих обсягів даних. Дослідження також акцентують на використанні машинного навчання та штучного інтелекту для виявлення аномалій та попередження можливих загроз [3].

Ще однією важливою темою є розробка ефективних стратегій реагування на інциденти безпеки, включаючи плани відновлення після кібератак, а також навчання персоналу з питань кібербезпеки [3].

**Формулювання мети.** Метою даного дослідження є аналіз протоколу криптографічного шифрування Діффі-Хеллмана, який дозволяє двом або більше сторонам отримати загальний секретний ключ за допомогою каналу зв'язку без підслуховування. Отриманий ключ використовується для подальшого шифрування обміну за допомогою симетричних алгоритмів шифрування, що дасть змогу безпечно передавати дані між сторонами та забезпечити їхню недоторканість [1].

**Основна частина.** Забезпечення безпеки передачі даних в інформаційних технологіях вимагає комплексного підходу та постійного вдосконалення методів у зустрічі зі зростаючими кіберзагрозами. Впровадження сучасних технологій шифрування, ефективних систем аутентифікації та надійних мережевих протоколів є ключовими елементами для забезпечення безпеки інформаційного обміну в динамічному цифровому середовищі.

Тому зараз ми зосередимось на одному з протоколів криптографічного шифрування розробленим Діффі - Хеллманом, яка справила справжню революцію у світі шифрування, оскільки знімала основну проблему класичної криптографії – проблему розподілу ключів. Відкрите поширення ключів Діффі-Хеллмана дозволяє парі користувачів системи виробити спільний секретний ключ, не обмінюючись секретними даними [2].

Припустимо, обом абонентам відомі деякі два числа: велике просте  $p$  і  $g$ , які не є секретними та можуть бути відомі й іншим зацікавленим особам. Для того, щоб створити не відомий нікому іншому секретний ключ, обидва учасники генерують великі випадкові числа:

Перший — число:  $a \in \{1, \dots, p - 1\}$

Другий — число:  $b \in \{1, \dots, p - 1\}$

Потім два учасники обчислюють наступні значення:

$$A = g^a \text{mod}(p)$$

$$B = g^b \text{mod}(p)$$

Вони обмінюються цими числами і вважається, що зловмисники можуть отримати ці повідомлення, але не змінити їх.

На другому етапі, перший користувач на основі свого  $a$  і отриманого мережею  $B$  обчислює значення:

$$K = B^a \text{mod}(p) = g^{ab} \text{mod}(p)$$

А другий користувач на основі свого  $b$  і отриманого мережею  $A$  обчислює значення:

$$K = A^b \text{mod}(p) = g^{ab} \text{mod}(p)$$

Неважко помітити, що в обох користувачів виходить те саме число:

$$K = g^{ab} \text{mod}(p)$$

Отже, саме це число може використовуватись як секретний ключ, оскільки зловмисник зіткнеться з необхідністю обчислити функцію:

$$DH_g(g^a, g^b) = g^{ab} \text{mod}(p)$$

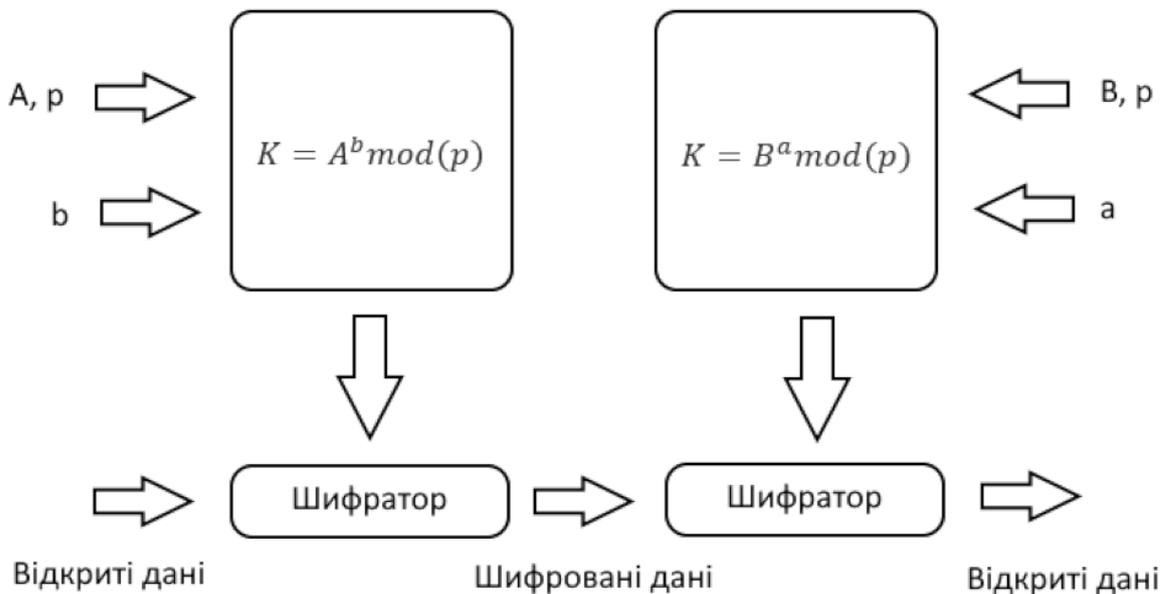


Рисунок 1 – Алгоритм шифрування Діффі - Хеллмана

Даний алгоритм має ряд переваг та недоліків, розберемо їх детальніше:

**Переваги:**

1. Алгоритм Діффі-Хеллмана забезпечує безпечний обмін ключами через незахищений канал, що робить його ідеальним для використання в відкритих мережах.
2. Цей протокол використовує асиметричну криптографію, де публічний ключ може бути розповсюджений безпечним чином, тоді як приватний залишається секретним.

3. Використання проблеми дискретного логарифмування у складній математичній операції робить атаки на протокол Діффі-Хеллмана витратними в обчислювальному плані.
4. Алгоритм широко використовується в різних сферах, таких як захист від перехоплення, підтримка безпечних веб-з'єднань, створення віртуальних приватних мереж.

#### **Недоліки:**

1. Алгоритм вразливий до атаки "людина посередині" (Man-in-the-Middle), де зловмисник може перехопити та модифікувати обмінювані ключі без відома сторін.
2. Алгоритм не надає механізмів для автентифікації сторін, тобто він не вирішує проблеми керування ключами.
3. При великих обсягах даних або високих навантаженнях алгоритм Діффі-Хеллмана може виявитися менш ефективним з точки зору продуктивності.
4. Вибір правильних параметрів є ключовим етапом для безпеки протоколу. Якщо параметри обрані неправильно, це може призвести до зниження безпеки.
5. Протокол сам по собі не надає вбудованих засобів для вирішення проблем автентифікації, і це може бути важливим недоліком у деяких застосуваннях.

**Висновки.** Забезпечення безпечної передачі даних в інформаційних технологіях вимагає використання ефективних методів та протоколів, таких як Діффі-Хеллман, з метою забезпечення конфіденційності та цілісності інформації. Актуальність цього завдання обумовлена зростанням кількості кіберзагроз, і важливість правильного вибору та впровадження криптографічних методів стає ключовою для збереження надійності цифрового обміну даними в сучасному інформаційному суспільстві.

Протокол Діффі-Хеллмана є ефективним для передачі даних через незахищені канали завдяки безпечному обміну ключами. Використовує асиметричну криптографію, легко реалізовується та застосовується в різних областях. Він забезпечує безпеку передачі даних, але важливо правильно вибирати параметри для уникнення недоліків, таких як атаки "людина посередині".

#### **Перелік посилань:**

1. В. Діффі та М. Е. Хеллман. Нові напрямки в криптографії, "IEEE Transactions on Information Theory", Листопад 2007 р., стор. 644—654.
2. Мартін Е. Хеллман, Бейлі В. Діффі та Ральф К. Меркл. Криптографічний апарат і метод, Саття "New Directions in Cryptography" патент США № 4,200,770, 29 квітня 2002 р.
3. Дж. Х. Елліс. Можливість несекретного цифрового шифрування, "Історія криптології", січень 2016 р.

<sup>1</sup> Магістрант 1 курсу Солоп В.О.

<sup>1</sup> Ст.викл., к.т.н. Некрашевич О.В.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=vM8sCH4AAAAJ&hl=uk>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## НАЛАШТУВАННЯ PID-РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ УПРАВЛІННЯ FPV-ДРОНОМ

Person View (FPV) дрон – це вид безпілотників, керування якими здійснюється за допомогою FPV-пілотування. FPV-пілотування це один із напрямів аматорського авіамоделізму, в якому пілот керує моделлю, спостерігаючи зображення, що передається з камери моделі, у спеціальних відеоокулярах або на моніторі. У цьому випадку здійснюється не тільки керування авіамоделлю за радіоканалом системи радіокерування, а й приймання сигналу та інформації з моделі по додатковому відеорадіоканалу в режимі реального часу.

Об'єктами керування в FPV-дроні є двигуни, розміщені симетрично відносно центру в чотирьох кряях дрону, що відповідають за швидкість та стабільність польоту. Інформація про швидкість обертання цих двигунів, включно з сигналом від гіроскопу надається на управляючий контролер дрону. Таким чином контролер за допомогою PID-регулятора регулює швидкість обертання двигунів, задля стабілізації положення дрону [1].

Основна мета ПІД-регулятора в FPV-дроні — виправити «помилку», регулюючи швидкість обертання двигуна. Контур керування безперервно зчитує дані датчиків і розраховує швидкість двигуна, щоб мінімізувати помилку.

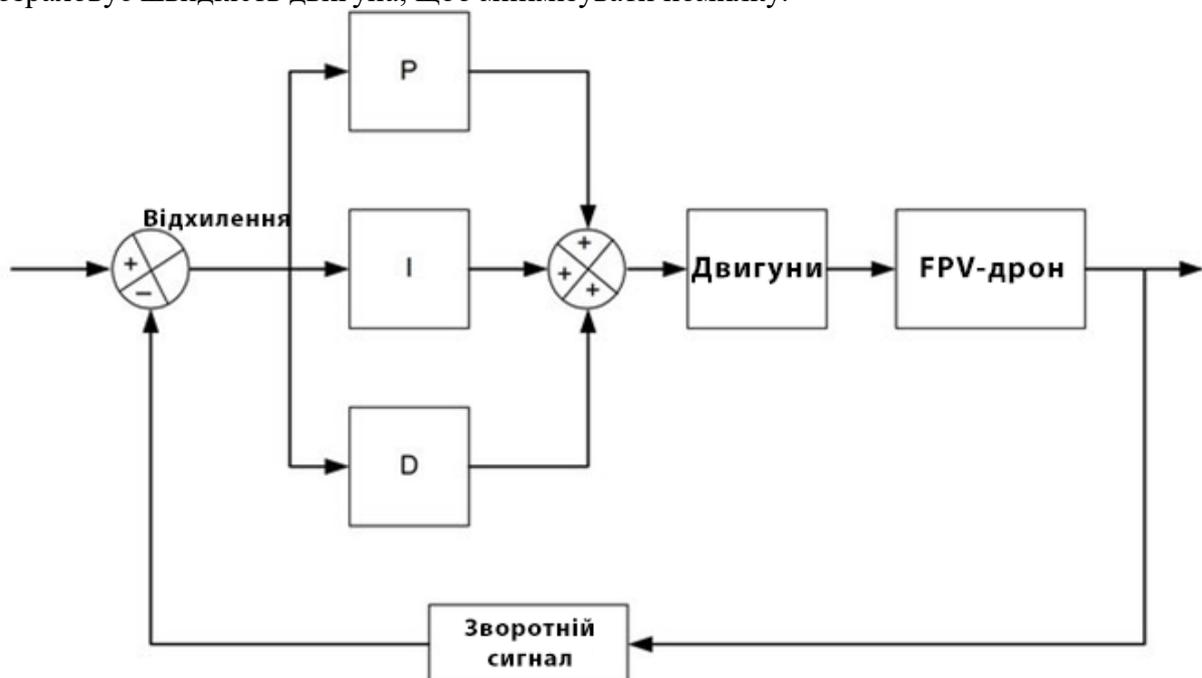


Рисунок 1- Схема АСУ Польоту FPV-дрона

У ПІД-регуляторі є три складові:

- пропорційна складова (P);
- інтегральна складова (I);
- диференційна складова (D).

P (пропорційний) стосується поточної помилки. Чим більша помилка, тим сильніше зростає сигнал.

У випадку дрону пропорційну складову можна приймати як параметр чутливості. Високе посилення пропорційної складової надає миттєвий відгук, створюючи відчуття,

ніби якісно збільшується швидкість регулювання сигналу. Однак якщо пропорційна складова занадто висока, дрон має тенденцію до надмірної корекції, що призводить до різких відхилень під час сальто та перекидів. Надмірно високе збільшення пропорційної складової може навіть викликати коливання. І навпаки, коли пропорційна частка занадто низька, дрон матиме повільну реакцію на вхідний сигнал та матиме більшу похибку відхилення.

D (диференційна) передбачає майбутню помилку. Вона враховує, як швидко об'єкт наближається до заданого значення, і нейтралізує пропорційну складову, щоб мінімізувати перевищення при наближенні до цілі. Коли диференційне підсилення занадто низьке, дрон демонструватиме значні відхилення від уставки після сальто та кренів і відчуватиме сильніші коливання під час вертикальних спусків.

Збільшення диференційної складової може пом'якшити ці проблеми; однак надмірне підсилення диференційної частки може посилити вібрацію та шум у дроні, спричиняючи різкі коливання та перегрів двигуна.

I (інтегральна) накопичує минулі помилки. Вона враховує зовнішні сили, які виникають з часом, наприклад дрон, що відхиляється від заданого значення через вітер або нецентровану вагу, змінює швидкість обертання двигуна, щоб протидіяти цьому. У випадку з FPV-дроном, інтегральна складова відповідає за статичну похибку, яка впливає на те, наскільки добре дрон тримає своє положення. Збільшення інтегральної складової покращує відстеження заданого значення під час різких поворотів, але також збільшує жорсткість управління дроном.

Подібно до збільшення пропорційної складової, надмірне підвищення інтегральної складової може спричинити відскоки та коливання, хоча й із помітно нижчою швидкістю. Якщо ж інтегральна складова занадто низька, дрон відчуватиме коливання та «провали носа» під час швидкої зміни вихідного сигналу. Надзвичайно низьке значення інтегральної частки призводить до поганого утримання під кутом під час умов сильного вітру, через що дрон відчуває себе дрейфуючим і вимагає постійного втручання пілота для коригування.

Кожен FPV-дрон матиме унікальні оптимальні значення PID-налаштувань, на які впливають різні фактори, зокрема [2]:

- Загальна вага та розподіл ваги;
- Співвідношення тяги до ваги;
- Крутий момент двигуна, який впливає на швидкість зміни обертів;
- Вага та крок гвинта, що впливає на реакцію двигуна.

Жодне налаштування PID не є універсально ідеальним. Наприклад, аварії можуть незначно пошкодити гвинти, рами або двигуни, змінюючи резонансну частоту та оптимальні значення PID. Крім того, розміщення батареї може вплинути на масовий розподіл. В ідеалі це точно налаштування параметрів PID-регулятора, щоб відповідати широкому діапазону можливих ситуацій.

#### **Перелік посилань:**

1. FPV Drone PID Explained - Mastering Flight Performance through PID Tuning - Oscar Liang. Oscar Liang. URL: <https://oscarliang.com/pid/#Understanding-PID-in-FPV-Drones> (дата звернення: 13.03.2024).

2. Proceedings of 2022 International Conference on Autonomous Unmanned Systems (ICAUS 2022) : електронна книга / ed. by W. Fu, Y. Niu, M. Gu. Singapore : Springer Nature Singapore, 2023. 3940 p. .

## УДК 681.5

<sup>1</sup> Магістрант 1 курсу Столбов Д.В.

<sup>1</sup> Ст.викл. Поліщук І.А.

<https://scholar.google.com/citations?hl=uk&authuser=2&user=2CLzdFgAAAAJ>

<sup>1</sup> НТУУ "Київський політехнічний інститут ім.Ігоря Сікорського"

### ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ВОЛОГОСТІ ДЕРЕВИНИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОТЛА

Сучасний стан теплової енергетики, а також вимоги до поступового зменшення викидів парникових газів, обумовлюють впровадження генерації енергії з відновлювальних джерел. В Україні є великий потенціал використання для створення електростанцій, паливом для яких можуть бути будь-які тверді відходи, в тому числі дерево і деревна тріска. Використання деревної тріски, що залишається в процесі роботи на лісопилці, дозволяє також зменшити кількість відходів на виробництві. Проблема спалювання такого палива полягає в тому, що деревина, яка використовується для згоряння, має нерівномірний вміст вологи і деревної речовини.

Електростанції, які працюють на деревній трісці, потребують достатньо великих запасів палива для можливості стабільної генерації електроенергії. Для забезпечення цих потреб необхідно зберігати паливо на спеціальних складах, які можуть займати декілька гектарів площі. За таких умов забезпечити склади палива захистом від природних опадів майже не можливо, тому частіше за все це паливо зберігається просто неба. Проведені дослідження показали середній вміст вологи в такому паливі складає 39.43%, а її зміна впливає на кількість енергії що виділяється при спалюванні [1]. При вмісті вологи 39.77% ефективність котла 92.18%, а при вмісті вологи 43.77% вона вже становить 91.22% [1]. За результатами дослідження [2] при температурі димових газів 120 °С і використанні деревини із вмістом вологи 10% ефективність котла становить 91.1%, а при використанні деревини із вмістом вологи 60% ефективність котла становить 86.9%. При температурі димових газів 200 °С і таким самим вмістом вологи ефективність становила 84.33% і 76.83% відповідно. На наведеному графіку можна побачити як збільшується витрата палива і зменшується кількість енергії що виділяється при збільшенні кількості вологи.

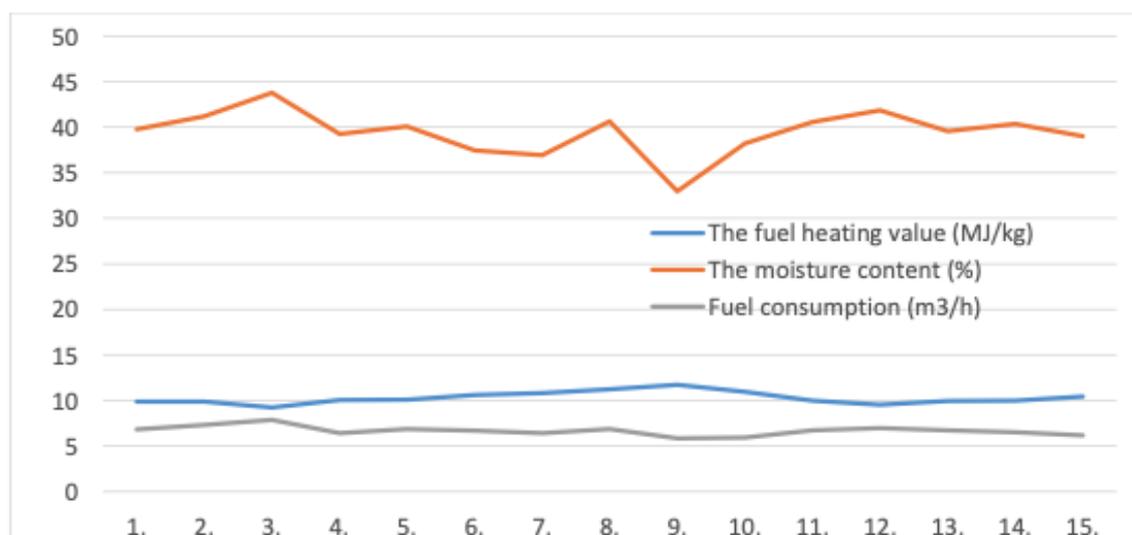


Рисунок 1 – Вплив вмісту вологи в деревині на витрату палива і теплотворну здатність [1]. Помаранчева лінія – теплотворна здатність палива(МДж/кг), синя лінія – вміст вологи(%), сіра лінія – витрата палива(м³/год)

Будуть розглянуті проблематика і шляхи вирішення проблеми з вологістю речовини, оскільки в рамках об'єкту не можна вплинути на постачання деревини.

Можливим методом вирішення проблеми являється створення бункеру для зберігання твердого палива. Задля забезпечення кращої ефективності котла, тверде паливо буде вивантажено в бункер, в якому реалізована система просушки твердого палива, а також система постачання палива в котел. Вимір температури в бункері буде реалізовано через групу датчиків, які будуть розташовані рівномірно по всьому бункеру. Цей підхід дозволяє виключити можливість некоректної регуляції температури через те, що замір температури, проведений в одній точці не відображає дійсну температуру по всьому бункеру. Підтримка температури в бункері буде відбуватись завдяки системі рекуперації димових газів, що виникають в процесі роботи котла. Ці гази будуть служити теплоносієм для системи нагріву повітря. Бункер також буде містити в собі систему конвеєрів, завдяки яким вже просушене паливо буде потрапляти на промисловий об'єкт, де і буде в подальшому згорати. Використання цього підходу має ряд переваг: зменшення викидів в навколишнє середовище, та підвищення ефективності котла за рахунок того, що деревина буде вищої якості. Для генерації одної й тої ж кількості енергії буде потрібно використовувати меншу кількість деревини, що зменшить кількість використаного палива на добу. З недоліків це необхідність впроваджувати ще одну систему для того, щоб просушка деревини була ефективна. В результаті це призведе до великих затрат.

З наведених досліджень можна побачити що проблема наявна, і процес згорання твердого палива потрібно оптимізувати. На наведених графіках можна побачити що кількість вологи в деревині напряду впливає на ефективність роботи котла. Оскільки без цієї системи деревна тріска зберігається просто неба, можна зробити висновок, що кількість вологи, яка міститься в деревині не є стабільною, і тому вона може варіюватись від прийняттого рівня (~10-15%), до дуже високого рівня (наприклад, через погодні умови), що в свою чергу сильно знижує ефективність котла і збільшує витрати палива задля досягнення однакового результату. Хоч реалізація цієї системи на об'єкті має і недоліки (найочевидніший з них це вартість реалізації), але в перспективі це покращення буде вигідним.

#### **Перелік посилань:**

1. Bošnjaković M., Soldan C. INFLUENCE OF MOISTURE CONTENT IN WOOD CHIPS ON THE BOILER OPERATION. Požega, Slovakia, 24–26 верес. 2020 р. с. 91–101. URL:

[https://www.researchgate.net/publication/344378547\\_INFLUENCE\\_OF\\_MOISTURE\\_CONTENT\\_IN\\_WOOD\\_CHIPS\\_ON\\_THE\\_BOILER\\_OPERATION](https://www.researchgate.net/publication/344378547_INFLUENCE_OF_MOISTURE_CONTENT_IN_WOOD_CHIPS_ON_THE_BOILER_OPERATION) (дата звернення: 07.03.2024).

2. Dzurenda, L. and Banski, A., 2017. Influence of moisture content of combusted wood on the thermal efficiency of a boiler 2017, Zvolen, Slovakia, с. 63-74. (дата звернення: 07.03.2024).

## УДК 681.5

<sup>1</sup> Магістрант 1 курсу Шевченко М.Г.

<sup>1</sup> Ст.викл. Поліщук І.А.

<https://scholar.google.com/citations?hl=uk&authuser=2&user=2CLzdFgAAAAJ>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

### ОСОБЛИВОСТІ РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ У ПРИМІЩЕННІ З КОНВЕКТИВНИМИ СИСТЕМАМИ НАГРІВУ І ОХОЛОДЖЕННЯ

В сучасному будівництві інтеграція різних систем обігріву та охолодження стає все більш актуальною для забезпечення комфортного мікроклімату в приміщеннях. Поєднання таких систем передбачає встановлення двох окремих систем обігріву та охолодження в одному приміщенні, які можуть працювати як окремо, так і разом для досягнення оптимального комфорту. Системи охолодження приміщень частіше за все побудовані на використанні агрегатів з примусовою циркуляцією повітря, таких як кондиціонерів, фанкойлів та вентиляційних установок. Недоліком таких систем є те, що вони створюють додатковий шум та протяги, які не комфортні для людини, особливо якщо приміщення призначене для відпочинку. Для вирішення вказаних проблем можуть бути застосовані системи з конвективним теплообміном [1].

Системи з конвективним теплообміном окрім принципової переваги над системами з примусовою циркуляцією повітря мають також перевагу оптимізованого використання енергії, що забезпечує ефективне опалення взимку та охолодження влітку. Для охолодження повітря використовуються холодні стелі, оскільки більш тепле повітря піднімається вгору і навпаки, нагрів повітря відбувається за рахунок теплої підлоги чи теплих стін (Рис. 1). Такі системи дозволяють забезпечити рівномірний розподіл тепла та холоду по всьому приміщенню, уникнення гарячих чи холодних зон, що забезпечує комфортне мікрокліматичне середовище для користувачів. Крім того, така система є універсальною та не обмежує архітектурний дизайн приміщення, оскільки опалювальні елементи знаходяться під підлогою та у стелях, що дозволяє зберегти естетичний вигляд приміщення [2]. Найбільшим недоліком таких систем є їх висока вартість, яка пов'язана із потребою в спеціалізованому обладнанні та професійному монтажі. Слід відзначити, що холодні стелі не раціонально встановлювати в малих приміщеннях, рекомендований діапазон площі приміщення становить від 70 м<sup>2</sup> до 300 м<sup>2</sup>, а рекомендації щодо теплої підлоги - від 20 м<sup>2</sup> до 100 м<sup>2</sup> [1]. Також слід враховувати складність налаштування та автоматизації таких систем, оскільки можуть виникати конфлікти між підсистемами охолодження та нагріву.



Рисунок 1 – Підтримка клімату у приміщенні з теплою підлогою та холодними стелями

Для забезпечення ефективної та оптимальної роботи систем холодних стель та теплої підлоги необхідно провести аналіз функціонування їх систем автоматизації, щоб синхронізацію їх роботи.

Робота будь якої системи автоматизації перш за все залежить від вимірювального параметру та місця встановлення датчика. Тому важливо вирішити питання місця встановлення датчика температури, що забезпечить комфортні умови перебування у приміщенні для людини. Перш за все необхідно визначити зони або частини приміщення, в якій користувачі проводять найбільше часу або є більш критичного. При цьому великі приміщення рекомендується розбивати на окремі зони з локальним датчиком температури і контуром регулювання у кожній із цих зон. Це пов'язано із нерівномірністю зовнішніх збурень (наявність сонячного випромінювання, виділення тепла від побутових приладів, тощо), які впливають на температуру в різних частинах приміщення.

Обравши зони встановлення датчиків температури необхідно також вирішити питання висоти або рівня їх встановлення. Цей вибір має більш серйозні критерії зі своїми перевагами та недоліками. Одним із варіантів є встановлення датчиків температури у підлогу і стелю. До переваг такого способу можна віднести забезпечення максимально комфортної температури підлоги для користувачів, а до недоліків – неможливість точного підтримання температури повітря у приміщенні, оскільки температура повітря не є параметром регулювання і в залежності від збурень температура повітря може відрізнятися на різних рівнях висоти приміщення. Іншим варіантом є встановлення додаткових датчиків температури повітря в приміщенні на рівні висоти де знаходяться користувачі. Перевагою є те що за рахунок додаткових датчиків можна досягти комфортної температури там де це потрібно. Але недоліком такого підходу є збільшені витрати та можливе ускладнення системи.

Слід зазначити, що для систем холодних стель, які застосовуються в жаркому та вологому кліматі, найбільшою проблемою є контроль вологості, щоб уникнути конденсації на поверхні стель пов'язаною з контактом з теплим і вологим повітрям. Щоб уникнути конденсації вологи на стелі необхідно щоб температура та витрата води, що подається були обмежені [2]. Це в свою чергу потребує додаткових алгоритмів керування, які аналізують додаткові параметри зовнішньої вологості та температури.

Підсумовуючи, інтеграція систем конвективного обігріву та охолодження дає можливість створення комфортного мікроклімату в приміщеннях, а також не обмежує архітектурний дизайн. Автоматизація таких систем дозволяє ефективно використовувати енергію, забезпечувати рівномірний розподіл тепла та холоду. Проте, використання таких систем може призвести до високих витрат на обладнання, монтаж та обслуговування, а також розробку більш складних систем керування, які враховують зовнішні збурення температури та вологості повітря і зменшують інтенсивність охолодження при відповідних умовах.

#### **Перелік посилань:**

1. Hui, S. C. M., Leung, J. Y. C. Thermal comfort and energy performance of chilled ceiling systems. In Proceedings of the Fujian-Hong Kong Joint Symposium 2012, 29-30 June 2012. Fuzhou, China. pp.36-48. URL: <https://hub.hku.hk/bitstream/10722/166902/1/Content.pdf?accept=1> (дата звернення: 28.02.2024).

2. Yixuan Wang, Yanzhi Wang, Zheng O'Neill, Qi Zhu. One for Many: Transfer Learning for Building HVAC Control. BuildSys '20: Proceedings of the 7th ACM International Conference on Systems for Energy-Efficient Buildings, Cities, and Transportation. November 2020. pp. 230–239.

<sup>1</sup> Магістрант 2 курсу Зінченко Д.Д.

<sup>1</sup> Доц., к.т.н. Новіков П.В.

<https://scholar.google.com.ua/citations?hl=en&user=58PUgu8AAAAJ>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## СТВОРЕННЯ МОДЕЛІ ТЕМПЕРАТУРИ ВИХІДНОГО ТЕПЛОНОСІЯ КОНДЕНСАЦІЙНОГО КОТЛА ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

Створення моделі об'єкту за допомогою класичних графічних методів ідентифікації часто є проблемою. По-перше, для цього потрібно отримати розгінні характеристики об'єкту, яких може бути потрібно багато при присутності нелінійності в об'єкті. А для отримання таких характеристик об'єкт має бути виведений з експлуатації на тривалий час. По-друге, ручне оброблення такого масиву даних потребує великих витрат часу та людських ресурсів.

Аби оминати ці труднощі, модель було створено на основі даних роботи котла в експлуатації за допомогою методів машинного навчання. Дане дослідження проводиться в рамках робіт за темою «Розроблення інтелектуальної низькотемпературної системи теплозабезпечення будівель на базі конденсаційної модульної котельні», № держреєстрації 0123U104476 (2023-2024).

Для створення моделі були зібрані дані роботи котла в експлуатації за 30 днів. Ці дані включають температуру вхідного і вихідного теплоносіїв, а також температуру вихідних газів і витрату газу з кроком в 1 с. Візьмемо 1/6 частину даних, за 5 останніх днів, як валідаційну вибірку.

Залежним параметром визначено зміну температури вихідного теплоносія за 1 крок  $\Delta T_{\text{вих},t+1} = T_{\text{вих},t+1} - T_{\text{вих},t}$ . У ролі вхідних параметрів обрано як абсолютні значення температур вихідного  $T_{\text{вих},t}$  та вхідного  $T_{\text{вх},t}$  теплоносіїв, димових газів  $T_{\text{газ},t}$  і витрати газу  $Q_t$ , так і їх зміни відносно минулого кроку:  $\Delta T_{\text{вих},t}$ ,  $\Delta T_{\text{вх},t}$ ,  $\Delta T_{\text{газ},t}$ ,  $\Delta Q_t$  відповідно. Також, додано абсолютне значення витрати газу на наступний крок  $Q_{t+1}$  та її зміну  $\Delta Q_{t+1}$  як сигнал керування.

Для спрощення кінцевої моделі, було визначено на скільки сильний вплив мають значення окремих параметрів на значення цільової змінної. Для цього застосовано коефіцієнт кореляції Пірсона [2], який вимірює лінійну кореляцію між двома змінними. Він обчислюється формулою (1).

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

Де  $n$  – розмір вибірки

$x_i, y_i$  – окремі точки вибірок

$\bar{x}, \bar{y}$  – середні значення вибірок

Цей коефіцієнт було обчислено для кожного вхідного параметра і температури вихідного теплоносія:

Таблиця 1 – Коефіцієнт кореляції Пірсона для кожного з вхідних параметрів у відношенні до вихідного

Параметр	$T_{\text{вих},t}$	$\Delta T_{\text{вих},t}$	$T_{\text{вх},t}$	$\Delta T_{\text{вх},t}$	$T_{\text{газ},t}$	$\Delta T_{\text{газ},t}$	$Q_t$	$\Delta Q_t$	$Q_{t+1}$	$\Delta Q_{t+1}$
Коефіцієнт Пірсона $r$	-0.0023	0.81	-0.0043	0.042	0.0016	0.68	0.0081	0.37	0.0085	0.072

Було створено регресійну модель температури вихідного теплоносія. У лінійній регресії залежна змінна є лінійною комбінацією вхідних параметрів, що в загальному вигляді описується формулою [2]:

$$y_i = \alpha + \sum_{i=1}^n \beta_i \cdot x_i \quad (2)$$

Де  $y_i$  – залежний параметр  
 $\alpha$  – центрувальний коефіцієнт  
 $x_i$  – вільні параметри  
 $\beta_i$  – коефіцієнти вільних параметрів

Для визначення оптимального набору вхідних параметрів, було розраховано коефіцієнти лінійної регресії за допомогою методу найменших квадратів з різними кількостями вхідних параметрів: від 1 до 10 обираючи параметри з найбільшими абсолютними значеннями коефіцієнтів кореляції за табл.1. Було оцінено точність розрахунку температури при кожному з наборів вхідних параметрів за допомогою середньої абсолютної та середньої квадратичної похибок.

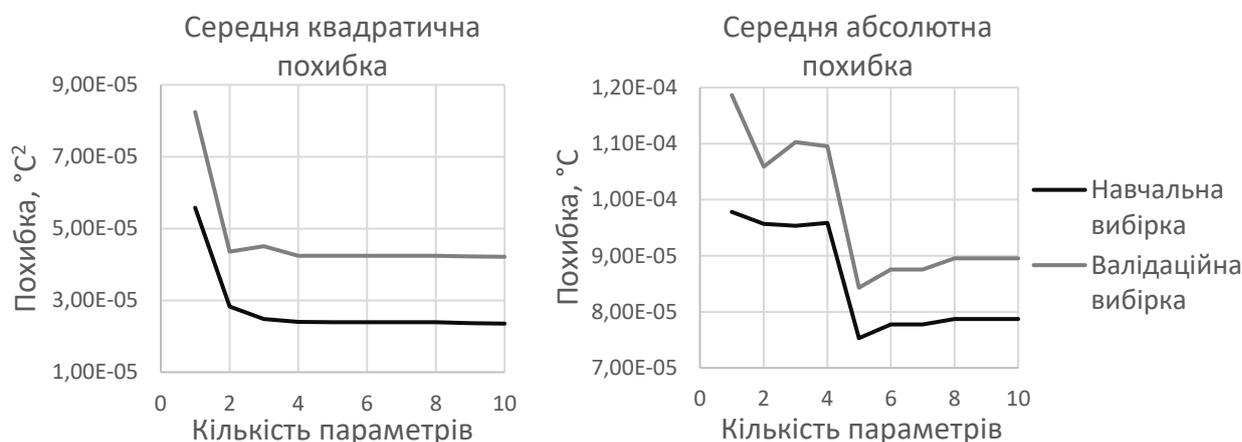


Рисунок 1 – Залежність середньої квадратичної та середньої абсолютної похибки від кількості вхідних параметрів

Як бачимо з результатів на рис. 1, при збільшенні кількості параметрів середня квадратична похибка зменшується до моменту використання 4-ї змінної, а середня абсолютна похибка зменшується до моменту використання 5-ї змінної, після чого починає збільшуватись. Це стається через те, що цільова функція втрат алгоритму оптимізації – квадратична. Отже, обираємо з 10 вхідних параметрів 5 з найбільшими коефіцієнтами кореляції:  $\Delta T_{\text{вих},t}$ ,  $\Delta T_{\text{газ},t}$ ,  $\Delta Q_t$ ,  $\Delta Q_{t+1}$ ,  $\Delta T_{\text{вх},t}$ .

Окрім значень вхідних параметрів на поточному кроці, також важливими можуть бути їх значення, а також зміни, на минулих кроках. Якщо взяти їх до уваги, отримуємо залежність (3).

$$\Delta T_{\text{вих},t+1} = \alpha + \sum_{i=-1}^{p-1} \beta_i \cdot \Delta Q_{t-i} + \sum_{j=1}^3 \sum_{i=0}^{p-1} \delta_{j,i} \cdot x_{in,j,t-i}, \quad (3)$$

$$x_{in} = [\Delta T_{\text{вих}}, \Delta T_{\text{вх}}, \Delta T_{\text{газ}}]$$

Де  $p$  – кількість попередніх кроків  
 $\beta_i, \delta_{j,i}$  – матриці коефіцієнтів вільних параметрів

Для визначення оптимального числа попередніх кроків  $p$ , розраховано коефіцієнти лінійної регресії за допомогою методу найменших квадратів при значеннях  $p$  від 0 до 9. Оцінимо точність розрахунку температури при кожному з значень за допомогою середньої абсолютної та середньої квадратичної похибок.

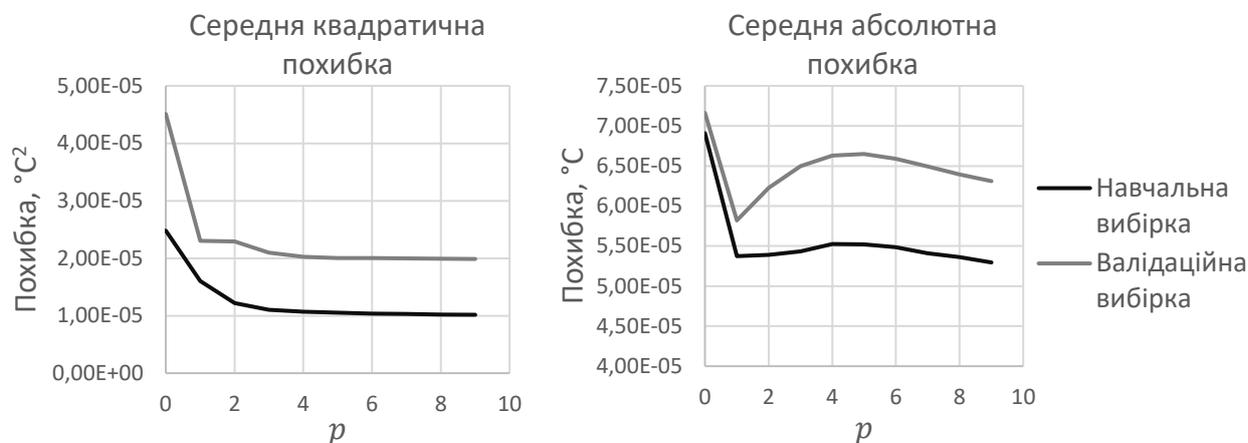


Рисунок 2 – Залежність середньої квадратичної та середньої абсолютної похибки лінійної регресії від кількості попередніх кроків  $p$

Як бачимо на рис. 2, після  $p = 1$  середня абсолютна похибка сильно погіршується через квадратичну функцію втрат алгоритму оптимізації. Для того аби запобігти цьому застосовано Ridge-регресію. Вона відрізняється від лінійної наявністю l2-регуляризації (оберненої квадратичної залежності від значення коефіцієнтів) у функції втрат.

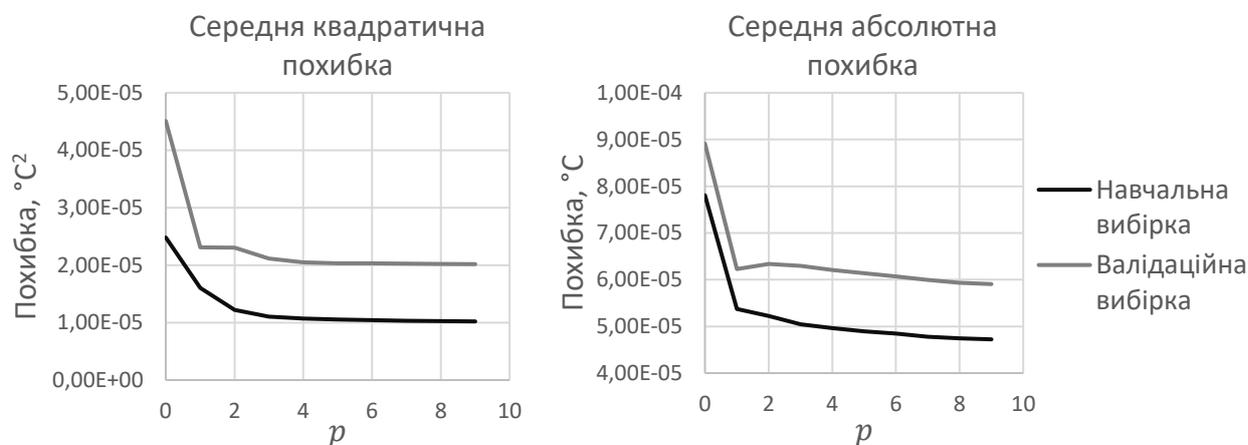


Рисунок 3 – Залежність середньої квадратичної та середньої абсолютної похибки Ridge-регресії від кількості попередніх кроків  $p$

Після введення регуляризації, проблема зі збільшенням середньої абсолютної похибки зникла. Як бачимо, після  $p = 7$  точність майже перестає покращуватись. Це число було обране як оптимальна кількість попередніх кроків. Сумарна кількість вхідних параметрів при цьому дорівнює 24. Середня абсолютна похибка розрахунку на валідаційній вибірці дорівнює  $5.9932e-5$  °C; середня квадратична похибка дорівнює  $2.0272e-5$  °C<sup>2</sup>. Дана точність повністю задовольняє вимоги до моделі.

#### Перелік посилань:

1. J. Fox, Applied Regression Analysis and Generalized Linear Models, vol. 3rd Edition. Sage Publication, Inc, 2016.
2. Gruber, M.H.J. Improving Efficiency by Shrinkage: The James—Stein and Ridge Regression Estimators; Routledge:Marcel Dekker, NY USA, 1998

<sup>1</sup> Магістрант 2 курсу Кучинська К.А.

<sup>1</sup> Доц., к.т.н. Новіков П.В.

[https://scholar.google.com.ua/citations?hl=en&user=58PUgu8AAAAJ&view\\_op=list\\_works&sortby=pubdate](https://scholar.google.com.ua/citations?hl=en&user=58PUgu8AAAAJ&view_op=list_works&sortby=pubdate)

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## **ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ФУНКЦІЙ ПЕРЕДАЧ НА ОСНОВІ РОЗГІННИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМАТИЗОВАНИМ СПОСОБОМ ЗА ДОПОМОГОЮ МОВИ PYTHON**

Розрахунок класичної системи автоматизованого керування вимагає функції передачі об'єкта керування. Для отримання цих функцій передачі необхідно мати розгінні характеристики об'єкта (реакцію на ступінчасте збурення) та певним чином їх опрацювати. Обробка розгінних характеристик складається з двох головних етапів: вибір виду передатної функції та підбору параметрів відповідно до обраного виду функції передачі. Дане дослідження проводиться в рамках робіт за темою «Розроблення інтелектуальної низькотемпературної системи теплозабезпечення будівель на базі конденсаційної модульної котельні», № держреєстрації 0123U104476 (2023-2024).

Вибір виду функції передачі є досить простим завданням, зазвичай для цього обирають одну з типових динамічних ланок або їх поєднання. Класичним варіантом функції передачі для апроксимації об'єкта є аперіодична ланка першого порядку з запізненням, якщо динаміка об'єкту дозволяє описати його такою формою.

Підбір параметрів обраної функції передачі може стати складним завданням навіть при підборі параметрів для однієї передатної функції. Існує багато аналітичних та графічних методів для ідентифікації параметрів об'єкту: метод логарифмування, метод дотичної, метод 2/3 та інші. Більшість цих методів, особливо графічні, вимагають вкладення значної кількості людського ресурсу (часу) для отримання параметрів, це допустимо для випадків, коли необхідно отримати всього декілька функцій передачі. Але коли потрібно дослідити складний об'єкт, що має багато параметрів, які в свою чергу можуть мати нелінійність в залежності від режимів роботи, тобто отримати багато функцій передачі, це стає роботою, що займає велику кількість часу. Тому було розроблено алгоритм на мові програмування Python, який знаходить параметри функцій передачі.

Алгоритм складається з декількох основних частин:

- функції підготовки даних для подальшого аналізу;
- функції моделювання реакції передатної функції на одиничне ступінчасте збурення в залежності від часу;
- функції оцінки похибки між моделлю та реальними даними;
- функції мінімізації.

Функція підготовки даних для подальшого аналізу оброблює розгінні характеристики отримані в ході експерименту. Основною задачею цієї функції є розділення загального масиву даних на окремі набори даних перехідних процесів та приведення абсолютного значення до відносного. Тобто головною задачею функції є отримання набору перехідних процесів у вигляді реакції на одиничне ступінчасте збурення. Перед використанням алгоритму дані повинні бути перевірені на наявність аномалій, високів та відсутніх значень, за необхідності профільтрувати значення параметрів для зменшення шуму.

Функція моделювання реакції передатної функції на одиничне ступінчасте збурення буде описана на прикладі аперіодичної ланки першого порядку з запізненням. Вигляд

апериодичної ланка з транспортним запізненням наведено у формулі (1), реакція на ступінчастий вхідний вплив наведена у формулі (2):

$$W(s) = \frac{K}{T \cdot s + 1} \cdot e^{-\tau \cdot s} \quad (1)$$

$$h(t) = K \cdot \left(1 - e^{-\frac{t-\tau}{T}}\right) \quad (2)$$

де  $K$  – коефіцієнт підсилення,  $T$  – постійна часу в секундах,  $\tau$  – часова затримка в секундах,  $t$  – час у секунда.

Мовою програмування Python рівняння (2) набуває вигляду функції:

```
def first_order_AP(t, K, T, delay):
```

```
    return np.array([K*(1-np.exp(-(t-delay)/T)) if t>=delay else 0 for t in t])
```

де  $t$  – масив точок проміжку часу, для якого потрібно провести моделювання,  $K$  і  $T$  – параметри апериодичної ланки з формули (1),  $\text{delay}$  – часова затримка  $\tau$  з формули (1),  $\text{np}$  – Python бібліотека `numpy` [1], `np.exp` та `np.array` – функції бібліотеки `numpy` [2,3].

Однією з найголовніших частин алгоритму є функція оцінки похибки між моделлю та реальними даними. У якості функції оцінки похибки між моделлю та реальними даними було використано критерій IAE (integral absolute error), але також можна використати й інші варіанти оцінки похибки, наприклад, MSE або MAE.

Мовою програмування Python критерій IAE має вигляд функції:

```
def IAE(X, TF:Callable, t: np.array, y_real: np.array):
```

```
    y_model = TF(t, *X)
```

```
    return sum(abs(y_real-y_model)) * (max(t)-min(t)) / len(t)
```

де  $X$  – параметри функції передачі,  $TF$  – посилання на функцію, що моделює реакцію передатної функції на одиничне ступінчасте збурення,  $t$  – масив точок проміжку часу,  $y\_real$  – масив реальних значень параметру у точках  $t$ .

Функція мінімізації застосовується для знаходження таких параметрів функції передачі, при яких обраний критерій оцінки похибки між моделлю та реальними даними буде мінімальним, тобто модель буде максимально точно відтворювати поведінку зміни параметру реального об'єкта. Було використано готову функцію мінімізації `scipy.optimize.minimize` [4]. Також можна було б використовувати будь-яку іншу готову функцію з пакетів Python або написати власну реалізацію одного з методів мінімізації значення функції. Функція `scipy.optimize.minimize` використовувалась без додаткових параметрів та налаштувань, було лише задано обмеження на мінімальне значення параметрів, не менше 0.00001, задля усунення ділення на 0.

Отже, було розроблено алгоритм визначення параметрів функцій передач на основі розгінних характеристик автоматизованим способом та наведена часткова реалізація мовою програмування Python. Розроблений алгоритм можна використовувати для визначення параметрів не лише класичних функцій передач, а і їх різноманітних поєднань. Використання даного алгоритму у разі пришвидшує визначення параметрів функцій передач на основі розгінних характеристик, що в свою чергу дозволяє зекономити багато часу та сил під час розрахунку системи автоматизованого керування.

#### Перелік посилань:

1. Документація Python бібліотеки `numpy`. URL: <https://numpy.org/doc/stable/> (дата звернення 06.03.2024)

2. Документація функції `np.exp` бібліотеки `numpy`. URL: <https://numpy.org/doc/stable/reference/generated/numpy.exp.html> (дата звернення 06.03.2024)

3. Документація функції `np.array` бібліотеки `numpy`. URL: <https://numpy.org/doc/stable/reference/generated/numpy.array.html> (дата звернення 06.03.2024)

4. Документація функції `scipy.optimize.minimize` бібліотеки `scipy`. URL: <https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/generated/scipy.optimize.minimize.html> (дата звернення 06.03.2024)

<sup>1</sup> Бакалаврант 4 курсу Андрущак Т.В.

<sup>1</sup> Асист., к.т.н. Захарченко А.С.

<https://scholar.google.com/citations?user=RpOI6DoAAAAJ&hl=uk>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## МОДЕЛЮВАННЯ ТА КЕРУВАННЯ ПЛАСТИНЧАСТИМ ТЕПЛООБМІННИКОМ З БЕЗПЕРЕРВНИМ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИМ КОРОТКОЧАСНИМ ПРОЦЕСОМ ПАСТЕРИЗАЦІЇ МОЛОКА

**Високотемпературна коротка пастеризація.** Високотемпературна коротка пастеризація (HTST) — вид пастеризації, в якому молоко протікає через теплообмінник, де воно підігрівається до 72-75°C протягом 15-20 секунд [1]. Цей метод ефективно знищує мікроорганізми, зберігаючи при цьому більшість корисних властивостей молока.

**Моделювання пластинчастого теплообмінника.** З 1920 року теплообмінники використовуються в молочній промисловості для пастеризації та стерилізації молока. Завдяки своїй компактності, низькій вартості, гнучкості, високій тепловій ефективності та простоті обслуговування, пластинчасті теплообмінники (PHE) часто використовуються в харчовій промисловості [2]. Основним елементом теплообмінника є теплообмінні пластини, виготовлені з корозійно-стійких сплавів, методом холодного штампування. У робочому положенні пластини щільно притиснуті одна до одної і утворюють вузькі канали. На лицьовій стороні кожної пластини в спеціальні канавки встановлена гумова контурна прокладка, що забезпечує герметичність каналів. Два з чотирьох отворів в пластині забезпечують підведення і відведення гріючого або охолоджуючого середовища до каналу. Два інших отвори, додатково ізольовані малими контурами прокладки запобігають змішуванню (перетіканню) середовищ. Просторовий звивистий рух рідини в каналах сприяє турбулізації потоків, а протитечія теплоносіїв сприяє збільшенню температурного напору і, як наслідок, інтенсифікації теплообміну при порівняно малих гідравлічних опорах. При цьому різко зменшується відкладення накипу на поверхні пластин [3].

**Стаціонарне моделювання пластинчастих теплообмінників.** Моделювання пластинчастих теплообмінників активно вивчається з 1920-х років. Багато дослідницьких робіт в першу чергу стосуються розробки моделей для проектування, форми та розмірів пластинчастих теплообмінників. На сьогоднішній день стаціонарне моделювання є одним з найпоширеніших методів проектування та оптимізації технологічних установок. На Рис. 1 показано один з типів конфігурації моделей пластинчастих теплообмінників. На цьому рисунку суцільна лінія зі стрілкою ілюструє витрату, температуру на вході та температуру на виході гарячого теплоносія ( $F_1$ ,  $T_{in1}$ ,  $T_{out1}$ ), тоді як пунктирна лінія представляє витрату, температуру на вході та температуру на виході холодного теплоносія ( $F_1$ ,  $T_{in1}$ ,  $T_{out1}$ ) ( $F_2$ ,  $T_{in2}$ ,  $T_{out2}$ ).

**Емпіричне моделювання HTST.** Оскільки інформація про процес HTST спочатку була відсутня, емпіричні моделі були створені з використанням експериментальних даних для зв'язку між входами і виходами процесу. Аналіз тенденцій "вхід-вихід" може бути використаний для характеристики поведінки процесу. Перші дослідження дозволили проводити часті перевірки технологічних датчиків на установці HTST за допомогою багатовимірного статистичного методу. Але згодом був запропонований алгоритм виявлення несправностей, заснований на процедурі перевірки гіпотез з використанням регресії PLS (Partial Least Square) для виявлення численних і різноманітних типів несправностей датчиків, що виникають одночасно.

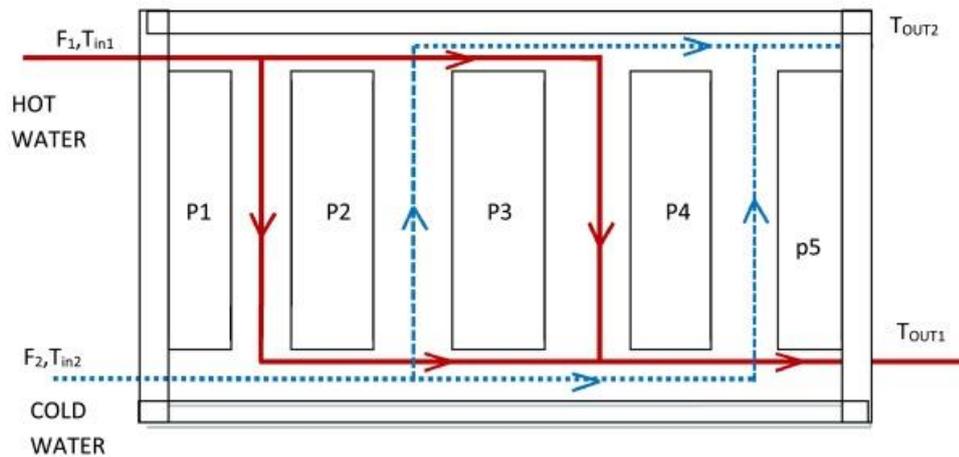


Рисунок 1 – Схема типової конфігурації пластинчастого теплообмінника з прокладками

**Модель енергетичного балансу НТСТ.** Цей метод розроблено на основі попередніх знань і фундаментальних концепцій механізму, що моделюється. Був використаний підхід розподілених параметрів для створення моделі енергетичного балансу першого порядку для секцій пластинчастого теплообмінника на основі моделі перших принципів. Для моделювання системи використовувалася система ТІТО (Two-Input-Two-Output). Завдяки простоті моделі алгоритм керування може бути легко реалізований. Тим не менш, кілька параметрів моделі змінено для отримання задовільних результатів.

**Розмірний аналіз забруднення.** Якість молока погіршується через утворення накипу. Утворення накипу спричинене відкладенням білків, що відбувається через явище дифузії на поверхні нагріву. Забруднення теплообмінника є основною загрозою для молочної промисловості. Основна ідея розмірного аналізу полягає у створенні набору безрозмірних чисел, які описують параметри впливу та цільові параметри, а потім у використанні експериментальних даних для перевірки цих чисел. Розмірний аналіз був використаний для створення моделі прогнозування маси забруднення для пластинчастого теплообмінника. Таким чином, розмірний аналіз є важливим, ефективним і точним інструментом для вивчення і моделювання складних процесів для проектування, масштабування та оптимізації.

**Перелік посилань:**

1. Пастеризація молока: технології та важливість для виробництва — Режим доступу до ресурсу: <https://uadairy.com/pasteryzacziya-moloka-tehnologiyi-ta-vazhlyvist-dlya-vyrobnycztva/> (дата звернення: 13.03.2024).

2. Chemical Engineering Journal Advances — Режим доступу до ресурсу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666821122000655#fig0001> (дата звернення: 13.03.2024).

3. Пластинчасті теплообмінники — Режим доступу до ресурсу: <https://bioengineering.kpi.ua/ua/kafedra/fotihalereia-farmatsevtichnoho-ta-biotekhnolohichnoho-obladnannia/61-plastynchasti-teploobminni-aparaty/290-plastynchasti-teploobminnyku> (дата звернення: 13.03.2024).

## УДК 681.5

<sup>1</sup> Бакалаврант 4 курсу Арєф'єва А.О.

<sup>1</sup> Ст.викл. Поліщук І.А.

<https://scholar.google.com/citations?hl=uk&authuser=2&user=2CLzdFgAAAAJ>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

### **ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ З ПІДСИЛЕННЯМ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ІНЖЕНЕРНИМИ СИСТЕМАМИ БУДІВЕЛЬ**

Ефективне енергоспоживання будівель відіграє ключову роль у скороченні викидів вуглецю, адже на будівлі припадає близько 40% загального світового споживання енергії. Опалення, вентиляція та кондиціонування повітря - найпоширеніші і найбільш енергоємні системи у будівлях, на які припадає майже половина енергоспоживання в розвинених країнах [1]. Тому зменшення витрат енергії цими системами відіграє ключову роль для подальшого прогресу і забезпечення екологічних норм, які дедалі стають жорсткішими. Сучасні системи автоматизації дозволяють покращити загальну енергоефективність інженерних систем будівель, але такі системи, як правило, не адаптуються до динамічних умов, що призводить до неефективного використання енергії.

Створення енергоефективних інженерних систем будівель потребує більш досконалих підходів, де автоматизована система може враховувати багато параметрів, які впливають на її роботу, починаючи від уподобань користувачів, закінчуючи аналізом і прогнозом погоди. Для побудови таких систем застосовують штучний інтелект (ШІ) та інтернет речей, які формують майбутнє світу. З розвитком таких технологій все більше речей/агентів стають "розумними" та підключеними у загальну систему моніторингу, потребуючи мінімального втручання людини. Інтеграція цих передових технологій у системи автоматизації будівель веде до концепції розумних будівель, які мають здатність відчувати навколишнє середовище та реагувати на нього. Розумні будівлі інтегрують інтернет речей з компонентами будівель, включаючи датчики та виконавчі механізми, інтелектуальні системи керування, мережеві та комунікаційні системи та програмні платформи. Метою інтелектуальної системи автоматизації будівель є використання даних датчиків для ефективного контролю роботи будівлі. ШІ та машинне навчання мають потенціал для покращення комфорту та енергоспоживання в будівлях, тим самим вирішуючи вказані проблеми [2].

Одним із варіантів застосування ШІ та машинного навчання для оптимізації енергоспоживання інженерних систем будівель є метод керування опаленням на основі глибокого навчання з підсиленням, який може значно економити енергію та покращувати комфорт у розумних будівлях.

Існують прості програмовані термостати, які використовуються для керування циклами ввімкнення/вимкнення обігрівача, але вони працюють за зворотним зв'язком від сигналу датчика і не вміють прогнозувати зміну умов у майбутньому. Відповідно, такі системи економлять енергію лише частково. Розумні будівлі збирають дані з датчиків, які можуть допомогти значно зменшити споживання енергії, зберігаючи при цьому комфорт для мешканців. Алгоритми машинного навчання можуть виявляти закономірності в даних датчиків, але їм зазвичай потрібно багато даних для навчання. Машинне навчання з підсиленням не потребує багато даних, адже воно діє та навчається на своїх діях у реальному часі. Результати симуляції показують, що алгоритм навчання з підсиленням економить до 20% енергії [1]. Алгоритм навчання з підсиленням може бути застосований до різних типів будівель і може допомогти у розробці енергоефективних розумних будівель, які борються зі зміною клімату. Це робить крок до більш стійкого майбутнього, де ШІ та інтернет речей роблять будівлі більш комфортними, економними та екологічними.

Концепція архітектури з використанням машинного навчання з підсиленням може бути представлена в наступному вигляді (рис. 1).

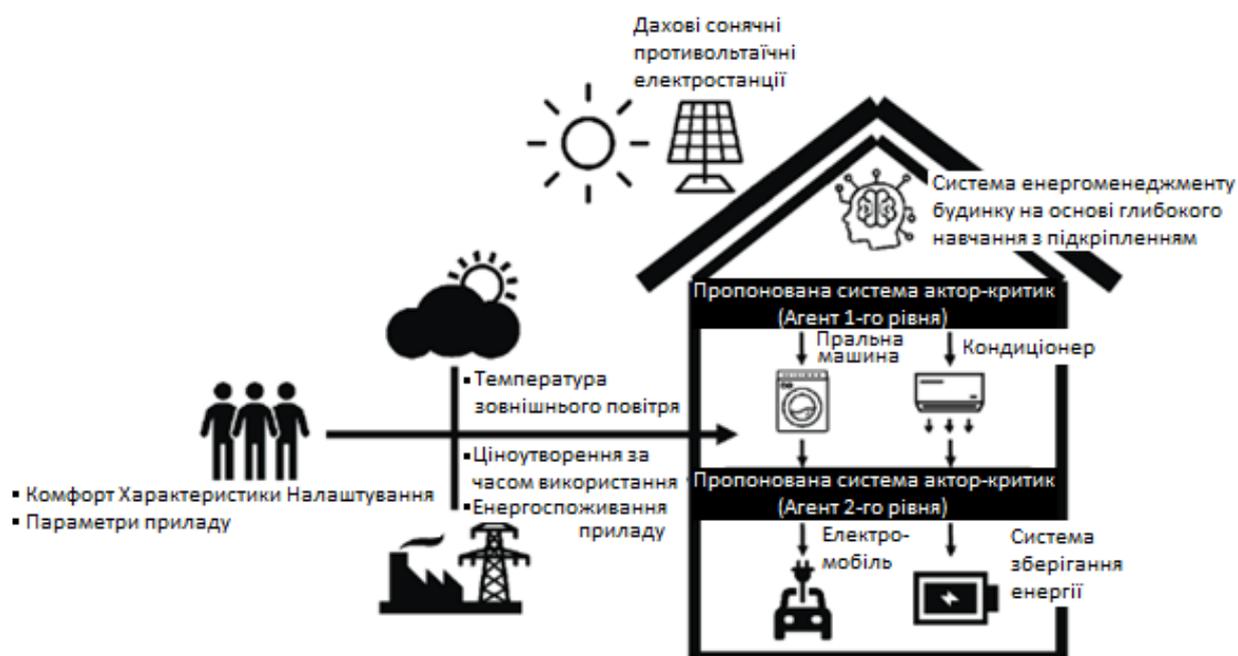


Рисунок 1 – Концептуальна архітектура запропонованого алгоритму системи домашнього енергоменеджменту на основі машинного навчання з підсиленням

Вищезазначені факти ілюструють необхідність розробки нового інтелектуального контролера, який може принести користь розумним будівлям, а саме, підтримку теплового комфорту та економії енергії. Зокрема, варто звернути увагу на підхід глибокого навчання з підсиленням для керування опаленням для автоматизації прийняття рішень у режимі реального часу з мінімальною залежністю від історичних даних.

Експерименти з моделюванням для однієї будівлі показують, що інтелектуальний контролер опалення на основі глибокого навчання з підсиленням покращує тепловий комфорт на 15-30% і знижує споживання енергії на 5-12% порівняно з традиційним термостатом. Для моделювання з декількома будівлями порівнюються два сценарії, коли будинки контролюються централізовано (за допомогою єдиного контролера на основі глибокого навчання з підсиленням) і децентралізованого керування, де обігрівач кожної будівлі контролюється незалежно та має власний контролер на основі глибокого навчання з підкріпленням. Результати моделювання свідчать про те, що зі збільшенням кількості будівель і різниці в їхніх заданих температурах децентралізоване керування працює краще, ніж централізований контролер. Тому дане дослідження має значні практичні наслідки для автоматизації систем опалення.

Підсумовуючи, алгоритм керування інженерними системами будівель із використанням глибокого навчання з підсиленням демонструє, що контролер перевершує традиційний контролер на основі термостата для однієї або декількох будівель, покращуючи як тепловий комфорт (відхилення від заданої температури), так і споживання енергії на опалення, вентиляцію та кондиціонування.

#### Перелік посилань:

1. Gupta A., Badr Y., Negahban A., Robin G. Qiu, Energy-efficient heating control for smart buildings with deep reinforcement learning. Journal of Building Engineering. vol. 34. 2020.
2. Lee S., Choi Dae-Hyun. Energy Management of Smart Home with Home Appliances, Energy Storage System and Electric Vehicle: A Hierarchical Deep Reinforcement Learning Approach. Sensors. vol. 20. 2020.

## НЕДОЛІКИ ПІДХОДІВ ДО КЕРУВАННЯ ТЕПЛОВИМ РЕЖИМОМ У ПРОЦЕСІ СКЛОВАРІННЯ

Скло, завдяки своїм властивостям прозорості, твердості та термостійкості, є ключовим матеріалом у багатьох галузях, включаючи техніку, медицину та науку. Процес виробництва скла включає термічну обробку шихти, що забезпечує отримання розплавленої скломаси, яка може бути сформована у виробі різними способами.

У процесі виробництва скла, одним з ключових аспектів є контроль температурного режиму у скловарній печі. Регулювання температури у конкретних точках скловарної печі зазвичай вирішується за допомогою ПІД-регуляторів, що є досить простим викликом. Але коли потрібно змінити температуру у різних ділянках печі, задача стає значно складнішою. Наприклад, підняття температури в одній частині печі може призвести до недоліків якості скла, таких як бульбашки у готовій продукції [1].

Підтримка потрібного температурного режиму у скловарній печі ускладнюється різними факторами, такими як склад шихти, вологість, і навіть такі абстрактні аспекти, як "пам'ять скла". У зв'язку з цим, пропонується ієрархічна система керування процесом скловаріння, яка дозволяє ефективно вирішувати ці проблеми.

Ієрархічна система керування передбачає організацію керування процесом на різних рівнях:

1. На нижньому рівні розташований ПІД-регулятор, що є складовою системи керування зі зворотнім зв'язком. Він виробляє керуючий сигнал з метою забезпечення необхідної точності та якості перехідного процесу. Керуючий сигнал формується як сума трьох компонентів: пропорційного регулювання, інтегрального регулювання та диференційного регулювання. На цьому рівні зазвичай реалізується керування конкретними змінними, які забезпечують точне виконання технологічного регламенту роботи скловарної печі. У нашому випадку основною змінною є температура у точці квельпункта, дотримання якої на певному рівні гарантує отримання продукції прийнятної якості.

2. На середньому рівні розташовується наглядний рівень, який оцінює регулятор з метою підтвердження відповідності заданим критеріям ефективності та оптимізує сигнал керування. Як "наглядач" використовується регулятор, побудований на нечіткій логіці.

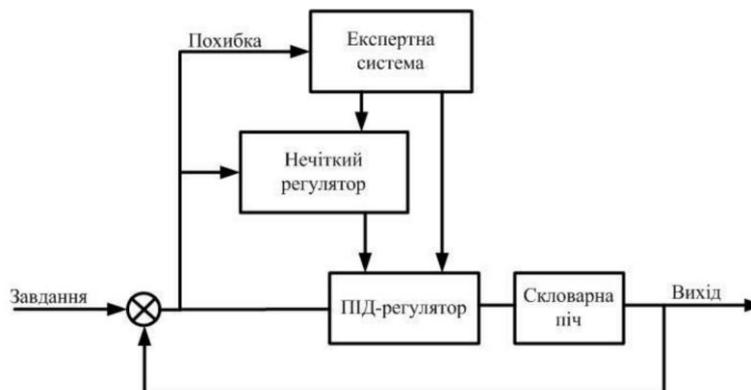


Рисунок 1 – Ієрархічна структура системи керування процесом скловаріння

Схема, що складається з нечіткого ПІД-регулятора, призначена для управління температурою газового середовища у печі для скловаріння. На рисунку 2 зображена структура цього регулятора, який об'єднує два регулятори - ПІД-регулятор та нечітку систему - у каскадну систему [2].

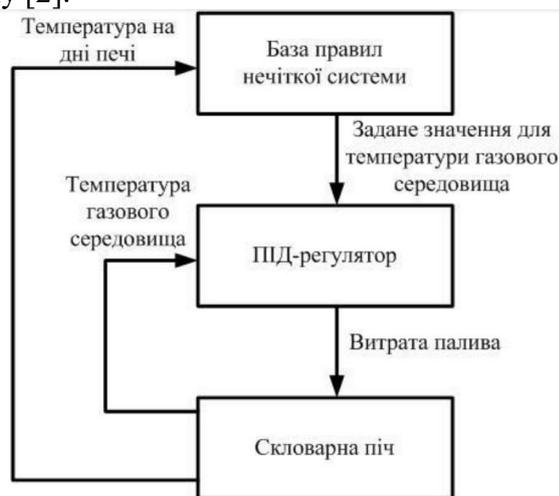


Рисунок 2 – Структура нечіткої системи

Показник температури дна печі надходить до нечіткої системи, яка формує задане значення для температури газового середовища. Температура газового середовища регулюється ПІД-регулятором, який налаштований для моделі скловарної печі. Правила нечіткої системи розроблені на основі досвіду технологів та експертів галузі.

У зв'язку з тим, що значна частина виробничого процесу скла досі керується вручну оператором, правила, вбудовані в нечіткі контролери, намагаються імітувати поведінку оператора. Цей підхід допомагає подолати високі значення запізнювання в регулюванні, зміну динаміки процесу, а також збурення та невизначеності в моделі.

На вищому рівні розташована експертна система, що є змодельованим середовищем експертних знань [3]. Вона аналізує дані в реальному часі, включаючи операційні спостереження та лабораторні аналізи, щоб надавати рекомендації для оптимального керування процесом виготовлення скла. Експертна система може працювати як у режимі онлайн, де вона надає диспетчеру рекомендації щодо оптимальної стратегії управління, так і в автономному режимі, де вона допомагає у підготовці нових або недосвідчених диспетчерів.

#### **Висновки.**

Дана ієрархічна система керування процесом скловаріння дозволяє вирішити недоліки, які виникають при використанні окремих регуляторів, шляхом їх поєднання в одну систему. Злиття традиційних методів, таких як ПІД-регулятор, з сучасними експертними системами дозволяє ефективно вирішити складну задачу підтримки необхідного температурного режиму скловарної печі, яка наразі вимагає втручання людини-експерта.

#### **Перелік посилань:**

1. Суликова В. А. Алгоритм нечеткого управления процессом варки стекла / В. А. Суликова. // Вестник ОГУ. - 2014. - №3. - С. 173-179.
2. Жученко А. І. Дослідження впливу температурного поля скловарної печі на показники якості скловиробів / А.І. Жученко, В.С. Цапар. // Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. - 2014. - №1. - С. 3-7.
3. Chmelar J. Supervisory advanced control of glass melters and forehearth by expert system / J. Chmelar, R. Bodi, E. Muysenberg. // Proc. Int. Congr. Glass. - 2001. - №1. - С. 247-254.

<sup>1</sup> Бакалаврант 4 курсу Богомолець А.А.

<sup>1</sup> Асист., к.т.н. Маріяш Ю.І.

<https://scholar.google.com/citations?hl=uk&user=7H2DiesAAAAJ>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## КАСКАДНА СИСТЕМА РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ В ПРИМІЩЕННІ ЗА ДОПОМОГОЮ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ З РЕЦИРКУЛЯЦІЄЮ

Системи вентиляції з рециркуляцією є важливими елементами будівельної технології, особливо в промислових, комерційних та житлових приміщеннях. Вентиляція з рециркуляцією - це система, яка забезпечує обмін повітря в приміщенні за допомогою циркуляції повітря з приміщення з додаванням свіжого повітря. Системи вентиляції можуть бути різних складностей дивлячись, які контури регулювання будуть реалізовані.

Однією з основних переваг систем з рециркуляцією є їх здатність зменшувати енергоспоживання порівняно з традиційними системами вентиляції. Вони можуть ефективно використовувати тепло чи прохолоду, які вже присутні в приміщенні, замість постійного нагрівання або охолодження свіжого повітря ззовні, тому вони зменшують витрати на опалення та кондиціювання повітря [1].

Вентиляційні системи з рециркуляцією можуть бути обладнані з різними фільтрами, які видаляють пил, алергени та інші забруднювачі з повітря. Це допомагає підтримувати високу якість повітря в приміщенні і зменшує ризик розвитку алергічних реакцій та захворювань дихальних шляхів.

Розглянемо функціональну схему системи вентиляції, яка зображена на рис. 1 [2]. В даній системі реалізовано регулювання температури припливного повітря. Реалізована каскадна система регулювання (рис.1) температури повітря в приміщенні. Встановлені датчі температури які вимірюють температуру витяжного повітря (TE4), температуру зовнішнього повітря (TE1), температуру теплоносія (TE2) та температуру припливного повітря (TE3), виходячи з тих даних про температуру, регулюється робота нагрівача та охолоджувача, підтримуючи таким чином задану температуру повітря в приміщенні.

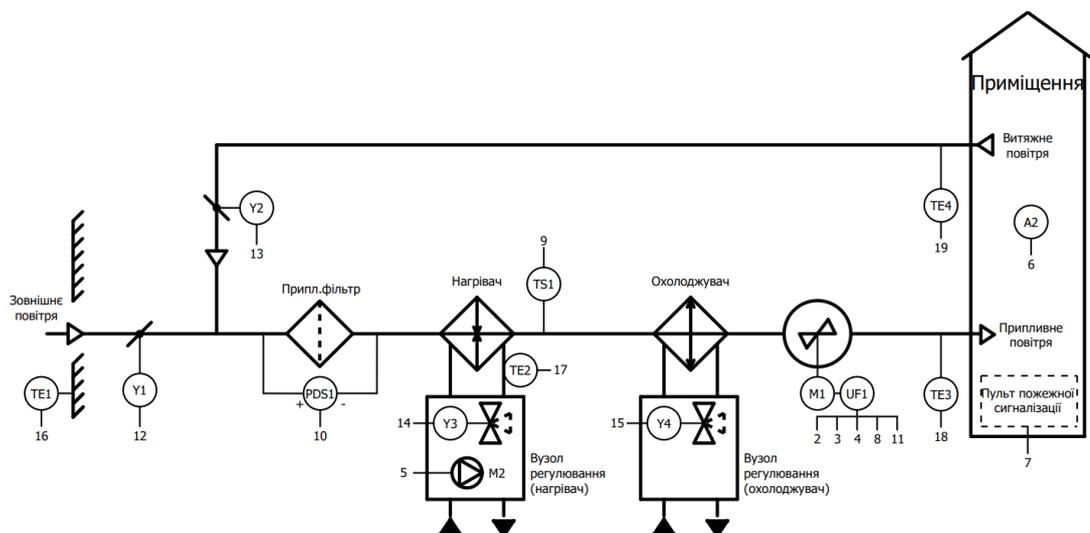


Рисунок 1 – Функціональна схема системи вентиляції

На даній схемі можна побачити, що повітря з приміщення змішується з зовнішнім повітрям, за допомогою заслінок (Y1, Y2) здійснюється регулювання співвідношення

суміші повітря. Далі повітря проходить через фільтр, справність фільтру перевіряється за допомогою датчику перепаду тиску (PDS1) [3].

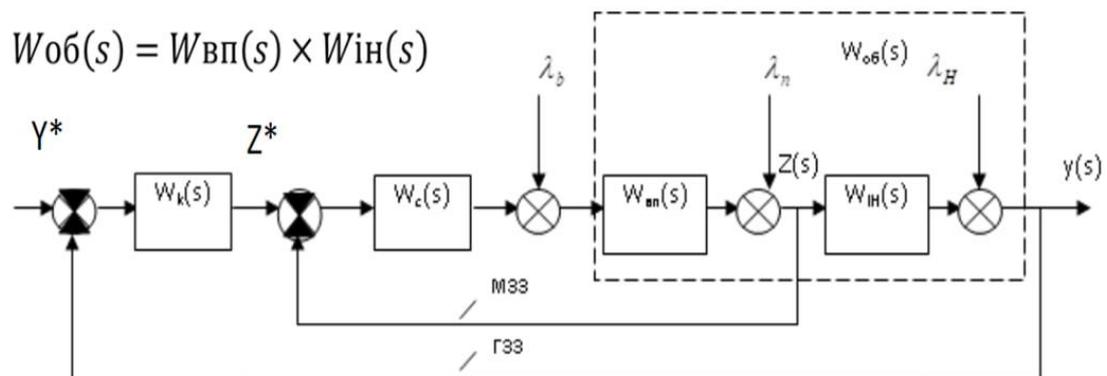


Рисунок 2 – Схема каскадного регулювання

Очищене повітря далі проходить через нагрівач та охолоджувач, в залежності від того яку температуру повітря потрібно отримати в приміщенні, регулюється робота нагрівача та охолоджувача за допомогою вузлів регулювання в яких регулюється об'єм теплоносіїв за допомогою зміни положення клапанів (Y3, Y4). Також в повітропроводі стоїть припливний вентилятор який керується управлінням двигуном M1.

**Висновки.** Система вентиляції з рециркуляцією є інноваційним та ефективним рішенням для забезпечення якості повітря в будь-якому типі приміщення. Вона не лише забезпечує оптимальний внутрішній клімат та комфорт для проживання та роботи, але і сприяє зменшенню енергоспоживання та витрат на опалення та кондиціонування повітря. Завдяки використанню інтелектуальних систем керування та фільтрації повітря, система з рециркуляцією забезпечує економічні переваги, екологічну чистоту та збереження ресурсів. У світлі зростаючої уваги до енергоефективності та сталого розвитку, системи вентиляції з рециркуляцією стають невід'ємною складовою сучасної будівельної технології, сприяючи створенню здорового та комфортного середовища для всіх користувачів.

#### Перелік посилань:

1. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers ASHRAE Handbook – HVAC Systems and Equipment – p. 10-18.
2. Yu K.-T., Su C.-L., Kuo J.-L. Variable recycled air controls of HVAC systems for energy savings in high-tech industries. *2016 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)*, м. Taipei, Taiwan, 14–17 берез. 2016 р. 2016. URL: <https://doi.org/10.1109/icit.2016.7474753>.
3. A Hybrid Learning and Model-Based Optimization for HVAC Systems: A Real World Case Study / D. Wu та ін. *2022 IEEE Power & Energy Society General Meeting (PESGM)*, м. Denver, CO, USA, 17–21 лип. 2022 р. 2022. URL: <https://doi.org/10.1109/pesgm48719.2022.9917211>.

<sup>1</sup> Бакалаврант 4 курсу Васянович В.М.

<sup>1</sup> Доц., к.т.н. Батюк С.Г.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=cWaZ5o4AAAAJ&hl=uk>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ПОЛІГОН ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ ПРОГРАМНО-ЛОГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ

**Постановка проблеми.** Підвищення ефективності систем програмно-логічного управління (СПЛУ) є актуальною задачею промислової автоматизації. Особливо актуальним є аналіз можливостей практичного застосування структурного імітаційного моделювання для тестування і модифікації типових СПЛУ.

**Аналіз проблеми.** Рівень L1 прийняття рішень (рівень регулювання; рівень контролерної автоматизації) в інтегрованій АСУ масштабу підприємства за стандартом ISA-95 відповідає за реалізацію задач неперервного регулювання і задач програмно-логічного управління. Програмно-технічні засоби автоматизації рівня L1 – ПЛК.

Задачі неперервного регулювання – це задачі стабілізації режимних параметрів ТОУ (підтримання режимних параметрів на заданих значеннях – уставках). Реалізуються ПД-регуляторами (та іншими неперервними регуляторами) в САР режимних параметрів ТОУ. ПЛК входять до складу АСУ неперервним виробництвом (Continuous Production Control) і порційним виробництвом (Batch Production Control).

Задачі програмно-логічного управління реалізуються СПЛУ. ПЛК входять до складу АСУ дискретним виробництвом (Discrete Production Control). Виділяють такі задачі програмно-логічного управління: 1) технологічні і аварійні захисти; 2) взаємне блокування машин і операцій; 3) старт-стопне управління транспортними операціями (управління конвеєрами, рольгангами тощо); 4) управління переміщенням (motion control); 5) системи доступу і безпеки (гвард-системи).

АСУ неперервним і порційним виробництвом реалізують інформаційні, управляючі і захисні функції. Інформаційні функції – вимірювання технологічних параметрів, первинна обробка сигналів і візуалізація даних. Управляючі функції – стабілізація режимних параметрів. Захисні функції – технологічні і аварійні захисти обладнання і взаємне блокування операцій. Захисні функції реалізуються саме СПЛУ в складі АСУ. СПЛУ є такою ж необхідною і важливою частиною промислових автоматизованих технологічних комплексів (АТК – це ТОУ, керований АСУ), як і САР режимних параметрів.

Рівень L2 прийняття рішень (рівень управління; рівень супервізорної автоматизації) в інтегрованій АСУ масштабу підприємства за стандартом ISA-95 відповідає за реалізацію задач людинно-машинного інтерфейсу (HMI). Програмно-технічні засоби автоматизації рівня L2 – SCADA-системи. SCADA-системи реалізують супервізорне управління як «неперервними» САР, так і «дискретними» СПЛУ.

Структурне імітаційне моделювання ефективно використовується для тестування і модифікації АСУ неперервним і порційним виробництвом [1]. Перспективним є використання ідеології і засобів структурного імітаційного моделювання для тестування і налагодження СПЛУ на стадії робочого проєктування і в процесі модифікації.

**Постановка завдання.** Розробити полігон структурного імітаційного моделювання типових СПЛУ. Змоделювати і дослідити типові СПЛУ. Мета дослідження – з'ясувати можливість ефективного моделювання дискретного ТОУ засобами полігону імітаційного SIM-моделювання (ТОУ моделюється в СКМ; контролерна функціональність реалізується в софтПЛК; супервізорна функціональність реалізується HMI/SCADA-системою).

**Моделювання і дослідження.** Розроблений полігон структурного імітаційного

моделювання реалізований на платформі СКМ Matlab Simulink – софтПЛК CoDeSys – HMI/SCADA-система AVEVA Web Studio [1].

Моделювались і досліджувались наступні СПЛУ: СПЛУ ліфтовою системою; СПЛУ системою замовлень; СПЛУ насосною групою; СПЛУ системою перекидання факелу.

Ліфтова система (ТОУ) в СПЛУ ліфтовою системою змодельована в СКМ інтегруючими ланками, ланками транспортного запізнення, елементами порівняння і логічними елементами.

Система замовлень (ТОУ) в СПЛУ системою замовлень змодельована в СКМ інтегруючими ланками, ланками транспортного запізнення, елементами порівняння і логічними елементами.

Насосна група (ТОУ) в СПЛУ насосною групою змодельована в СКМ інтегруючими ланками, ланками транспортного запізнення, елементами порівняння і логічними елементами.

Система перекидання факелу є необхідним технологічним компонентом промислових регенеративних камерних печей. Класичний приклад – скловарна піч. Моделювання СПЛУ системою перекидання факелу передбачає моделювання в СКМ процесів нагрівання та охолодження повітря в регенераторах і переміщень запірних клапанів. Процеси нагрівання і охолодження повітря в регенераторах і переміщення запірних клапанів змодельовані в СКМ інтегруючими ланками, ланками транспортного запізнення, елементами порівняння і логічними елементами.

Подача газу та повітря в скловарній печі з поперечним напрямком полум'я здійснюється по черзі або на праву, або на ліву сторону печі. Для підвищення ефективності процесу варки скла використовуються регенератори. Для нормальної роботи скловарних печей необхідно, щоб в робочу камеру постійно надходило нагріте повітря і газ. З цією метою на печі встановлюють дві пари регенераторів, насадка яких по черзі то нагрівається газами, то передає закумульоване насадкою тепло повітря. Тривалість подачі повітря або період відведення димових газів 30 хв. Протягом 30 хв через насадки регенераторів проходять димові гази, віддаючи цегляній кладці своє тепло. Через 30 хв в нагріті насадки замість димових газів надходить холодне повітря. Закумульоване насадкою тепло передається повітря, і воно нагрівається до необхідної температури. Поступово, в процесі віддачі тепла, насадка охолоджується і після досягнення певної межі (через 30 хв) процес повторюється. Через регенератор знову пропускаються димові гази, насадка акумулює тепло, потім передає його повітря і т. д. Димові гази надходять в регенератори з температурою 1350-1500 °С і йдуть з них з температурою 300-500 °С.

Формування команди на перекидання факелу виконується автоматично за такими ознаками: за максимально допустимим інтервалом часу між перекиданнями факелу (зазвичай до 30 хвилин); за максимально допустимою температурою верхніх частин регенераторів; за мінімально допустимою температурою нижніх частин регенераторів.

Циклограма перекидання факелу наведена на рис. 1 (перекидання зліва направо; для перекидання факелу зправа наліво циклограма аналогічна).

В циклограмі використані наступні позначення:  $\tau_1$  – початок перекидання факелу;  $\tau_8$  – закінчення перекидання факелу;  $\tau_\phi$  – тривалість перекидання факелу (до 60 с);  $\tau_i^m$  – тривалість переміщення виконавчих механізмів, які закриваються ( $\tau_{11}^m$ ;  $\tau_{21}^m$ ) або відкриваються ( $\tau_{22}^m$ ;  $\tau_{31}^m$ ), діапазон значень 2-5 с;  $\tau_i^n$  – тривалість програмно організованих пауз ( $\tau_1^n$ - на продування топки повітрям;  $\tau_2^n$  – на заповнення топки повітрям;  $\tau_3^n$  – на спрацювання всіх кінцевих вимикачів і давачів реле тиску), діапазон значень 5-10 с.

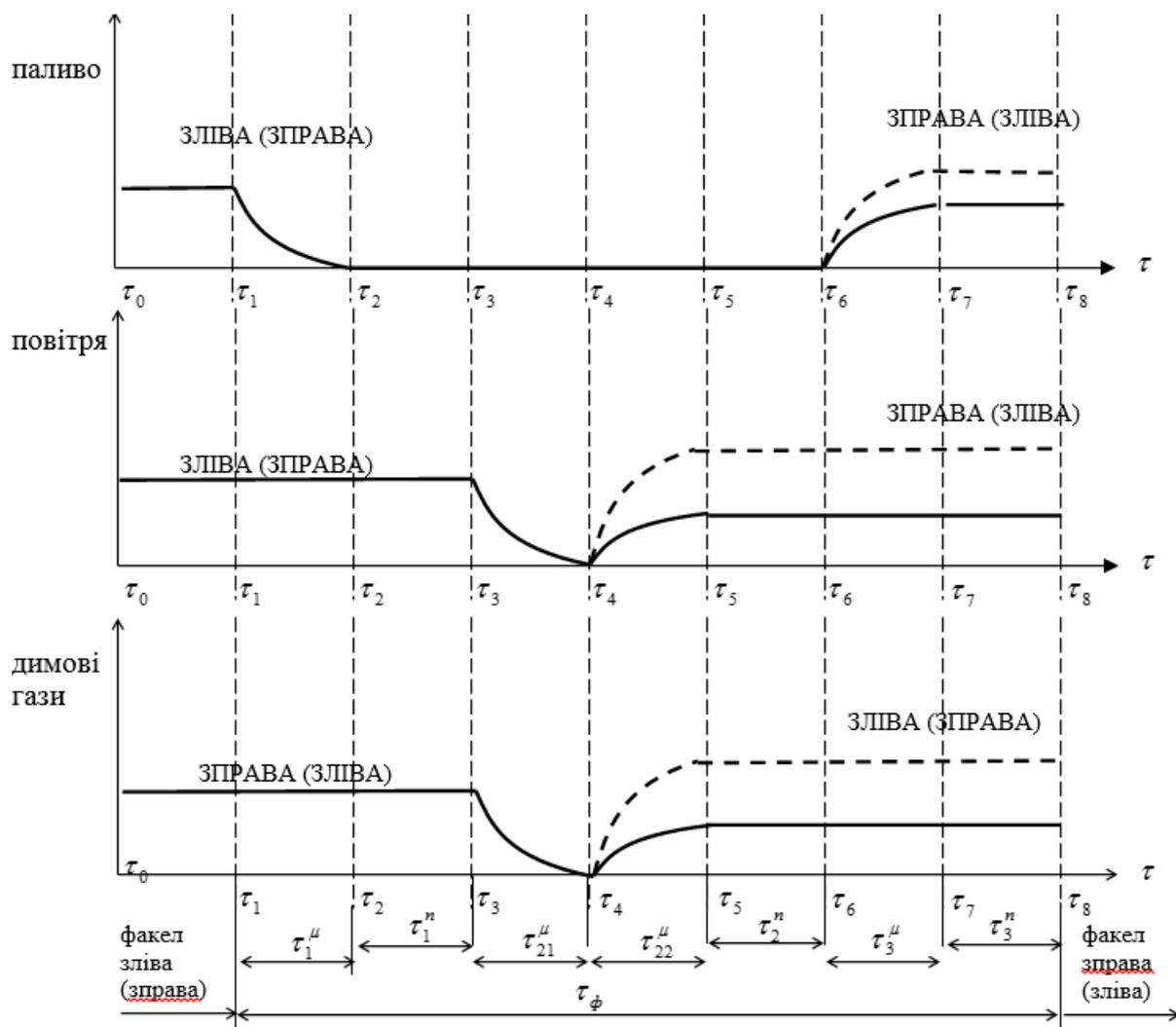


Рисунок 1 – Циклограма перекидання факелу в топці печі

Дослідження змодельованих СПЛУ здійснювалось нанесенням старт-стопних команд, які запускали або зупиняли роботу СПЛУ.

**Результати і висновки.** Дослідження змодельованих типових СПЛУ дає можливість сформулювати наступні результати і висновки (рекомендації).

1. Полігон структурного імітаційного SIL-модельовання так само ефективно може бути використаний для тестування СПЛУ, як і для САР режимних параметрів. Дискретні ТОУ, так само як і неперервні ТОУ, ефективно моделюються в СКМ. Для моделювання динамічних елементів в дискретних ТОУ достатньо використовувати інтегруючі ланки і ланки транспортного запізнення. Аперіодичні ланки, практично, не використовуються (немає перехідної динаміки). Контролерна функціональність реалізується в софтПЛК. Супервізорна функціональність реалізується HMI/SCADA-системою.

2. Ефективність структурного імітаційного SIL-модельовання СПЛУ продемонстрована для типових СПЛУ: СПЛУ ліфтовою системою; СПЛУ системою замовлень; СПЛУ насосною групою; СПЛУ системою перекидання факелу.

3. Перспективним є використання полігону структурного імітаційного SIL-модельовання для тестування СПЛУ технологічними і аварійними захистами на теплових і атомних електричних станціях.

**Перелік посилань:**

1. Батюк С.Г. Імітаційне моделювання і цифровий твінінг енергетичних кібер-фізичних систем (кібер-енергетичних систем) // Досягнення України та країн ЄС у сфері інновацій і винахідництва в галузі техніки : колективна монографія. С. 44-109. Рига, Латвія : Izdevniecība "Baltija Publishing", 2022. 544 с. 65 с.

<sup>1</sup> Бакалаврант 4 курсу Войтко Д.О.

<sup>1</sup> Доц., к.т.н. Бунке О.С.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=10I2Mk0AAAAAJ>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## АСУ ПРИПЛИВНО-ВИТЯЖНОЇ УСТАНОВКИ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА КОНДИЦІОНУВАННЯ КОНФЕРЕНЦ-ЗАЛУ

**Постановка проблеми та її актуальність.** Сучасна Україна стає все ближче і ближче до європейської сім'ї, з'являється все більше іноземних виробників, інвесторів готових розвивати, розширювати свій бізнес на теренах нашої країни [1], відповідно зростає і необхідність у проведенні різних заходів, для яких як раз і призначені спеціальні приміщення – конференц-зали. Підтримання мікроклімату приміщення в якому знаходяться люди є відповідальною задачею, особливо якщо йдеться про представників підприємств і організацій, де від кожного з найменших факторів проведення зустрічі може залежати відповідне рішення. Часто конференц-зали створюються на базі вже існуючих офісних приміщень, оскільки вони схожі по своїй суті. Основною проблемою таких рішень є використання, у кращому випадку, застарілих припливно-витяжних установок з низькою енергоефективністю, що працюють за постійним навантаження без залежності від присутності людей у приміщенні. Це призводить до додаткових витрат зі сторони власника приміщення.

**Аналіз останніх досліджень.** З досвіду проведених компанією енергетичних обстежень на десятках виробничих та комерційних об'єктах, які побудовані за часів дії низьких тарифів на енергоносії, можна сказати, що у всіх випадках є величезний потенціал для зниження енергоспоживання за рахунок впровадження сучасних енергоефективних технологій [1].

Як правило, для об'єктів, побудованих до 10 років тому, де внутрішні мережі знаходяться загалом в задовільному стані, необхідним є проведення реконструкції основних енергетичних вузлів будівлі за основними напрямками, серед яких вентиляційне обладнання, одним з яких є впровадження контролю параметрів роботи обладнання за фактичними потребами в приміщенні [1].

**Формулювання мети.** Метою роботи є розробка автоматизованої системи управління сучасної технологічної установки, що забезпечить комфортне перебування відвідувачів у конференц-залі та буде відповідати сьогоденним вимогам мікроклімату приміщень та енергоефективності, і, як наслідок, у подальшому дозволить знизити витрати на енергоспоживання, які є одними із головних статей фінансових витрат для власника, при сталому рівні комфорту.

**Основна частина.** Ключовою відмінністю від приміщень офісного типу є непрогнозована періодичність використання конференц-залів. Саме тому доцільним є проектування системи вентиляції із так званим змінним режимом роботи за фактичною потребою, при цьому також буде забезпечений і мінімальний необхідний рівень надходження свіжого повітря, що регламентовано [2, с. 128]. Для реалізації цієї функції планується застосування інтелектуальних PIR-давачів. Принцип дії цих давачів базується на сприйнятті теплового випромінювання людиною.

Схематично будову технологічного об'єкту управління (ТОУ) зображено на Рис. 1.

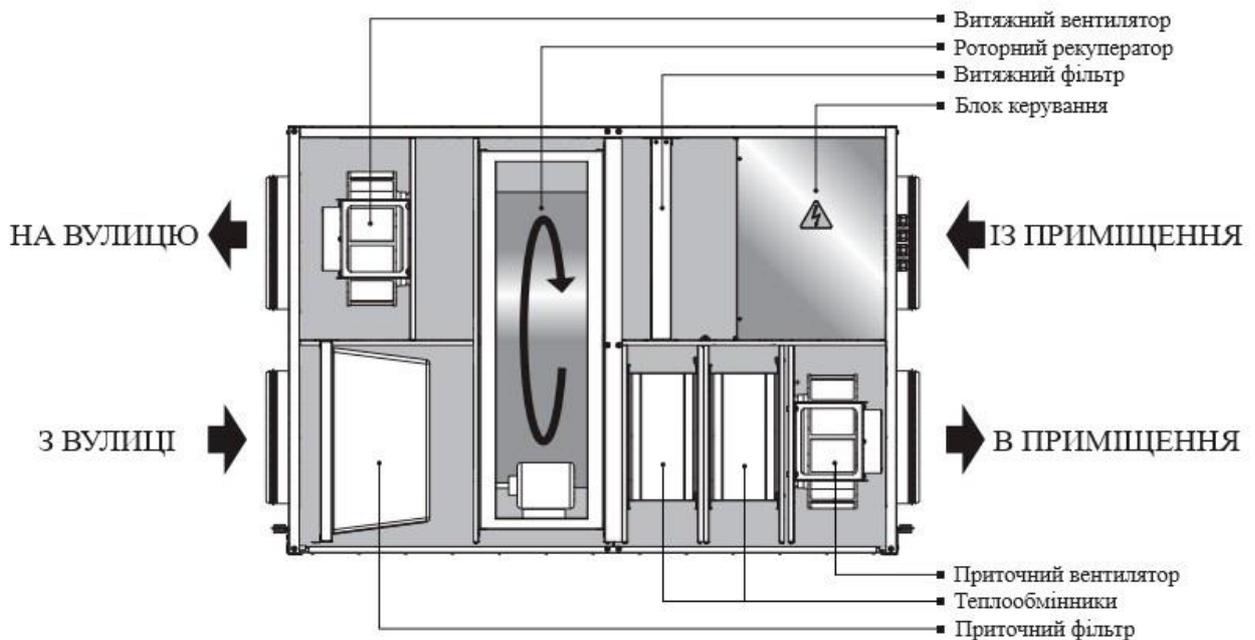


Рисунок 1 – Схематична будова припливно-витяжної установки системи вентиляції та кондиціонування конференц-залу

Основним контуром регулювання заданого ТОУ є канал передачі дії «зміна кількості подачі теплоносія/холодоагенту у відповідний теплообмінник (в залежності від режиму роботи установки) – температура повітря у приміщенні».

Оскільки для обраного ОУ є актуальними збурення зі сторони РО (внутрішні збурення) та є можливість виміряти значення у його проміжній точці, то доцільним буде використання саме каскадної САР. Обрана система автоматичного регулювання здатна забезпечити максимально швидкий та точний інерційний по своїй природі процес регулювання температури при великій кількості можливих збурень як зі сторони РО (зміна витрати теплоносія в мережі та/або зміна температури подачі теплоносія/холодоагенту при незмінному положенні РО), так і зі сторони навантаження (зміна теплообміну з навколишнім середовищем внаслідок закриття або відкриття дверей і вікон, зміна температурних і атмосферних умов навколишнього середовища, зміна кількості людей у приміщенні, тощо). Перевагою каскадної САР є ефективність при збуренні зі сторони РО (у порівнянні з одноконтурною САР) і загальна ефективність (у порівнянні з комбінованою та двоімпульсною САР). Завдяки використанню двоконтурної САР очікується підвищення рівня комфорту в приміщенні шляхом надходження припливного повітря чітко заданої температури при незмінних показниках енергоспоживання. Для реалізації каскадної схеми регулювання температури повітря у приміщенні необхідне застосування щонайменше двох датчиків температури. Перший датчик монтується на виході припливного каналу завдяки чому регулятор і може нівелювати збурення зі сторони РО. Інший датчик монтується безпосередньо в приміщенні (дозволяє контролювати температуру у заданій зоні) або у витяжному каналі (дозволяє контролювати усереднену температуру в приміщенні) в залежності від потреб, що дозволяє регулятору знати, і, як наслідок, корегувати фактичну температуру у приміщенні.

Для подальшого розрахунку регуляторів з реального об'єкта будуть ідентифіковані параметри моделі випереджальної (швидкісної) та інерційної частини ОУ, які являють собою ланки першого порядку із транспортним запізненням.

**Висновки.** Отже, як показує аналіз останніх досліджень, тема енергозбереження наразі є досить актуальною, а в результаті впровадження синтезованої АСУ очікується зменшення енерговитрат припливно-витяжної установки при незмінно високому рівні комфорту.

**Перелік посилань:**

1. Настич І. В. Модернізація систем вентиляції та кондиціонування в промислових об'єктах: основні кроки. *Property Times*. URL: [https://propertytimes.com.ua/technologies/modernizatsiya\\_sistem\\_ventilyatsiyi\\_ta\\_konditsionuvannya\\_v\\_promislovih\\_obektah\\_osnovni\\_kroki](https://propertytimes.com.ua/technologies/modernizatsiya_sistem_ventilyatsiyi_ta_konditsionuvannya_v_promislovih_obektah_osnovni_kroki) (дата звернення 07.03.2024)
2. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. Чинний від 2014-01-01. Вид. офіц. Київ : Укрархбудінформ, 2013. 135 с.

## УДК 664.1

<sup>1</sup> Бакалаврант 4 курсу Гриценко А.О.

<sup>1</sup> Ст.викл. Гікало П.В.

<https://scholar.google.com/citations?user=6s1egLYAAAAAJ&hl=uk>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

### РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ РЕТУРНОЇ ПАРИ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ЦУКРУ

Ретурна пара, що надходить з ТЕЦ, після редуційно-охолоджувальної установки (РОУ) подається до парового колектора перед першим корпусом випарної станції (ВС). У більшості випадків ТЕЦ знаходиться на значній відстані від ВС, що призводить до теплових втрат та утворення конденсату в паропроводі, щоб нівелювати це, пара всеж таки залишається у перегрітому стані.

В теорії РОУ подає пару вже з оптимальним значенням температури перегріву, проте на практиці, цього значення не завжди вдається дотримуватись, пара залишається із значним перегрівом. Особливо актуальна ця проблема у другій половині сезону переробки цукрового буряку, коли термостійкість цукрового розчину значно погіршується внаслідок поступового гниття буряку в кагатах.

Найбільша кількість втрат цукрози через термічний розпад під час випаровування у ВС припадає на перший корпус [1]. Тому, ефективне регулювання температури перегріву ретурної пари на вході до ВС є важливим аспектом, що впливає не лише на енергоефективність процесу, але й на зменшення втрат цукрози.

За рекомендаціями теплотехнічних інструкцій [2], температура перегріву пари, що надходить до першого корпусу ВС, не повинна перевищувати 25°C, щоб уникнути негативного впливу температури на процес розкладання цукрози та загальну ефективність виробництва. Проте, перегрів навіть менших величин є небажаним, та призводить до погіршення якості кінцевого продукту [3]:

- зниження рН;
- збільшення кольоровості;
- втрати цукрози;
- утворення накипу на стінках випарних корпусів.

Для боротьби із негативним впливом перегріву ретурної пари на перебіг технологічно процесу у ВС, можливе використання двох способів:

1. Зменшення часу перебування цукрового розчину у випарному корпусі.

Згідно за рівнянням М.А.Гейшовта (1):

$$\tau = \sqrt{1000 - (t - 118,5)^2} - 10,4 . \quad (1)$$

де  $\tau$  – максимально допустимий час перебування соку, хв;

$t$  – температура кипіння соку °С.

Використовуючи це рівняння, ми можемо розрахувати, час перебування соку у випарному апараті. Цей метод має суттєвий недолік, для зменшення часу перебування соку, наявні випарні апарати Роберта, які розповсюджені на існуючих заводах, повинні бути замінені на апарати плівкового типу. Це потребує значних матеріальних вкладень.

2. Впровадження охолоджувальної установки (ОУ) пари, що надходить в перший корпус ВС.

Впровадження ОУ допоможе зменшити температуру перегріву ретурної пари, що стабілізує температурний режим і зменшить кількість втраченої цукрози на ВС.

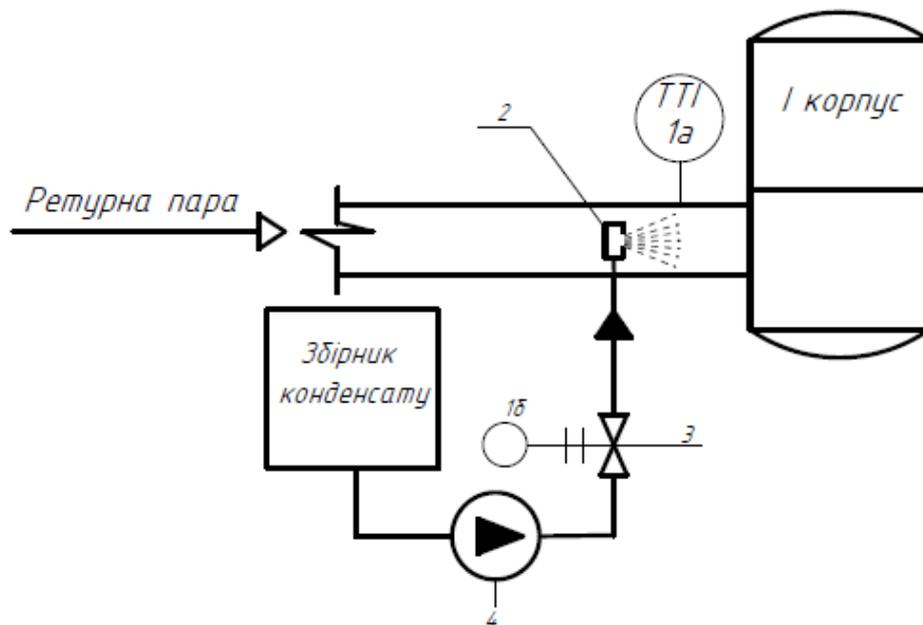


Рисунок 1 – Схема установки для охолодження ретурної пари

ОУ (рис. 1) буде включати у собі систему форсунок для розпилення конденсату в потоці пари (поз 2), регулюючий клапан для контролю подачі води (поз 3), насос для транспортування конденсату (поз 4) та датчику температури.

Для охолодження можна використати конденсат ретурної пари або конденсат вторинної пари першого корпусу ВС.

Як висновок, зменшення перегріву пари є ключовим для зниження втрат цукрози та поліпшення якості кінцевого продукту. Впровадження установок для охолодження ретурної пари дозволяє досягти більш стабільного температурного режиму, що сприяє зниженню теплових втрат та покращенню загальної продуктивності виробництва. Така оптимізація не лише забезпечує економію ресурсів, але й вносить вклад у сталий розвиток галузі, відкриваючи шляхи до підвищення конкурентоспроможності продукції на міжнародному рівні.

#### Перелік посилань:

1. Dr Ross Broadfoo. Sucrose loss studies in evaporator stations in five Australian sugar factories URL:

<https://elibrary.sugarresearch.com.au/bitstream/handle/11079/17089/Appendix%201%20Sucrose%20loss%20studies%20in%20evaporator%20for%20fin%20rep%20Develop%20a%20blueprint%202015043.pdf?sequence=3&isAllowed=y> (Дата звернення 11.03.2024)

2. Штангеєв К.О. Випарні установки та теплові схеми цукрових заводів. Київ, 2015. 67 с. (Дата звернення 11.03.2024)

3. Marasinghege, Chalani, Rackemann, Darryn, & Doherty, William. Impacts of superheated steam on juice degradation and evaporator performance. URL: <https://eprints.qut.edu.au/205169/1/68933038.pdf> (Дата звернення 11.03.2024)

## УДК 681.5

<sup>1</sup> Бакалаврант 4 курсу Гуменюк В.Ю.

<sup>1</sup> Ст.викл. Поліщук І.А.

<https://scholar.google.com/citations?hl=uk&authuser=2&user=2CLzdFgAAAAJ>

<sup>1</sup> НТУУ "Київський політехнічний інститут ім.Ігоря Сікорського"

### РЕКУПЕРАЦІЯ ТЕПЛА В ЦЕНТРАХ ОБРОБКИ ДАНИХ

Сучасні центри обробки даних (ЦОД) споживають дедалі більше енергії, що в свою чергу веде до зростання викидів CO<sub>2</sub> і, відповідно, негативно впливає на довкілля. З поширенням обчислювальних технологій ЦОД та високопродуктивні кластери (ВПК) зазнали значного зростання, на них сукупно припадає близько 4% світового споживання електроенергії [1]. Пандемія COVID-19 ще більше прискорила віртуалізацію, збільшивши середнє навантаження на ЦОД приблизно на 30%. Охолодження, яке споживає 30-40% енергії постійного струму, є основним джерелом енергетичної неефективності та експлуатаційних витрат [2]. Існуюча інфраструктура ЦОД не використовує відпрацьоване тепло, що робить ЦОД неефективними.

Одним із можливих підходів для підвищення ефективності ЦОД є стратегії рекуперації відпрацьованого тепла для зменшення їхнього негативного впливу на довкілля. Особливу роль у цьому підході відіграють автоматизовані системи керування, які дозволяють використовувати відпрацьоване тепло з максимальною ефективністю.

Повітряне охолодження залишається популярним для систем постійного струму та високопродуктивних серверів, які є основним джерелом виділення тепла у ЦОД, а модульні системи здатні відводити до 20 кВт тепла на одну стійку. Однак, через обмежену здатність повітря до теплопередачі, все більшої популярності набувають рішення з рідинним охолодженням.

Сервери з рідинним охолодженням використовують різні методи, такі як холодні пластини і мікроканалні радіатори для ефективного охолодження процесорів, хоча рідинне охолодження для інших компонентів залишається недоступним. Охолодження зануренням, хоча і є ефективним, стикається з проблемами впровадження через важкість обслуговування.

Високощільні стійки з рідинним охолодженням можуть розсіювати до 50-60 кВт тепла на одну стійку, що вимагає ефективних методів відведення тепла [2]. Однак такі проблеми, як температурні обмеження та високі капітальні витрати, перешкоджають їх широкому впровадженню. Для рекуперації відпрацьованого тепла запропоновано підхід на основі адсорбційного охолоджувача, який використовує потоки гарячої води зі стійок з рідинним охолодженням для виробництва холодоносія всередині ЦОД. Цей метод має на меті мінімізувати експлуатаційні витрати та вплив на навколишнє середовище, одночасно максимізуючи енергоефективність.

Технічну та економічну ефективність інфраструктури гібридного центру обробки даних, яка містить обчислювальні стійки високої щільності з водяним охолодженням і низької щільності з повітряним охолодженням, можна підвищити шляхом внутрішньої рекуперації відпрацьованого тепла центру обробки даних. Система складається з високопродуктивних кластерних стійок з водяним охолодженням і серверних стійок з повітряним охолодженням. Максимальні теплові навантаження стійок з водяним і повітряним охолодженням становлять 350 кВт і 50 кВт відповідно [2]. Сервер з водяним охолодженням стелажа охолоджуються за допомогою проміжних стійкових водо-водяних теплообмінників, які мають систему подачі води в будівлю без холодильної машини (чилера). Стійки з повітряним охолодженням використовують два блоки охолодження в ряді, які отримують холодну воду від парокompресійного чилера з конденсатором

повітряного охолодження (Рис. 1). Вона з'єднує два типи стійок за допомогою системи рекуперації відпрацьованого тепла, що складається з адсорбційного охолоджувача, водоводяного рекуператора відпрацьованого тепла, мокрої градирні, вентиляторів градирні та циркуляційних насосів. Вхідний потік холодоносія в стійки з рідинним охолодженням стає теплішим на вихлопі сервера завдяки теплопередачі. Агреговані потоки з усіх вихлопів сервера передають частину свого тепла до адсорбційного чилера через проміжний теплообмінник. Це сприяє адсорбції та виробництву холодоносія, необхідного для блоків охолодження в рядах, розташованих у стійках з повітряним охолодженням. Таким чином, зменшується охолоджувальне навантаження на парокompресійний чилер, яке компенсується за рахунок адсорбційного чилера, зменшуючи споживання енергії парокompресійним охолоджувачем.

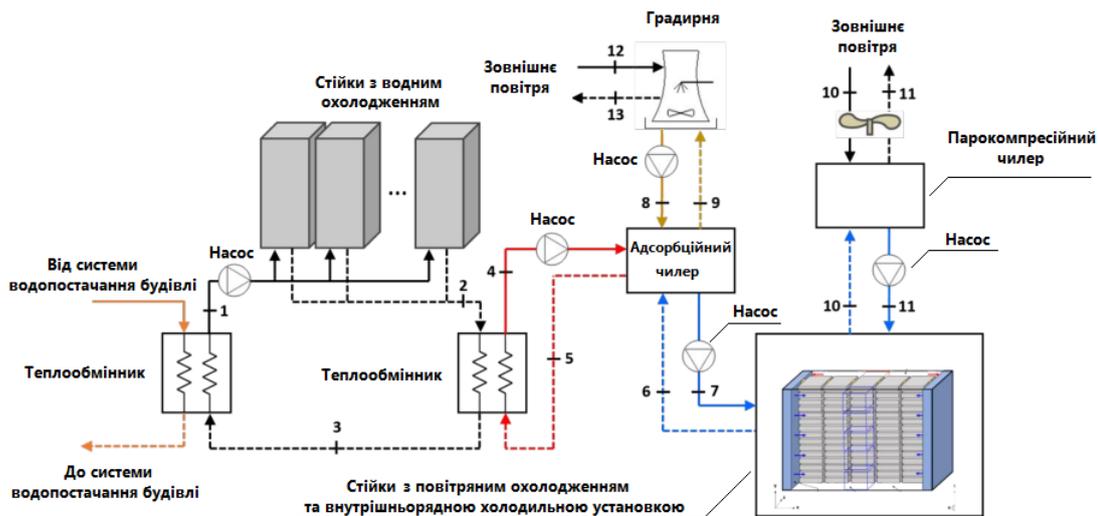


Рисунок 1 – Схема системи для центру обробки даних із стійками з рідинним і повітряним охолодженням, з'єднаними через адсорбційний чилер

Запропонована система охолодження дозволяє зменшити витрати на електроенергію за рахунок рекуперації, але при цьому підвищується її складність за рахунок використання додаткового обладнання. Для контролю та автоматичного керування такими системами необхідно розробляти більш складні програмно-технічні комплекси, що збирають інформацію з різних датчиків, пропонують більш ефективні алгоритми керування та захисту обладнання від аварійних ситуацій.

**Проведений аналіз продемонстрував, що нова стратегія** рекуперації відпрацьованого тепла ЦОД, що містить як повітряні, так і рідинні системи охолодження, дозволяє забезпечити високу енергоефективність. Розглянутий підхід є перспективним порівняно з існуючими системами використання відпрацьованого тепла ЦОД, такими як опалення будівель, виробництва електроенергії за допомогою органічного циклу Ренкіна, підігріву води для котлів або виробництва холодної води за допомогою абсорбційних чилерів. Комбінована система охолодження ЦОД може бути легко впроваджена в існуючі системи.

**Перелік посилань:**

1. E. Masanet, A. Shehabi, N. Lei, S. Smith, and J. Koomey, "Recalibrating global data center energy-use estimates," *Science*, vol. 367, pp. 984-986, 2020.
2. Gupta R., Ishwar K. Puri. Waste Heat Recovery in Data Center with an Adsorption Chiller: Technical and Economic Analysis. *Energy Conversion and Management*. vol. 245. 2021.

## УДК 621.1

<sup>1</sup> Бакалаврант 4 курсу Гуменюк М.Д.

<sup>1</sup> Ст.викл. Поліщук І.А.

<https://scholar.google.com/citations?hl=uk&authuser=2&user=2CLzdFgAAAAJ>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

### ОГЛЯД НАЙБІЛЬШ ПРОСУНУТИХ ТА ПЕРСПЕКТИВНИХ ПРОЄКТІВ МАЛИХ МОДУЛЬНИХ РЕАКТОРІВ ТА ВИКЛИКИ ЇХ ВПРОВАДЖЕННЯ В УКРАЇНІ

В Україні експлуатується 15 енергоблоків АЕС, які до повномасштабної агресії РФ проти України генерували більш, ніж 50% від загальної кількості електроенергії. Як наслідок агресії, найбільша в Європі АЕС – Запорізька АЕС знаходиться під окупацією і відновлення її працездатності після перемоги України займе тривалий час. Крім того, частина енергосистеми була зруйнована внаслідок обстрілів. Особливо це стосується теплових електростанцій (ТЕС) та теплоелектроцентралей (ТЕЦ). Також важливим фактором, який потрібно приймати до уваги, є те, що під час міжнародної кліматичної конференції у Глазго у 2021 Україна взяла на себе зобов'язання вивести з експлуатації вугільні ТЕС до 2035 року. Таким чином, після перемоги України постане гостре питання відбудови пошкоджених генеруючих потужностей з мінімальними або нульовими викидами парникових газів.

Приймаючи до уваги, що наразі атомна енергетика визнана вільною від вуглецю енергією (carbon free), а також, що Україна має достатньо потужний атомно-промисловий комплекс, який готовий для переорієнтування на сучасні реалії, цілком перспективним є напрямком використання атомної енергетики для відбудови енергетичного сектору. Особливо перспективним напрямком є використання малих модульних реакторів (ММР).

Відповідно до класифікації МАГАТЕ [1] до ММР відносять реактори потужністю до 300 МВт. Станом на 2022 рік в світі розробляється більш ніж 80 різних проєктів ММР в 18 різних країнах [1]. Ці проєкти знаходяться на різних станах розробки та впровадження. До найбільш перспективних проєктів ММР можна віднести наступні проєкти: VOYGR (розробник NuScale), SMR-160 (компанія Holtec) та BWRX-300 (компанія GE Hitachi).

NuScale розробила трансформаційний малий модульний реактор (Рис. 1), який забезпечує масштабовану, безпечну та надійну безвуглецеву ядерну енергію, необхідну для досягнення глобальних цілей декарбонізації [2]. ММР NuScale VOYGR - це багатомодульна електростанція, що базується на невеликому реакторі з водою під тиском (PWR), який називається NuScale Power Module або NPM [2]. У серпні 2020 року NPM став першим сертифікованим ММР. Конструкція є дуже гнучкою та конфігурованою, пропонуються 4, 6 та 12 модульні конфігурації, кожна з яких виробляє по 77 МВт електричних або 250 МВт теплових.

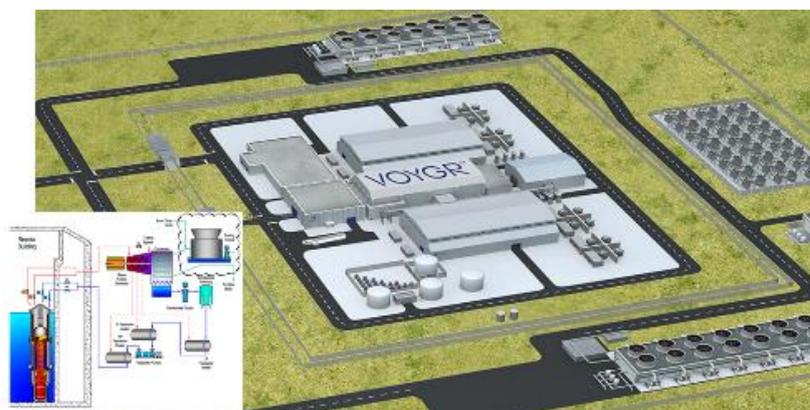


Рисунок 1 – Загальний вигляд NuScale VOYGR

Проект малого модульного реактора SMR-160 (Рис. 2), розроблений американською компанією Holtec International, базується на існуючих технологіях легководних реакторів [1]. Конструкція цього реактора значно спрощена у порівнянні з існуючими енергоблоками і включає системи пасивної безпеки, що в цілому підвищує безпеку при будівництві, експлуатації та обслуговуванні [1]. Зокрема, реактор не потребує постійної присутності персоналу, стійкий до зовнішніх небезпек, а відведення тепла (зі значним запасом часу) забезпечується природною циркуляцією у всіх режимах нормальної експлуатації, відхиленнях від нормальної експлуатації та аваріях. Окрім того, SMR-160 використовує паливо, яке використовується на сучасних конструкціях PWR. Електрична потужність SMR-160 робить її ідеальним рішенням для заміни вугільних електростанцій.



Рисунок 2 – Загальний вигляд SMR-160

GE-Hitachi BWRX-300 – це невеликий модульний реактор (Рис. 3) з киплячою водою електричною потужністю 300 МВт [3, 4]. Конструкція реактора також заснована на принципах природної циркуляції та забезпечення чистого, гнучкого виробництва енергії, яке є конкурентоспроможним у порівнянні з установками, що працюють на природному газі. Цей реактор дозволяє виробництво електроенергії в діапазоні навантаження від 50 до 100% потужності та централізоване опалення.



Рисунок 3 – Загальний вигляд BWRX-300

Суттєвим фактором впровадження ММР є доволі тривалий термін експлуатації у понад 60 років, з можливістю подальшого продовження. Також ММР мають природну циркуляцію першого контуру, що значно спрощує систему охолодження активної зони і застосовують пасивний підхід до систем безпеки, що активуються без втручання персоналу станції та без необхідності електроживлення.

Ще на етапі проектування велика увага приділяється питанням автоматизації та дистанційного керування процесами, які відбуваються у ММР. Для навчання персоналу, який експлуатує ММР, компанія NuScale розробила повномасштабний тренажер, який

моделює 12 реакторних модулів (Рис. 4). З досвіду використання цього тренажеру було підтверджено, що для управління роботою 12 реакторних модулів, в тому числі в умовах аварій, достатньо трьох фахівців. Це є суттєвою перевагою у порівнянні зі звичайними АЕС, де для одного реактора потрібно значно більше персоналу. Така невелика кількість персоналу обумовлена застосуванням пасивних систем безпеки та високим рівнем автоматизації процесів. Слід зазначити, що у виробництві обладнання для цього повномасштабного тренажеру приймали участь, в тому числі, українські фахівці.



Рисунок 4 - Повномасштабний тренажер NuScale

Зазначені особливості ММР дають можливість вирішення наступних завдань, які стоять перед енергетикою України:

- Заміна застарілих енергоблоків теплових електростанцій;
- Забезпечення потреб віддалених районів, які не мають достатньої інфраструктури електричних мереж, в електроенергії;
- Потенційне збільшення запасів безпеки за рахунок внутрішніх властивостей та застосування пасивних систем;
- Покращення економічної привабливості ядерної енергетики за рахунок доступності;
- Створення потенційних складових для інноваційних енергетичних систем.

Однак використання ММР має низку потенційних проблем при їх впровадженні в Україні. До таких проблем можна віднести наступні обмежувальні фактори:

- Україна наразі не є країною, яка розробляє та будує ММР, тому необхідно запозичувати технології інших країн;
- Невеликий досвід впровадження і експлуатації ММР у світі, багато проєктів знаходяться на різних стадіях розробки та ліцензування;
- Необхідно дослідження можливих обмежень української нормативної бази з ядерної та радіаційної безпеки.

#### **Перелік посилань**

1. Advances in Small Modular Reactor Technology Development, IAEA.  
URL: [https://aris.iaea.org/Publications/SMR\\_Book\\_2020.pdf](https://aris.iaea.org/Publications/SMR_Book_2020.pdf) (date of access: 01.03.2023)

2. Final Safety Analysis Report, NuScale Power  
URL: <https://www.osti.gov/servlets/purl/1661867> (date of access: 01.03.2023)

3. BWRX-300 General Description, GE-Hitachi Nuclear Energy Americas LLC.  
URL: [https://www.governova.com/content/dam/gepower-new/global/en\\_US/images/gas-new-site/en/bwrx-300/005N9751\\_Rev\\_BWRX-300\\_General\\_Description.pdf](https://www.governova.com/content/dam/gepower-new/global/en_US/images/gas-new-site/en/bwrx-300/005N9751_Rev_BWRX-300_General_Description.pdf) (date of access: 01.03.2023)

4. BWRX-300 “Containment Performance” NEDO-33911-A, GE-Hitachi.  
URL: <https://www.nrc.gov/docs/ML2200/ML22007A024.pdf> (date of access: 01.02.23 )

<sup>1</sup> Бакалаврант 4 курсу Дубовик І.С.

<sup>1</sup> Доц., к.т.н. Новіков П.В.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=58PUgu8AAAAJ>

<sup>1</sup> НТУУ "Київський політехнічний інститут ім.Ігоря Сікорського"

## ІДЕНТИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ ЗА ТЕМПЕРАТУРОЮ В ПРИМІЩЕННІ

**Постановка проблеми та її актуальність.** Автоматичні системи регулювання досі залишаються об'єктом досліджень, оскільки більшість з них працюють з неоптимальними налаштуваннями, що негативно впливає на ефективність технологічних процесів, використання природних ресурсів, тощо [1]. Однією з причин є те, що для розрахунку налаштувань регулятора необхідно ідентифікувати об'єкт управління, тобто визначити математичну модель, яка встановлює з відомою точністю зв'язок між вхідними і вихідними змінними об'єкта.

**Аналіз останніх досліджень.** Сучасні методи ідентифікації полягають у визначенні загального вигляду рівняння аналітичними залежностями й подальшій деталізації параметрів експериментальним шляхом, оскільки суто аналітичні дослідження не дозволяють отримати модель, яка б точно описувала реальний об'єкт управління [2].

**Формулювання мети.** Отримаємо динамічні характеристики вентиляційної установки навчальної аудиторії об'ємом 160 м<sup>3</sup>, що дозволить у подальшому розрахувати АСР.

**Основна частина.** Даний технологічний об'єкт управління має два контури регулювання, відповідно випереджальна частина – це температура повітря після калорифера, а інерційна – температура повітря в аудиторії. У загальному випадку статичний об'єкт можна описати послідовним з'єднанням аперіодичних ланок першого порядку з транспортним запізненням, проте, враховуючи повільність процесу у зв'язку з об'ємом приміщення, апроксимуємо інерційну частину аперіодичною ланкою другого порядку.

Розглянемо випереджальний контур. З графіку перехідної характеристики (Рис. 1) визначимо коефіцієнт передачі об'єкта – як усталене значення температури. У даному випадку  $K_{об} = 0.18 \text{ } ^\circ\text{C}/\% \text{PO}$ . Для визначення сталої часу й часу запізнення скористась методом дотичної [3].

Зрештою функція передачі випереджальної частини об'єкта матиме вигляд (1):

$$W(s) = \frac{0.18e^{-18s}}{117s + 1} \quad (1)$$

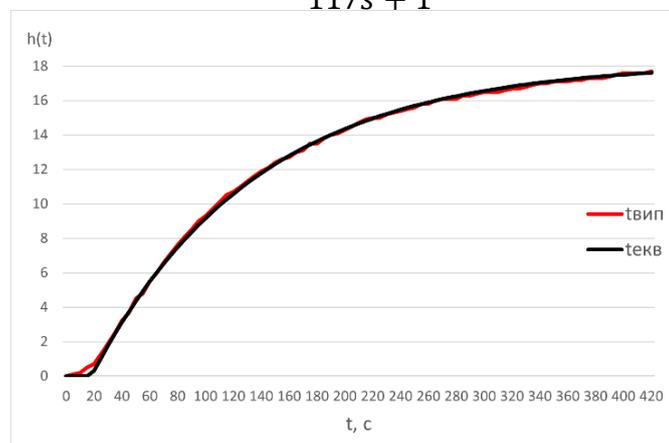


Рисунок 1 – Порівняння розгінної характеристики випереджальної частини та апроксимованої моделі

Розглянемо інерційний контур. З графіку перехідної характеристики (Рис. 2)

визначимо коефіцієнт передачі об'єкта. У даному випадку  $K_{об} = 0.037 \text{ } ^\circ\text{C}/\% \text{PO}$ . Для визначення сталих часу й часу запізнення використаємо метод відрізків (Рис. 2). Транспортне запізнення  $\tau = 90 \text{ с}$ . Значення сталих часу отримали з аналітичних залежностей  $T_1/T_2 = d$ ,  $T_a/T_b = f_1(d)$ ,  $T_1 = f_2(d) * T_b$  [4].

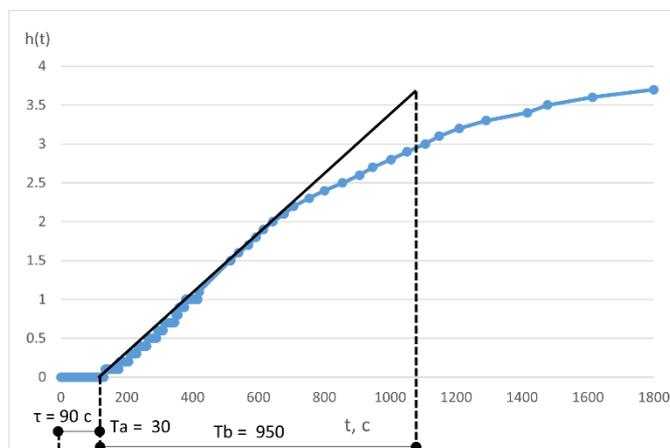


Рисунок 2 – Графічне представлення методу відрізків

Запишемо функцію передачі інерційної частини об'єкта (2):

$$W(s) = \frac{0.037e^{-90s}}{(627s + 1)(31s + 1)} \quad (2)$$

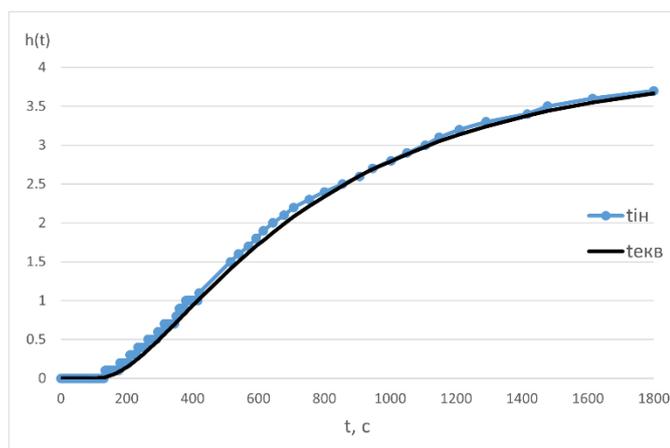


Рисунок 3 – Порівняння розгінної характеристики інерційної частини та апроксимованої моделі

**Висновки.** Отже, використання сучасних методик ідентифікації об'єктів управління дозволяє розуміти динаміку складних систем керування, що є необхідним для покращення роботи автоматичних систем регулювання задля підвищення надійності й ефективності автоматизованих технологічних комплексів.

**Перелік посилань:**

1. Visioli, A. Research Trends for PID Controllers. DOI: <https://doi.org/10.14311/1656>.
2. Волощук В. А. Комп'ютерне моделювання процесів і систем. Лабораторний практикум: навчальний посібник / В. А. Волощук, Л. К. Жученко, А. С. Захарченко. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 45 с.
3. N. Petkov. Tuning and auto-tuning of controllers – a survey. [www.researchgate.net](http://www.researchgate.net) – Режим доступу до ресурсу: <https://www.researchgate.net/publication/284644183> (retrieved 7 March 2024).
4. Моделирование систем управления [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://studfile.net/preview/6235048> (дата звернення: 14.03.2024).

## УДК 681.5

<sup>1</sup> Бакалаврант 4 курсу Житник А.С.

<sup>1</sup> Ст.викл. Поліщук І.А.

<https://scholar.google.com/citations?hl=uk&authuser=2&user=2CLzdFgAAAAJ>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

### ПРОБЛЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ РІВНЯ ВОДИ В БАРАБАНІ КОТЛА

Паровий котел є основним агрегатом теплового енергетичного виробництва, від справності роботи якого залежить можливість подальшої генерації електроенергії. Тому важливо забезпечити ефективний контроль та підтримання його технологічних параметрів. Одним із головних технологічних параметрів є рівень води в барабані котла, оскільки від нього залежить безпека та надійність роботи котла. Якщо рівень води занадто високий (“переживлення”), то це може призвести до пошкодження лопаток турбіни через можливість потрапляння живильної води у паропровід. Якщо ж рівень води занадто низький (“опускання”), то виникає ризик перепалення підйомних труб котла. Тому регулювання рівня води в барабані котла є дуже важливим, а від роботи автоматичної системи регулювання (АСР) рівня води в барабані напряму залежить справність та довговічність його роботи [1].

Важливим аспектом роботи АСР рівня є вибір оптимальної структури системи регулювання рівня і її налаштування, що забезпечує надійну роботу парового котла в умовах зовнішніх та внутрішніх збурень. Крім того, забезпечення стабільного підтримання рівня води в барабані сприяє продовженню терміну служби живильних насосів, регулюючої арматури та інших компонентів парового котла [2].

Для отримання оптимальної структури системи регулювання рівня, яка забезпечує необхідні показники якості, а також шляхи її впровадження в існуючі АСР рівня, необхідно провести аналіз та моделювання роботи різних відомих АСР рівня.

Серед сучасних АСР рівня води в барабані котла виділяють одноімпульсну, двоімпульсну та трьохімпульсну схеми [2]. Одноімпульсна схема представляє собою звичайну одноконтурну АСР, де сигнал від датчика рівня води в барабані використовується як зворотній зв'язок для П або ПІ регулятора. Така схема має свої недоліки, оскільки при регулюванні рівня відоме явище “набрякання” рівня: при зменшенні, наприклад, тиску в барабані пароводяна суміш збільшується в об'ємі, а датчик рівня сприймає як збільшення рівня води (а фактично це збільшення рівня пароводяної суміші), відповідно з гідростатичним парадоксом Паскаля. Хоча, насправді, рівень води (а саме рівень води, а не рівень пароводяної суміші, є індикатором матеріального балансу/небалансу вода-пара) зменшується (зменшення тиску в барабані означає, що з пароводяної суміші видаляється більше насиченої пари в пароперегрівач, а далі перегрітої пари на турбіну, тобто більше води випаровується, відповідно, води в барабані менше і її рівень падає) [2]. Для вирішення цієї проблеми слід використовувати додаткові сигнали, які дозволяють компенсувати проблему пов'язану з вимірюванням рівню води в барабані.

Для покращення якості регулювання додають ще додатковий сигнал за витратою води – двоімпульсна АСР, але вона ефективна тільки при стабільному тиску води в живильній магістралі та має статичну похибку. Тому розглядають рішення ще додатково ввести сигнал за витратою пари, що забезпечуватиме кращі показники якості – трьохімпульсна АСР (Рис. 1). У результаті додатний імпульс витрати пари в перший момент забезпечує спрацювання регулятора рівня у правильному напрямі, а далі (коли регулятор змінює витрату води в правильному напрямі) врівноважується від'ємним імпульсом витрати живильної води (спочатку витрата перегрітої пари більша за витрату живильної води або навпаки, а згодом ці витрати рівні одна одній).

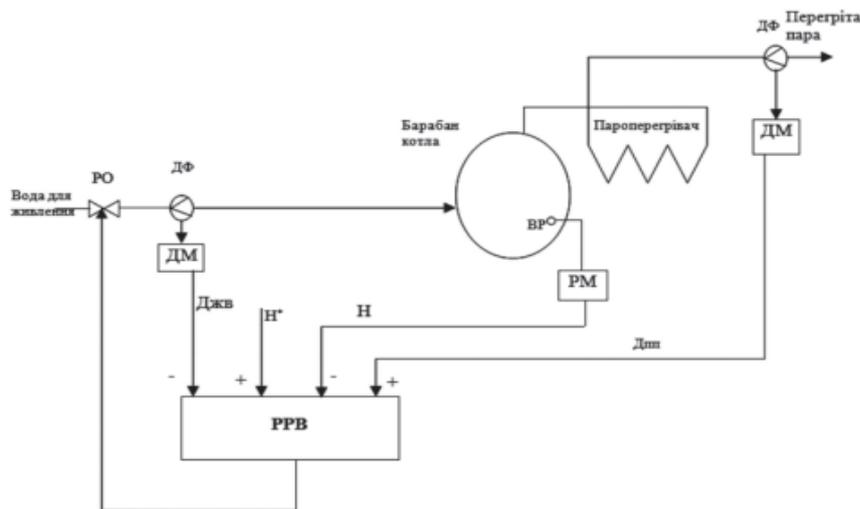


Рисунок 1 – Структурна схема трьохімпульсної АСР рівня води в барабані

Проведені моделювання показали, що трьохімпульсна АСР дозволяє досягнути мінімального відхилення рівня води в барабані завдяки забезпеченню матеріального балансу вода-пара (Рис. 2). Але ця схема має свої недоліки, а саме при виникненні проблем з будь-яким із вхідних імпульсів АСР перестає працювати, а також при розходженні показників витратомірів пари та живильної води виникатиме статична похибка рівня.

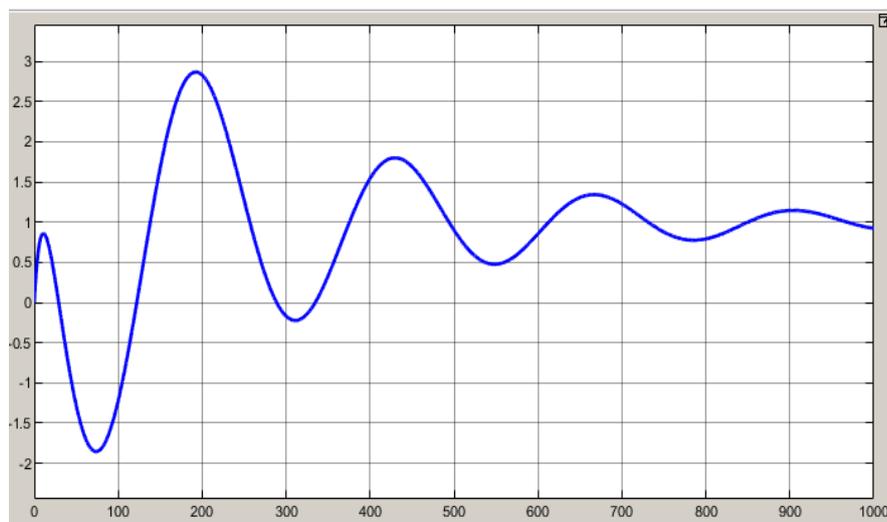


Рисунок 2 – Перехідна характеристика трьохімпульсної АСР при “набряканні” рівня

Розглянувши типові проблеми та схеми АСР рівня води в барабані котла, а також проведене моделювання, дає можливість зробити висновки, що для забезпечення стабільного підтримання рівня необхідно використовувати трьохімпульсну АСР, яка дозволяє компенсувати ефект “набрякання” рівня, хоча ця АСР потребує більш складних налаштувань та калібрування обладнання.

#### Перелік посилань:

1. Рура А.С., Тарахтій О.С. Аналіз існуючих схем регулювання рівня в барабані парового котла. *Науковий журнал «Молодий вчений»*. 2021, 11 (75). С. 163—166. URL: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2019-11-75-37> (дата звернення: 01.03.2024)
2. Батюк С. Г., Лобзов Н. С. Функціональне моделювання автоматизованого технологічного комплексу енергетичного барабанового котла. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія «Технічні науки»*. 2021, Т. 32 (71), № 5. С. 65—73. URL: <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2021.5/11> (дата звернення: 01.03.2024)

## УДК 681.5

<sup>1</sup> Бакалаврант 4 курсу Жмуденко Є.В.

<sup>1</sup> Ст.викл. Любицький С.В.

<https://scholar.google.com/citations?user=I8v3R-oAAAAJ&hl=ru&oi=ao>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

### ОГЛЯД ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВ

У 2024 році використання штучного інтелекту (ШІ) на виробництві стає все більш невід'ємною частиною щоденної діяльності компаній по всьому світу. Автономні роботи та прогнозна аналітика на основі машинного навчання дають можливість оптимізувати процеси, підвищити продуктивність та зменшити негативний вплив на навколишнє середовище за допомогою нових методів [1]. Важливо відзначити, що для багатьох компаній головною метою є не заміщення людської праці, а розширення людських можливостей для більш безпечної та ефективної роботи. Сьогодні концепція використання штучного інтелекту на виробництві вийшла далеко за межі простих робіт, які були характерні для промисловості з 1960-х років. Це охоплює інтелектуально підключені виробничі підприємства, де люди та машини працюють разом, а дані та аналітика допомагають краще прогнозувати та приймати рішення на кожному етапі виробничого процесу [2].

У виробництві штучний інтелект використовується головним чином у такі способи [3]:

- Машинне навчання: програми навчаються на основі шаблонів даних без явного програмування.

- Глибоке навчання: покращена форма машинного навчання, яка розуміє зображення та відео.

- Автономні об'єкти: розумні роботи або транспортні засоби, що самостійно виконують завдання.

Давайте розглянемо деякі вражаючі статистичні дані, які підкреслюють вплив ШІ на виробництво:

- Зростання ринку: У 2022 році ринок штучного інтелекту на виробництві був приблизно 2,3 мільярда доларів. Проте до 2027 року він очікується зросте до 16,3 мільярдів доларів, індексуючи дуже швидкий ріст на рівні CAGR 47,9% щороку.

- Революція в автоматизації: Автоматизація переформулює парадигму виробництва. Роботи зі штучним інтелектом стають все більш популярними, і завдяки прогресу в технології ШІ та робототехніки глобальний ринок промислових роботів перевищив понад 680 000 одиниць у 2022 році. До 2031 року ринок роботів може становити 150 мільярдів доларів.

- Покращення якості: Використання ШІ та інтелектуального розпізнавання зображень для перевірки якості покращує роботу. Заводи можуть бути на 50% продуктивнішими. Крім того, за допомогою штучного інтелекту можна досягти точності до 90% у виявленні дефектів, покращуючи загальну якість продукції.

- Прогнозне технічне обслуговування: Прогнозне технічне обслуговування за допомогою ШІ може знизити витрати на технічне обслуговування до 25%, що призводить до зменшення кількості поломок на 70%. Ця технологія запобігає дорогим поломкам і оптимізує графіки технічного обслуговування.

- Оптимізація ланцюга постачань: Управління ланцюгом постачань за допомогою ШІ допомагає підприємствам працювати краще. Ті, хто першими прийняли ШІ, можуть покращити витрати на логістику на 15%, рівень запасів на 35%, а рівень обслуговування на

65%.

Однією з ключових ролей штучного інтелекту в сучасному виробництві є можливість машин взаємодіяти та спілкуватися одна з одною, створюючи так званий Інтернет речей (ІоТ) або Індустрію 4.0. Ця інтеграція ШІ, Інтернету речей та промислового Інтернету дозволяє створювати взаємопов'язані системи, які можуть оптимізувати виробництво, мінімізувати час простою та покращувати якість продукції. Також, штучний інтелект, зокрема комп'ютерний зір, дозволяє виробникам підвищувати стандарти якості. Алгоритми аналізують дані з різних джерел, таких як датчики та камери, для виявлення дефектів чи аномалій в реальному часі. Це дозволяє виробникам негайно реагувати та вживати заходів, щоб гарантувати високу якість продукції. Використання алгоритмів комп'ютерного зору підвищує точність та ефективність виявлення дефектів у виробничому процесі.

ПД-регулятори працюють шляхом постійного моніторингу різниці між бажаною та фактичною продуктивністю системи. Потім вони використовують три контрольні параметри — пропорційний, інтегральний і похідний — для відповідного налаштування вхідних даних системи. Цей контур зворотного зв'язку гарантує, що вихідний сигнал точно відповідає бажаному значенню, зберігаючи стабільність системи та досягаючи оптимальної продуктивності. ПД-регулятори знайшли широке застосування у величезній кількості інженерних систем. Штучний інтелект зі своєю здатністю навчатися на основі даних і адаптуватися до мінливих умов надає унікальну можливість посилити ПД-регулювання, подолавши його властиві обмеження та піднявши його на нові висоти ефективності та точності. Для покращення ПД-регулювання можна використовувати різноманітні алгоритми ШІ, кожен з яких пропонує унікальні переваги та можливості. Поєднуючи внутрішні переваги ПД-регулювання з адаптивністю та можливостями навчання ШІ, ми можемо створити потужну парадигму керування, яка перевершує обмеження будь-якої техніки окремо. Алгоритми ШІ можуть доповнювати ПД-регулювання, забезпечуючи адаптацію в реальному часі, оптимізуючи параметри для складних систем і пом'якшуючи вплив збурень. Цей синергетичний підхід відкриває цілий світ можливостей для покращення продуктивності, ефективності та надійності системи [4].

**Висновок.** Штучний інтелект вже став необхідною складовою для конкурентоспроможності виробництва, і його роль буде тільки зростати. З цими перевагами і статистикою, яка демонструє його позитивний вплив, ШІ продовжить відігравати ключову роль у виробництві майбутнього, сприяючи його розвитку та поступовому впровадженню нових технологій.

#### **Перелік посилань:**

1. Bernard Marr. Artificial Intelligence In Manufacturing: Four Use Cases You Need To Know In 2023. URL: <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2023/07/07/artificial-intelligence-in-manufacturing-four-use-cases-you-need-to-know-in-2023/?sh=1be5b33b3bd8>
2. Michael Georgiou. AI in Manufacturing: Benefits, Use Cases, and Examples. URL: <https://imagination.net/blog/ai-in-manufacturing/>
3. Nazar Kwartalnyi. Exploring AI Use Cases in Manufacturing. URL: <https://inoxoft.com/blog/exploring-ai-use-cases-in-manufacturing/>
4. Theta Controls. PID Controllers in the Age of AI Unleashing the Power of PID Control with Artificial Intelligence <https://medium.com/@thetacontrols/pid-controllers-in-the-age-of-ai-unleashing-the-power-of-pid-control-with-artificial-intelligence-3400d0d217fa>

## УДК 681.5

<sup>1</sup> Бакалаврант 4 курсу Король А.С.

<sup>1</sup> Доц., к.т.н. Бунь В.П.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=biglE98AAAAJ&hl=en>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

### ФУНКЦІОНАЛЬНА ДІАГНОСТИКА СИСТЕМ КЕРУВАННЯ

Постановка проблеми та її актуальність: В умовах стрімкого технологічного прогресу та широкого використання автоматизованих систем керування, функціональна діагностика цих систем стає невід'ємною частиною їхнього життєвого циклу. Забезпечення надійності та ефективності роботи систем керування вимагає розвитку та вдосконалення методів функціональної діагностики.

Аналіз останніх досліджень: Останні дослідження в області функціональної діагностики систем керування вказують на необхідність усунення нових викликів та врахування сучасних тенденцій. Застосування алгоритмів машинного навчання та штучного інтелекту дозволяє автоматизувати процес виявлення та вирішення несправностей в реальному часі.

Формулювання мети: Метою даної доповіді є розгляд сучасних тенденцій та викликів у галузі функціональної діагностики систем керування та визначення можливостей застосування іноваційних методів для покращення ефективності цього процесу.

Основна частина:

1. Технології виявлення аномалій: В сучасних умовах використання систем штучного інтелекту (ШІ) та машинного навчання (МН) виявляється як перспективний напрямок в розвитку методів виявлення аномалій у системах керування [1]. Алгоритми МН можуть аналізувати великі обсяги даних, визначаючи невідповідності та виявляючи потенційні несправності. Наприклад, використання нейронних мереж для розпізнавання паттернів у даних може значно полегшити виявлення непередбачених або аномальних ситуацій у системі керування.

Моніторинг в реальному часі: Системи виявлення аномалій можуть працювати в режимі реального часу, негайно реагуючи на невідповідності та надаючи операторам чи автоматичним системам інформацію для швидкого реагування.

Використання Big Data: Аналіз великих обсягів даних (Big Data) дозволяє виявляти тенденції, патерни та аномалії, які можуть залишитися непоміченими за звичайних умов.

Глибоке навчання: Використання глибоких нейронних мереж може покращити здатність системи виявлення аномалій вчитися на основі складних залежностей у даних.

Інтеграція з іншими системами: Забезпечення взаємодії та інтеграції з іншими системами безпеки, такими як системи контролю доступу чи відеоспостереження, для отримання повноцінного уявлення про ситуацію.

Кваліфікація і ранжування аномалій: Системи можуть ранжувати аномалії за рівнем загрози та приділяти пріоритетну увагу тим, що можуть вплинути на безпеку та неперервність процесів.

Використання блокчейн-технологій: Застосування блокчейн-технологій може забезпечити неруйнівність та недоступність даних, що важливо для систем виявлення аномалій.

Штучний інтелект для прогнозування проблем: Використання алгоритмів штучного інтелекту для прогнозування можливих аномалій та прийняття заходів до їх виникнення.

Ефективна взаємодія з користувачами: Системи можуть надавати зрозумілі та деталізовані повідомлення для операторів чи адміністраторів систем, щоб забезпечити

швидке реагування на потенційні загрози.

2. Аналіз даних та прогнозування витрат на обслуговування: В сучасному контексті, важливо не лише виявляти несправності, а й прогнозувати витрати на обслуговування систем керування. Використання аналітичних методів та статистичних моделей дозволяє проводити прогнозування витрат на технічне обслуговування та ремонт, що сприяє плануванню бюджету та підтримує ефективність функціональної діагностики [2].

Пристаосування до змін: Аналітичні методи можуть враховувати змінні умови експлуатації, технічні параметри та інші фактори, які можуть впливати на потреби у технічному обслуговуванні. Це дозволяє системам адаптуватися до змін в середовищі та вчасно коригувати прогнозовані витрати.

Врахування життєвого циклу обладнання: Аналітичні моделі можуть враховувати життєвий цикл обладнання, враховуючи його тривалість служби, тенденції відмов та інші параметри. Це допомагає зрозуміти, коли і яким чином потрібно проводити технічне обслуговування та ремонт.

Оптимізація ресурсів: Аналітичні методи дозволяють ефективно розподіляти ресурси для технічного обслуговування, уникати непланованих зупинок та оптимізувати час проведення робіт.

Прогнозування часу до відмови: Використання статистичних моделей дозволяє прогнозувати час до відмови та планувати обслуговування відповідно. Це сприяє мінімізації непланованих простоїв та підтримує надійність систем.

Планування бюджету: З врахуванням прогнозованих витрат можна ефективно планувати бюджет на технічне обслуговування та ремонт, уникати непередбачених витрат та забезпечувати фінансову стабільність.

3. Дотримання стандартів безпеки: У сучасних умовах, з огляду на зростання кількості кібератак та загроз кібербезпеки, важливо враховувати аспекти безпеки при функціональній діагностиці систем керування [3]. Використання шифрування, аутентифікації та інших заходів кіберзахисту є необхідними елементами для запобігання несанкціонованому доступу та маніпуляціям.

Мультишаровий захист: Використання мультишарових заходів, таких як шифрування комунікацій, сильна аутентифікація, відокремлення прав доступу та інші методи, створює комплексний захист від різних типів кіберзагроз. Цей підхід дозволяє запобігти несанкціонованому доступу та забезпечити конфіденційність даних.

Системи виявлення вторгнень: Використання систем виявлення вторгнень дозволяє моніторити активність системи та виявляти будь-які невідповідності чи аномальну поведінку. Це допомагає вчасно виявляти та реагувати на можливі кібератаки або спроби вторгнення.

Шифрування даних: Шифрування даних в передачі та зберіганні важливо для захисту від несанкціонованого доступу. Використання сучасних шифрувальних алгоритмів гарантує конфіденційність та цілісність інформації.

Сильна аутентифікація: Забезпечення сильної аутентифікації (біометричні дані, двофакторна аутентифікація і т.д.) мінімізує ризик несанкціонованого доступу, забезпечуючи, що лише правомірні користувачі можуть отримувати доступ до систем.

Регулярне оновлення заходів безпеки: Системи повинні регулярно оновлюватися та адаптуватися до нових загроз шляхом впровадження оновлень безпеки та вдосконалення кіберзахисту.

Навчання персоналу: Проведення регулярних тренінгів та навчань для персоналу щодо кібербезпеки сприяє усвідомленню загроз та допомагає уникати соціально-інженерних атак.

Захист від DDoS-атак: Використання заходів захисту від розподілених атак

забезпечує стійкість систем до потенційно руйнівних DDoS-атак.

4. Автоматизоване реагування на виявлені проблеми: Системи керування повинні бути здатні автоматично реагувати на виявлені несправності [4]. Розробка інтелектуальних алгоритмів, що дозволяють системі самостійно коригувати робочі параметри або переключатися на резервні системи, сприяє підтримці стабільності та продовжується роботи навіть під час виявлення проблем.

Оптимізація процесів: Розробка інтелектуальних алгоритмів дозволяє системам автоматично оптимізувати робочі процеси. Це може включати коригування параметрів, регулювання робочих параметрів та взаємодію з іншими системами для максимальної ефективності.

Автоматична корекція параметрів: Системи можуть автоматично коригувати свої параметри для виправлення виявлених проблем. Наприклад, регулювання робочих параметрів для уникнення перевантаження або оптимізація для забезпечення ефективності.

Взаємодія з резервними системами: При виявленні проблеми система може автоматично переключатися на резервні або альтернативні системи, щоб забезпечити неперервність роботи та уникнути відмов.

Самодіагностика: Вбудовані алгоритми самодіагностики дозволяють системам визначати власні стани та виявляти можливі несправності, що сприяє швидкому реагуванню на проблеми.

Взаємодія з іншими системами: Автоматизоване реагування може включати взаємодію з іншими системами чи платформами, щоб узгоджено вирішувати проблеми та забезпечувати оптимальну роботу.

Попередження перед відмовою: Системи можуть використовувати аналітичні методи для передбачення можливих проблем і реагувати на них до виникнення критичних ситуацій.

Неперервність роботи: Автоматизоване реагування дозволяє системам продовжувати свою роботу навіть під час виявлення проблем, що сприяє неперервності процесів.

**Висновки:** Підсумовуючи, функціональна діагностика систем керування у сучасному технологічному середовищі вимагає поєднання традиційних підходів та інноваційних методів. Застосування алгоритмів машинного навчання та штучного інтелекту надає можливості підвищення надійності та продуктивності систем керування.

**Перелік посилань:**

1. Б.О. Паперовський, “Аналіз сучасних методів виявлення аномалій та можливих втручань в роботу комп'ютерної системи”, канд. техн. Наук, Кібербезпека, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2018.

2. Л. В. Голубовський, “Аналіз сучасних методів контролю витрат.”, Галицький економічний вісник, № 1(26), С. 187-192, 2010.

3. О. Г. Левченко, С. Ф. Каштанов, “Сучасні вимоги безпеки до систем управління промисловим обладнанням.”, Автоматизація процесів керування, Том 26., С. 21-25, 2021.

4. Honchar, S. Research of Current Cyber Risks of Automated Technological Process Control Systems International Journal of Scientific & Engineering Research, Том 13, № 2, С. 145-152, 2022.

<sup>1</sup> Бакалаврант 4 курсу Курсон Д.С.

<sup>1</sup> Доц., к.т.н. Бунь В.П.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=biglE98AAAAJ&hl=en>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ДІАГНОСТИКА СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ

**Постановка проблеми та її актуальність.** На сьогоднішній день складність та просунутість технологічних процесів та інформаційних технологій зростає кожен рік. В умовах сьогодення, коли будівлі стають дедалі технологічними, успішна діагностика всіх систем грає вирішальну роль в обслуговуванні.

**Аналіз останніх досліджень.** За результатами досліджень, людство має шукати способи вдосконалення систем, з врахуванням останніх тенденцій та змін в області будівництва, проектування, автоматизації. Необхідно шукати способи вирішення проблем та викликів. Робити системи якомога незалежнішими від людини – стає задачею номер 1 для провідних компаній в світі.

**Формулювання мети.** Метою даної доповіді є розгляд шляхів вдосконалення діагностики систем керування та визначення можливостей застосування іноваційних методів для покращення цього процесу.

### Основна частина.

Огляд сучасних методів діагностики систем керування житлового будинку: Це можуть бути методи базової діагностики, які використовуються для перевірки роботи окремих компонентів, таких як датчики температури, вологості, реле розеток тощо. У сучасному світі зростає популярність Розумних будинків, які забезпечують автоматизацію та оптимізацію різних аспектів життя. Для успішного проектування Розумного будинку необхідно зробити високоякісну систему діагностики систем керування житлового будинку. Для цього необхідно врахувати та розглянути важливі аспекти розумного будинку, зокрема його поняття, основні вимоги, обладнання та технічні принципи керування інженерними мережами будинку. Крім того, необхідно враховувати окремі системи, з яких складається комплексний проект житлового будинку, наприклад "Розумна вентиляція"[1], "Власне виробництво електроенергії", "Розумне керування водопостачанням" тощо. Для кожної внутрішньої системи мають детально розглядаються вхідні дані для проектування, вибір обладнання, технологія та протокол обміну даними, а також процес інсталяції та налаштування системи з організацією віддаленого керування та моніторингу.

Використання передових технологій, таких як системи Інтернету речей (IoT), які дозволяють збирати та аналізувати дані в реальному часі з різних датчиків та пристроїв у будинку. Це дозволяє автоматизувати процес діагностики, виявляти проблеми раніше та надавати детальну інформацію про стан систем управління будинком.

Роль штучного інтелекту (ШІ) у діагностиці систем керування житловим будинком: ШІ може використовуватися для аналізу великих обсягів даних, виявлення залежностей та паттернів у роботі систем, що дозволяє передбачати потенційні проблеми та запобігати їх виникненню.

Другорядні методи діагностики, такі як віддалені системи моніторингу та діагностики, які дозволяють здійснювати контроль та управління системами керування будинком з віддалених місць за допомогою мобільних додатків або веб-інтерфейсів.

Підключення Розумного будинку до інтернету: за допомогою різноманітних датчиків значення технологічних параметрів можуть бути підключені до мережі Інтернет та передавати дані у реальному часі на спеціальні платформи або хмарні сервіси для аналізу

та обробки. Це дозволяє надавати користувачам детальну інформацію про стан їхнього житла, а також автоматизувати процеси моніторингу та діагностики.

Переваги використання IoT: в сучасних системах керування є можливість віддаленого моніторингу і керування системами житлових будинків через мобільні додатки або веб-інтерфейси. Це дозволяє власникам будинків контролювати різні аспекти свого житла з будь-якої точки світу та отримувати повідомлення про будь-які проблеми або несправності в реальному часі.

Енергоефективність IoT: використання IoT може сприяти підвищенню енергоефективності житлових будинків шляхом оптимізації використання енергії, автоматичного регулювання систем опалення, кондиціонування повітря та освітлення відповідно до реальних потреб та умов [2].

Моніторинг подій та аварій: засоби віддаленого моніторингу надають можливість отримувати повідомлення про події та аварії у реальному часі, що дозволяє вчасно реагувати на проблеми та забезпечувати безперебійну роботу систем.

Інтеграція систем діагностики в існуючі інфраструктури житлових будинків: Інтеграція систем діагностики може бути непростою завданням через різноманітність технологій та виробників обладнання. Проте вона також відкриває нові можливості для покращення комфорту, енергоефективності та безпеки житлових приміщень.

Стандартизація як процес інтеграції систем діагностики: стандартизація може включати стандартизацію протоколів обміну даними між системами, розробку універсальних інтерфейсів для взаємодії з різними типами обладнання, а також впровадження спеціалізованих платформ для управління та моніторингу різними системами [3].

Аналіз методів виявлення несправностей та їх рішення в системах керування житловими будинками: Діагностика систем керування житловими будинками включає виявлення різних типів несправностей, таких як поломки обладнання, недоліки програмного забезпечення, втрати енергії тощо. Для цього використовуються різноманітні методи, включаючи аналіз даних від датчиків, моніторинг роботи систем та використання спеціалізованих програмних засобів.

Прийняття рішення при несправностях: Після виявлення несправностей важливо приймати швидкі та ефективні рішення для їх вирішення. Це може включати автоматичне відновлення роботи систем, автоматичне сповіщення технічних служб або навіть розробку та виконання плану ремонтних робіт. Такий підхід дозволяє забезпечити безперебійну роботу систем керування житловими будинками та підвищити задоволення користувачів.

Економічні аспекти проектування системи діагностики: Економічні аспекти проектування, такі як вартість впровадження та експлуатації підходів до діагностики. Це включає в себе вартість обладнання, програмного забезпечення, необхідної інфраструктури, а також витрати на навчання персоналу та обслуговування системи.

Технічні аспекти проектування системи діагностики: Технічні аспекти оцінюються з точки зору ефективності, надійності та точності діагностики. Різні підходи можуть використовувати різні методи та технології, такі як датчики, аналітичні програми, або системи штучного інтелекту. Порівнюючи їх, важливо враховувати їхню спроможність виявляти різноманітні типи несправностей, швидкість та точність діагностики, а також складність у використанні та обслуговуванні.

Порівняння підходів: Порівнюючи різні підходи, важливо оцінювати їхню ефективність у відношенні до вартості і визначати оптимальний баланс між технічними можливостями та економічною доцільністю.

Врахування заходів безпеки: за державними стандартами в житлових будинках має бути встановлена система протипожежної безпеки та евакуаційні шляхи. Ними не можна нехтувати, адже від цього залежать життя та безпека людей [4].

**Висновки.** Підсумовуючи, можемо стверджувати, що розуміння сучасних тенденцій та можливостей у сфері діагностики систем керування житловим будинком грає вирішальну роль при побудові великих комплексів будинків та забезпечення їх технологічності. Також використання датчиків та технологій IoT в системах діагностики житлових будинків дозволяє покращити комфорт, безпеку та енергоефективність житлового середовища, забезпечуючи користувачам більше контролю та зручності.

**Перелік посилань:**

1. Luhovets Olena. Дипломна робота на тему: «Використання технології Інтернету речей в керуванні інженерними системами в рамках концепції «Розумний будинок»». URL: [https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/Luhovets\\_bakalavr.pdf](https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/Luhovets_bakalavr.pdf) (Дата звернення: 12.03.2024).

2. Млік І. Модель системи IoT рішень для автоматизації домашнього приміщення : кваліфікаційна робота магістра : 126 Інформаційні системи та технології / Інеса Млік. - Київ, 2022. - 112 с. (Дата звернення: 12.03.2024). URL: <https://ir.library.knu.ua/handle/123456789/2722>.

3. Міністерство юстиції України 16 липня 2018 р. за N 826/32278 “Про затвердження Методики обстеження інженерних систем будівлі”. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/RE32278?an=1> (Дата звернення: 13.03.2024).

4. ДСНС України у м. Києві 21.01.2019 № 02-928/261 Інформація про організацію планових та позапланових перевірок житлових будинків підвищеної поверховості та висотних будинків. URL: <https://kyiv.dsns.gov.ua/organizaciya-zdiysnennya-derzhavnogo-naglyadu-kontrolyu-plan-grafik-perevirok/perevirki-zhitlovih-budinkiv> (Дата звернення: 13.03.2024).

<sup>1</sup> Бакалаврант 4 курсу Мар'янський М.О.

<sup>1</sup> Доц., к.т.н. Батюк С.Г.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=cWaZ5o4AAAAJ&hl=uk>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ПОЛІГОН ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ОДНОКОНТУРНИХ САР З ПІД-РЕГУЛЯТОРАМИ ЗМІННОЇ СТРУКТУРИ

**Постановка проблеми.** Підвищення ефективності одноконтурних САР теплоенергетичних ОУ є актуальною задачею промислової автоматизації. Особливо актуальним є аналіз можливостей практичного застосування ПІД-регуляторів змінної структури в одноконтурних САР теплоенергетичних ОУ.

**Аналіз проблеми.** Лінійні ОУ/САР – це ОУ/САР, для яких виконується принцип суперпозиції. Принцип суперпозиції – реакція ОУ/САР на сигнальне збурення є сумою реакцій ОУ/САР на елементарні типові збурення, сумою яких є це сигнальне збурення (на які це сигнальне збурення може бути розкладене). Практично це означає, що параметри ОУ/САР не залежать від амплітуд регульовальної дії, збурень і регульованого параметру (і його похідних). Найважливіший принцип, так як він теоретично і практично забезпечує відтворюваність результатів розрахунку, моделювання і налагодження в практичній реалізації (незалежність якості перехідних процесів від амплітуд регульовальної дії і збурень – час перехідних процесів завжди однаковий, амплітуди коливань перехідних процесів еквідестантні). Реалізується в лінійних САР (лінійні диференціальні або різницеві рівняння, замість яких використовуються передавальні функції, що дає можливість перейти до алгебраїчних операцій). Промислово роботоздатні тільки лінійні САР. Основним регулятором лінійної САР є класичний ПІД-регулятор, який є оптимальним регулятором для лінійних ОУ.

Нелінійні САР (нелінійні диференціальні або різницеві рівняння; параметри ОУ залежать від амплітуд регулюючої дії, збурень і регульованого параметру і його похідних) промислово нероботоздатні, так як результати розрахунку, моделювання і налагодження не є відтворюваними в практичній реалізації (залежність якості перехідних процесів від амплітуд регульовальної дії і збурень – час перехідних процесів завжди різний, амплітуди коливань перехідних процесів нееквідестантні). Єдиний виняток – одноконтурна САР з двопозиційним релейним регулятором. В такій САР сталим режимом роботи є автоколивання (негармонійні і несинусоїдальні коливання), амплітуда і період яких можуть змінюватись, але ніколи не може бути перехідного процесу, що розходиться. В лінійній одноконтурній САР з ПІД-регулятором при неправильних налагодженнях ПІД-регулятору може бути перехідний процес, що розходиться. В лінійній САР гармонійні синусоїдальні коливання є ознакою знаходження САР на межі сталості. (це нештатно і погано, тому що така САР є негрубою – вона при параметричних збуреннях може стати як сталою, так і несталою). Якщо лінійна САР є сталою (тобто ще має запас сталості до межі сталості), то перехідний процес сходиться – амплітуди коливань з кожним напівперіодом зменшуються (це штатно і добре). Якщо лінійна САР є несталою, то перехідний процес розходиться – амплітуди коливань з кожним напівперіодом збільшуються (це нештатно і катастрофічно). В авіаційних, воєнних і космічних застосунках використовуються виключно нелінійні САР з релейними регуляторами (релейні САР). В промисловості використовуються виключно лінійні САР з ПІД-регуляторами. В промисловості релейні САР використовуються тільки тоді, коли АТК має багато САР і дешевше реалізувати релейні САР, ніж лінійні з ПІД-регуляторами (економія на сенсорах, актуаторах і кваліфікованих програмістах ПЛК і кваліфікованих налагоджувачах САР).

Окремим різновидом лінійних динамічних систем є системи змінної структури, у яких коефіцієнти при вихідних параметрах лінійного диференціального рівняння залежать від часу (але не залежать від амплітуд регульовальної дії, збурень і регульованого параметру і його похідних).

В нелінійних динамічних системах коефіцієнти при вихідних параметрах лінійного диференціального рівняння залежать від амплітуд регульовальної дії, збурень і регульованого параметру і його похідних (а від часу не залежать; тому таке диференціальне рівняння вже є нелінійним).

Класичним прикладом нелінійного ОУ є ОУ з нелінійним регулюючим органом (РО). РО характеризується витратною характеристикою – залежністю відносної витрати через РО від відносного відкриття РО (відносної площі поперечного перерізу). Інструментальна витратна характеристика РО – це витратна характеристика РО при постійному перепаді тиску на РО; визначається виключно механікою і кінематикою РО; як правило, є лінійною. Робоча витратна характеристика РО – це витратна характеристика РО в реальних умовах експлуатації, тобто при змінному перепаді тиску на РО. Відповідно до рівняння витрати, витрата через РО пропорційна площі поперечного перерізу РО і корню квадратному з перепаду тиску на РО. При постійному перепаді тиску на РО витрата через РО завжди пропорційна площі перерізу, тобто змінюється лінійно (з одним і тим самим коефіцієнтом пропорційності); це і є інструментальна витратна характеристика. В робочих умовах перепад тиску (і, відповідно, корінь квадратний з нього) різний – при повністю відкритому РО він мінімальний, а при повністю закритому РО він максимальний. Відповідно, витрата через РО буде змінюватись нелінійно, тобто з різними коефіцієнтами пропорційності в різних діапазонах положення РО. Робоча витратна характеристика РО є приблизно квадратичною (так як витрата пропорційна корню квадратному з перепаду тиску на РО). Фізично і математично РО входить до складу ОУ, і його коефіцієнт пропорційності входить до складу коефіцієнту пропорційності ОУ. Для інструментальної витратної характеристики РО (тобто для ідеалізованих умов функціонування РО) ми вважаємо, що коефіцієнт пропорційності РО дорівнює одиниці; для робочої витратної характеристики РО (тобто для реальних умов функціонування РО) коефіцієнт пропорційності РО змінний (може бути більше і менше одиниці); а це означає, що, в залежності від положення РО коефіцієнт пропорційності ОУ (в який входить РО) є змінним, тобто такий ОУ стає нелінійним (відповідно, нелінійною стає і вся САР).

ПД-регулятор лінійної САР з ОУ змінної структури або нелінійним ОУ має мати змінну структуру – параметри регулятора, з метою забезпечення завжди однакової якості регулювання, мають змінюватись в темпі зі зміною параметрів ОУ. Регулятор змінної структури в англійській технічній літературі називається регулятором з програмним підсиленням (gain-scheduled controller); під коефіцієнтом підсилення розуміється динамічний коефіцієнт підсилення (тобто вся передатна функція ПД-регулятора), а не тільки коефіцієнт пропорційності ПД-регулятора. Термін «змінна структура» для ПД-регулятора має інший сенс, ніж для ОУ змінної структури. В ОУ змінної структури параметри змінюються тільки в часі. В ПД-регуляторі змінної структури параметри регулятора можуть змінюватись як в часі (в складі САР з ОУ змінної структури), так і в залежності від положення РО (в складі САР з нелінійним РО, тобто нелінійним ОУ). Таким чином, ПД-регулятор змінної структури (ПД-регулятор з програмним підсиленням) може бути використаний як в САР з ОУ змінної структури (і це вже буде САР змінної структури), так і в САР з нелінійним ОУ (і ця САР вже буде, вірніше, залишиться, лінійною САР). Для реалізації САР з ПД-регулятором змінної структури потрібно кусково-лінійно апроксимувати відповідно динамічну характеристику ОУ змінної структури в часі або нелінійну статичну робочу витратну характеристику РО в залежності від положення РО. На такій кусково-лінійній характеристиці ОУ чи РО виділяються лінійні діапазони, в яких параметри ОУ не змінюються. Відповідно, в межах кожного такого лінійного діапазону ОУ використовуються постійні (в межах діапазону) оптимальні (наперед відомі) параметри ПД-регулятора.

ПД-регулятор змінної структури в САР з ОУ змінної структури чи нелінійним ОУ (РО) має фіксувати момент переходу на новий діапазон кусково-лінійної характеристики ОУ і програмно змінювати свої параметри налагодження (які попередньо розраховані, завантажені і зберігаються як дані в пам'яті ПЛК).

**Постановка завдання.** Розробити полігон функціонального імітаційного моделювання одноконтурних САР теплоенергетичних ОУ з ПД-регуляторами змінної структури. Змоделювати і дослідити одноконтурну САР з ПД-регулятором змінної структури..

**Моделювання і дослідження.** Розроблений полігон функціонального імітаційного моделювання теплоенергетичних одноконтурних САР з ПІД-регуляторами змінної структури реалізований як альбом моделей в середовищі СКМ Matlab Simulink [1].

Моделювались і досліджувались наступні САР з ПІД-регулятором змінної структури: САР з ОУ змінної структури; САР з нелінійним ОУ (нелінійним РО).

Модель одноконтурної САР з ПІД-регулятором змінної структури наведена на рис. 1.

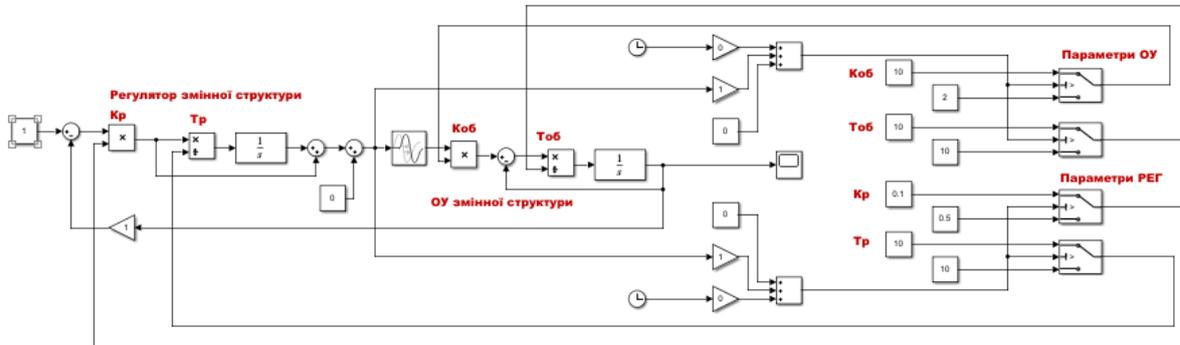


Рисунок 1 – Модель одноконтурної САР з ПІД-регулятором змінної структури

Динамічна перехідна характеристика САР з ОУ змінної структури кусково-лінійно апроксимована двома лінійними діапазонами постійних значень параметрів ОУ змінної структури. Нелінійна витратна характеристика РО кусково-лінійно апроксимована двома лінійними діапазонами постійних значень параметрів нелінійного ОУ (з причини нелінійного РО, тобто нелінійності робочої витратної характеристики РО).

Дослідження змодельованих одноконтурних САР з ПІД-регуляторами змінної структури здійснювалось нанесенням сигнальних збурень зі сторони РО (внутрішнє збурення) і зміною завдання. Аналіз чутливості змодельованих одноконтурних САР з структурними ПІД-регуляторами щодо параметричних збурень (дрейфу параметрів ОУ) здійснювалось зміною параметрів ПІД-регуляторів змінної структури.

**Результати і висновки.** Дослідження змодельованих одноконтурних САР з ПІД-регуляторами змінної структури щодо сигнальних збурень і аналіз чутливості змодельованих САР з ПІД-регуляторами змінної структури щодо параметричних збурень дає можливість сформулювати наступні результати і висновки (рекомендації).

1. Одноконтурні САР з ПІД-регуляторами змінної структури є роботоздатними – забезпечують якісні перехідні процеси регулювання і малочутливі щодо параметричних збурень. ПІД-регулятори змінної структури легко можуть бути реалізовані стандартними функціональними блоками сучасних ПЛК.

2. ПІД-регулятори змінної структури ефективні для нелінійних ОУ, нелінійність яких спричинена суттєвою нелінійністю робочої витратної характеристики РО.

3. ПІД-регулятори змінної структури ефективні для використання в адаптивних САР, в яких на основі моделі або цифрового двійника ОУ розраховуються параметри ОУ, які змінилися внаслідок дрейфу характеристик ОУ (добовий дрейф; сезонний дрейф; віковий дрейф, тобто старіння ОУ).

#### Перелік посилань:

1. Батюк С.Г. Імітаційне моделювання і цифровий твінінг енергетичних кіберфізичних систем (кібер-енергетичних систем) // Досягнення України та країн ЄС у сфері інновацій і винахідництва в галузі техніки : колективна монографія. С. 44-109. Рига, Латвія : Izdevnieciba "Baltija Publishing", 2022. 544 с. 65 с.

<sup>1</sup> Бакалаврант 4 курсу Пінчук М.Л.

<sup>1</sup> Ст.викл. Поліщук І.А.

<https://scholar.google.com/citations?hl=uk&authuser=2&user=2CLzdFgAAAAJ>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## МОНІТОРИНГ ЖИВЛЕННЯ КОТЛА-ВОДОНАГРІВАЧА ПРИВАТНОГО БУДИНКУ

В умовах швидкого розвитку технологій розумних будинків, часто постають питання автоматизації базових побутових приладів для економії часу, збільшення комфортних умов та підвищення якості проживання в приватних будинках.

Для розкриття теми дослідження розглянемо систему обігріву приватного будинку на основі індивідуального котла-обігрівача, який забезпечує підігрів води для функціонування батарей та теплої підлоги.

Моніторинг живлення котла-водонагрівача приватного будинку з використанням датчиків систем розумного будинку.

Автоматизація домашнього господарства використовується для пояснення спільної роботи всіх побутових установок і приладів. Наприклад, централізована керована рідкокристалічна дисплейна панель може мати здатність керувати всім: опалення, кондиціонування повітря, системи безпеки, аудіосистеми, відеосистеми, освітлення, кухонне обладнання і домашні кінотеатри.

Раніше автоматизація домашнього господарства була спрямована лише на збереження праці. У 1900-х роках, із впровадженням розподілу електроенергії, місцеві електричні або газопровідні системи стали реальною альтернативою і сприяли розвитку сучасних електричних приладів, таких як мікрохвильові печі та обігрівачі.

Зі зростанням конкуренції з'являється стрімкий розвиток технологій, які звичайний користувач може легко застосовувати щоденно. Наприклад, системи на базі датчиків руху, які мають можливість вмикати та вимикати світло у відповідних зонах, вже давно стали звичним елементом у побуті, в першу чергу для економії коштів на використанні енергії, одночасно, зберігаючи при цьому комфорт на робочому місці або у квартирі. Контроль та регулювання енергоспоживання, з урахуванням дня або занятості, можуть суттєво зменшити комунальні рахунки.

Системи з використанням простих контролерів, такі як сенсорні екрани, тепер не лише для технологічних ентузіастів, адже їх використання зросло на 78% і серед простих сімей. Як висновок, система розумної будівлі тепер актуальна не лише для офісів.

Оскільки тарифи на споживання електроенергії зросли, а доходи залишилися на тому ж рівні, автоматизація побутових приладів стане в нагоді користувачу, адже це допоможе контролювати споживання, що в свою чергу, призведе до зниження витрат [1].

Серед передових компаній, які займаються розробками систем розумних будинків, була обрана компанія Ajax Systems, адже вона зарекомендувала себе як і в питаннях якості продукції, так і в зручності їх використання.

Було розглянуто 2 продукти та обрати найбільш ефективний з них:

1. BASELINE Outlet [type F] Jeweller - розумна розетка з функцією моніторингу споживання електроенергії. Керувати її роботою можна дистанційно через мобільний застосунок Ajax.

Можливості Outlet найкраще розкриваються в сценаріях автоматизації. Можна автоматично вмикати розетки за розкладом або вимикати їх, у випадку пожежної тривоги або якщо систему встановлюють під охорону.

Найбільш вагомим чинником при виборі цього пристрою можна вважати саме

можливості налаштування сценаріїв в додатку Ajax. Можливо налаштувати сповіщення різного виду, вмикати резервне живлення будинку при зникненні основного, а також дистанційно відслідковувати енергоспоживання побутових приладів для економії коштів. Також варто додати, що цей розетка працює в групі з іншими давачами, тому при різних сценаріях, таких, як пожежа чи потоп, розетку буде знеструмлено.

2. BASELINE WallSwitch Jeweller - силове реле для дистанційного керування. Пристрій підключається безпосередньо до мережі 110 В~/ 230 В~ і замикає–розмикає коло за командою. Реле витримує навантаження до 3 кВт, цього вистачає для підключення потужного котла.

Пристрій встановлюється в підрозетник і також забезпечує моніторинг енергоспоживання та керування живленням. Але, цей пристрій працює лише в тондемі з Hub`ом та ретранслятором, тому саме його використання потребує повноцінного Starter Kit`а.

Серед переваг, можна назвати все теж, що і для розумної розетки, але додатково варто вказати, що цей пристрій є більш стійким до такого приладу, як котел, адже він має захист при перевантаженні у 13А [2].

Хоч BASELINE Outlet Jeweller є доволі практичним рішенням, але все ж рекомендовано віддати перевагу саме силовому реле BASELINE WallSwitch Jeweller, адже цей пристрій легко задовільнить потреби такого сильного споживача, як котел-водонагрівач. Також хочеться виділити, що даний тип давачів повністю сумісний з іншими пристроями Ajax, тому це дає можливість об'єднати їх в одну екосистему, що дозволить контролювати і інші побутові прилади, а також автоматизувати контроль над іншими елементами будинку, наприклад жалюзі, світло, кондиціонування відеоспостереження тощо. Важливий елемент в системі контролю над будинком, це передбачення екстрених ситуацій. Всі давачі контролюються за допомогою Hub`а, який приймає, опрацьовує та надсилає інформацію в додаток на ваш смартфон, але бувають ситуації, коли він виходить з ладу і сигнал з давача не опрацьовується. Для цього був вигаданий ретранслятор сигналу ReX, який у випадку поломки основного Hub`а прийме на себе керування системою, що завадить втраті контролю.

Моніторинг та контроль таких базових побутових приладів, як котел-водонагрівач, має велику цінність, адже покращує якість життя та дозволяє більш розумно використовувати свій час. З використанням давачів від Ajax Systems, процес керування будинком стає доступним навіть для людей, котрі не мають глибоких знань в електроніці і можуть налаштувати свій проєкт менш ніж за годину.

#### **Перелік посилань:**

1. M. Gami, Brindha Krishnamurthy, R. Thandeewaran, Sudha Senthil. Smart home-control and monitoring system for power and security management. *ResearchGate*. URL: [https://www.researchgate.net/publication/330192261\\_Smart\\_home-control\\_and\\_monitoring\\_system\\_for\\_power\\_and\\_security\\_management](https://www.researchgate.net/publication/330192261_Smart_home-control_and_monitoring_system_for_power_and_security_management) (дата звернення: 10.03.2024).

2. Пристрої бездротової системи безпеки AJAX. URL: <https://ajax.systems/ua/catalogue/baseline-intrusion-protection/> (дата звернення: 05.03.2024).

## УДК 681.5

<sup>1</sup> Бакалаврант 4 курсу Пономаренко К.С.

<sup>1</sup> Асист. Захарченко А.С.

<https://scholar.google.com.ua/citations?hl=en&user=RpOI6DoAAAAJ>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

### ОСОБЛИВОСТІ РЕГУЛЮВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ КОМПРЕСОРНИХ ЦЕНТРАЛЕЙ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ХОЛОДОПОСТАЧАННЯ

У великих супермаркетах, для забезпечення необхідних умов для зберігання та демонстрації товарів, стикаються з великими викликами в сфері підвищення енергоефективності систем холодильних машин для зменшення поточних витрат на електроенергію. Для об'єктів з торгівельною площею понад 300 кв.м доцільно використання централізованих систем холодопостачання. Така система має ряд переваг порівняно з використанням великої кількості індивідуальних холодильних машин, що включає зменшення енергоспоживання та експлуатаційних витрат, підвищення надійності, зменшення кількості тепла що виділяється холодильними меблями на торгівельних площах, зменшення шуму тощо.

Централізована система складається з холодильних агрегатів, магістралей та споживачів у вигляді спеціальних торгівельних холодильних меблів та камер, розташованих у різних зонах супермаркету, що використовуються для створення оптимальних умов зберігання продуктів. Ключовим елементом цієї системи є холодильна установка, що включає компресорну централь, конденсатор, ресивер (рис. 1) [1].

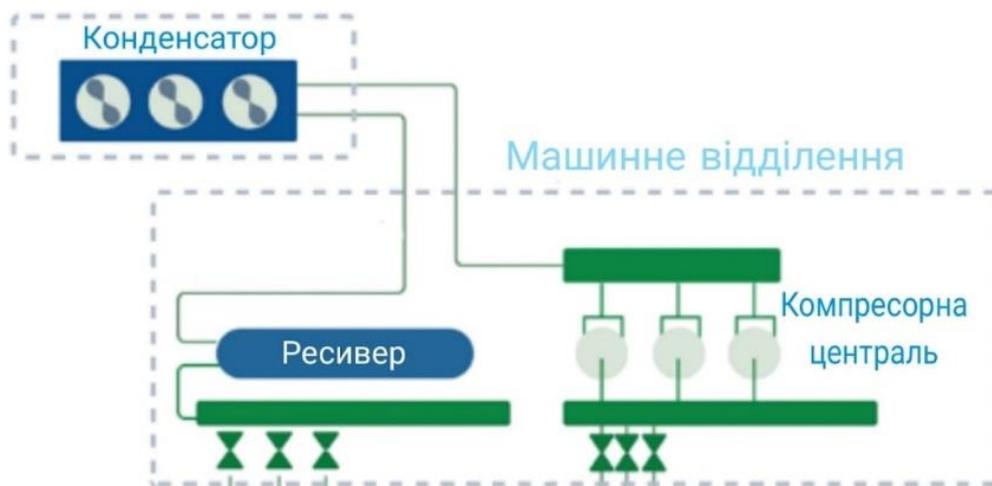


Рисунок 1 – Схема централізованої системи охолодження

Враховуючи високий рівень енергоспоживання таких систем, важливо детально розглянути її автоматизацію, яка грає вирішальну роль у забезпеченні функціонування технологічного обладнання, дозволяє застосовувати більш ефективні алгоритми керування, захисту обладнання тощо. Продуктивність холодильної системи регулюється для забезпечення необхідного рівня охолодження з урахуванням змінних умов навколишнього середовища та потреб в холоді. Основним параметром для регулювання є температура, яка має бути підтримана в торгівельних холодильних меблях та камерах. Регулювання може також враховувати інші параметри, як-от вологість та час роботи системи, для оптимізації енергоспоживання та зниження експлуатаційних витрат.

Особливу увагу слід приділити автоматизації компресорної централі, яка виконує важливу роль у циклі холодопостачання та на яку припадає значна частка від загальної

інвестиційної вартості системи централізованого холодопостачання, а також є ключовим фактором у визначенні рівня енергоспоживання протягом експлуатації.

Регулювання продуктивності компресорних установок досягається завдяки різним методам, відповідно до поточних потреб у холоді в залежності від типу компресорів, їх кількості і вимог до роботи (рис. 2) [2, 3]. Найпоширенішими методами є регулювання допомогою пуску-зупинки, використання паралельно працюючих компресорів, байпасу гарячого газу, розвантаження циліндрів для поршневих компресорів, зміна об'єму робочих порожнин за допомогою золотникових пристроїв, використання цифрових спіральних компресорів тощо. Ці методи, хоч і ефективні, часто призводять до того, що енергоспоживання не є пропорційним до потужності охолодження, що може викликати зайві витрати енергії, особливо в умовах коли потреба в холоді змінюється [4].



Рисунок 2 – Класифікація способів регулювання компресорів

З цієї причини, більш сучасним та енергоефективним варіантом управління є використання перетворювачів частоти для регулювання швидкості обертання вала компресора [3]. Використання частотного регулювання дозволяє забезпечувати продуктивність компресорів відповідно до актуальних потреб в охолодженні, що сприяє зниженню споживання енергії та операційних витрат. Це не лише підвищує енергоефективність холодильної системи, але й продовжує термін служби обладнання, зменшує рівень шуму, забезпечує плавний пуск компресорів, що зменшує навантаження на електромережу за рахунок зменшення пускових струмів, та дозволяє досягти більш стабільної та надійної роботи. З іншого боку використання перетворювачів частоти для регулювання продуктивності потребує значних фінансових витрат в порівнянні з іншими методами. В такому випадку для систем з декількома паралельно підключеними компресорами (рис. 1) можливо використовувати комбіновані підходи в керуванні, де один пристрій керується частотним регулятором, а інші включаються ступінчасто. В такому випадку ефективність та економічність значно підвищуються порівняно з системою, де компресори вмикаються ступінчасто. Цей підхід дозволяє не лише знизити початкові витрати, а й оптимізувати споживання енергії, забезпечуючи необхідну продуктивність холодопостачання згідно з поточними потребами системи, уникаючи надмірних витрат на утримання та експлуатацію додаткового обладнання.

Таким чином, використання частотно-регульованих приводів в системах централізованого холодопостачання в супермаркетах виявляється ключовим для оптимізації енергоспоживання та підвищення ефективності. Вони дозволяють не лише точно адаптувати продуктивність компресорів до змінних потреб у холоді, але й сприяють зниженню операційних витрат, підвищенню надійності системи, зменшенню шуму та подовженню терміну служби обладнання. Це підкреслює важливість інвестицій у сучасні технології та автоматизацію для забезпечення сталого розвитку та енергоефективного майбутнього в індустрії холодопостачання.

**Перелік посилань:**

1. U.S. Environmental Protection Agency. Advanced Refrigeration Technologies. URL: <https://www.epa.gov/greenchill/advanced-refrigeration-technologies> (дата звернення 10.03.2024)
2. Бондаренко Г. А. Компресорні станції : підручник / Г. А. Бондаренко, Г. В. Кирик. – Суми : Сумський державний університет, 2016. – 385 с.
3. IntechOpen. Refrigeration System: Capacity Modulation Methods. URL: <https://www.intechopen.com/chapters/56669> (дата звернення 10.03.2024)
4. ABB. Efficient refrigeration control: Reducing operating costs and CO<sub>2</sub> emissions using AC drives. URL: [https://library.e.abb.com/public/e6947b08406b4b9297511032f5ebd0fd/Refrigeration\\_brochure\\_3AXD50000534739\\_RevA\\_lowres.pdf](https://library.e.abb.com/public/e6947b08406b4b9297511032f5ebd0fd/Refrigeration_brochure_3AXD50000534739_RevA_lowres.pdf) (дата звернення 10.03.2024)

<sup>1</sup> Бакалаврант 4 курсу Радчук І.В.

<sup>1</sup> Ст.викл., к.т.н. Некрашевич О.В.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=vM8sCH4AAAAJ&hl=uk>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## АСК ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ОФІСНИХ ПРИМІЩЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕПЛОТИ ВІД ПЕКАРСЬКОГО ЦЕХУ

Вентиляційна система з рекуператором є ключовим компонентом для забезпечення ефективного та економічного повітрообміну в приміщеннях. Незважаючи на різноманіття варіантів вентиляційних систем, використання рекуператорів дозволяє:

- значно підвищити енергоефективність;
- забезпечити оптимальну якість повітря в приміщеннях;

Останні дослідження в області вентиляційних систем офісних приміщень вказують на важливість використання систем з рекуперацією тепла для забезпечення енергоефективного повітряного обміну та комфортних умов у приміщеннях. Проектування автоматизованої системи керування (АСК) для вентиляційної системи офісів, яка використовує теплоту від пекарського цеху, може стати ефективним рішенням для забезпечення оптимальної енергоефективності та комфортного мікроклімату.

Запропонована система вентиляції буде включати в себе не лише рекуператор для використання тепла вихідного повітря, але і додаткові компоненти для забезпечення оптимального функціонування системи. Один із таких компонентів - це фільтраційна система (рис. 1), яка забезпечить очищення вентиляційного повітря від пилу, бактерій та інших забруднюючих речовин, що можуть міститися у повітрі, яке надходить з пекарського цеху [1].

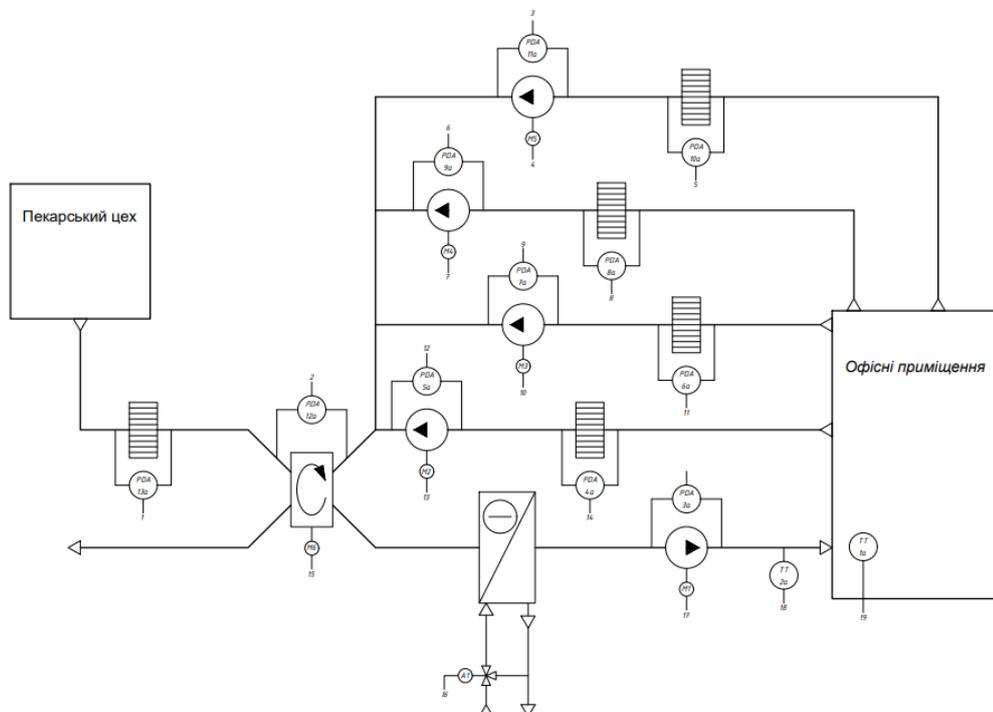


Рисунок 1 – Схема вентиляційної системи офісних приміщень з використанням теплоти від пекарського цеху

Додатковою складовою системи може бути холодильна установка (рис. 1), яка

забезпечить можливість охолодження повітря влітку, створюючи комфортні умови для працівників. Це особливо важливо в офісних приміщеннях, де може виникати підвищена температура через велику кількість обладнання та офісних працівників.

Отже, розробка та впровадження автоматизованої системи керування вентиляційною системою офісів з використанням теплоти від пекарського цеху є перспективним напрямком для досягнення ефективності енергоспоживання та створення комфортних умов для працівників.

Витрати електроенергії на роботу вентиляційних систем з рекуператором можуть бути значними через використання механічних пристроїв, таких як вентилятори. Однак ці системи володіють важливою перевагою - можливістю ефективної роботи у будь-яких умовах, незалежно від параметрів зовнішнього середовища. Вони можуть постачати та видаляти повітря з приміщень у відповідних обсягах та забезпечувати його обробку, включаючи очищення, нагрівання, зволоження і т.д. Це особливо важливо у сучасних умовах, де якість повітря стає все більшою проблемою, а вимоги до комфорту та безпеки, перебування людей у приміщеннях, зростають [2].

На поточному етапі розвитку вентиляційних систем з рекуператором, ми можемо спостерігати значні можливості у впровадженні складних алгоритмів керування. Використання сучасних програмованих технологічних контролерів дозволяє нам приділяти особливу увагу точному регулюванню температури в приміщенні та припливного повітря. Це створює можливості для підтримки оптимальних умов експлуатації та енергоефективності вентиляційних систем, що є ключовими аспектами в забезпеченні комфортного та здорового середовища у приміщеннях.

Як висновок, АСК вентиляційних систем з рекуператором стає необхідною для забезпечення ефективної роботи вентиляції в приміщеннях різного типу. Вона дозволяє не лише контролювати та регулювати температуру повітря, але й забезпечує постійне надходження свіжого повітря; оптимізує роботу системи, зменшуючи споживання енергії та підтримуючи комфортні умови для офісних працівників.

#### **Перелік посилань:**

1. Як вибрати фільтр для вентиляції • Основні вимоги до вентиляційних фільтрів. Інтернет-магазин ВЕНКОН - магазин техніки та інженерних рішень в Україні | Київ, Львів. URL: <https://vencon.ua/ua/articles/kak-vybrat-filtr-dlya-ventilyacii> (дата звернення: 07.03.2024).

2. Вентиляція складів: яку систему вибрати. Магазин Вентс: вентиляційні системи. URL: <https://vents-shop.com.ua/statti-pro-ventilyaciyu-uk/ventilyaciya-skladiv-yaku-sistemu-vibrati/> (дата звернення: 07.03.2024).

<sup>1</sup> Бакалаврант 4 курсу Салівон Д.В.

<sup>1</sup> Доц., к.т.н. Батюк С.Г.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=cWaZ5o4AAAAJ&hl=uk>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ПОЛІГОН ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ОДНОКОНТУРНИХ САР З СТРУКТУРНИМИ ПІД-РЕГУЛЯТОРАМИ

**Постановка проблеми.** Підвищення ефективності одноконтурних САР теплоенергетичних ОУ є актуальною задачею промислової автоматизації. Особливо актуальним є аналіз можливостей практичного застосування модифікованих ПІД-регуляторів в одноконтурних САР теплоенергетичних ОУ.

**Аналіз проблеми.** Одноконтурна САР режимного параметру реалізує принцип регулювання за відхиленням (принцип зворотного зв'язку) і має один замкнений контур регулювання. Регулятор є одноімпульсним (тобто в САР є тільки один регульований параметр) – на вхід регулятора зі знаком мінус (як зворотний зв'язок) подається поточне значення (імпульс) режимного параметру (завдання подається зі знаком плюс і за імпульс не рахується). ОУ є каналом передачі регульовальної дії «зміна регульовальної дії – зміна регульованого параметру». Регульований параметр завжди вимірюється (а не обчислюється). САР реалізує управляючу функцію стабілізації виміряного регульованого параметру, тобто підтримання виміряного регульованого параметру на заданому значенні (уставці) шляхом зміни регульовальної дії. Використовується класичний ПІД-регулятор, який є оптимальним регулятором для лінійних ОУ. Основний і найпоширеніший тип САР. Фундаментальна, базова і в той же час математично і технічно найпростіша САР. Принципова і видатна особливість одноконтурної САР (тобто принципу регулювання за відхиленням) – зворотний зв'язок від ОУ (виміряний режимний параметр акумулює в собі усі впливи усіх збурень, відомих і невідомих, які можна і які не можна виміряти; регулювання здійснюється завжди і тільки тоді, коли збурення впливають на регульований параметр). Неідеальність одноконтурної САР – принциповий конфлікт між точністю і якістю регулювання в САР (швидкодією регулятора і запасом сталості замкненої САР). Є два шляхи покращення якості регулювання в одноконтурній САР.

Перший шлях. Ускладнювати структуру ПІД-регулятора в одноконтурній САР – перехід до аналітичного конструювання регуляторів (перехід до аналітичних регуляторів ПІД<sup>2</sup>Д<sup>3</sup>... тощо; додаткові параметри Д<sup>2</sup>, Д<sup>3</sup>... тощо обчислюються, а не вимірюються). Основний метод в «сучасній» ТАУ (лінійний аналіз в часовій області – рівняння в просторі станів). Це неефективно, оскільки призводить до негрубих САР відносно параметричних збурень (дрейфу параметрів ОУ); негрубих саме тому, що додаткові параметри обчислюються, а не вимірюються.

Другий шлях. Ускладнювати структуру САР, не змінюючи ПІД-регулятор – перехід до САР з додатковими інформаційними зв'язками (перехід до комбінованих і багатоконтурних – реально двоконтурних – САР). «Додаткові інформаційні» зв'язки: «додаткові» до головного зворотного зв'язку; «інформаційні» тому, що несуть додаткову інформацію, так як додатковий режимний параметр обов'язково вимірюється, а не просто обчислюється. Основний спосіб в «класичній» ТАУ (лінійний аналіз в частотній області – передавальні функції) і в практичній промисловій реалізації. Ефективний, так як призводить до малочутливих САР відносно параметричних збурень (дрейфу параметрів ОУ).

Можливий третій шлях. Залишити одноконтурну структуру САР. Залишити класичний ПІД-регулятор, але змінити його структуру шляхом послідовного підключення

коригуючих ланок. Структура такого структурного ПІД-регулятора не є ускладненою, так як не містить нових похідних (другого і вище порядків).

**Постановка завдання.** Розробити полігон функціонального імітаційного моделювання теплоенергетичних одноконтурних САР з структурними ПІД-регуляторами. Змоделювати і дослідити одноконтурні САР з структурними ПІД-регуляторами.

**Моделювання і дослідження.** Розроблений полігон функціонального імітаційного моделювання теплоенергетичних САР з структурними ПІД-регуляторами реалізований як альбом моделей в середовищі СКМ Matlab Simulink [1]. Моделювались і досліджувались наступні САР: одноконтурна САР з предиктивним ПІД-регулятором; одноконтурна САР з каскадним ПІД-регулятором; одноконтурна САР з квадратичним ПІД-регулятором.

Модель одноконтурної САР з предиктивним ПІД-регулятором наведена на рис.1. Моделі одноконтурних САР з каскадним і квадратичним ПІД-регуляторами наведені на рис.2. Задля наочності і порівняння структур на моделях наведені структури одноконтурної САР з класичним ПІД-регулятором. Використовується модель універсального ОУ з випереджальною та інерційною частинами.

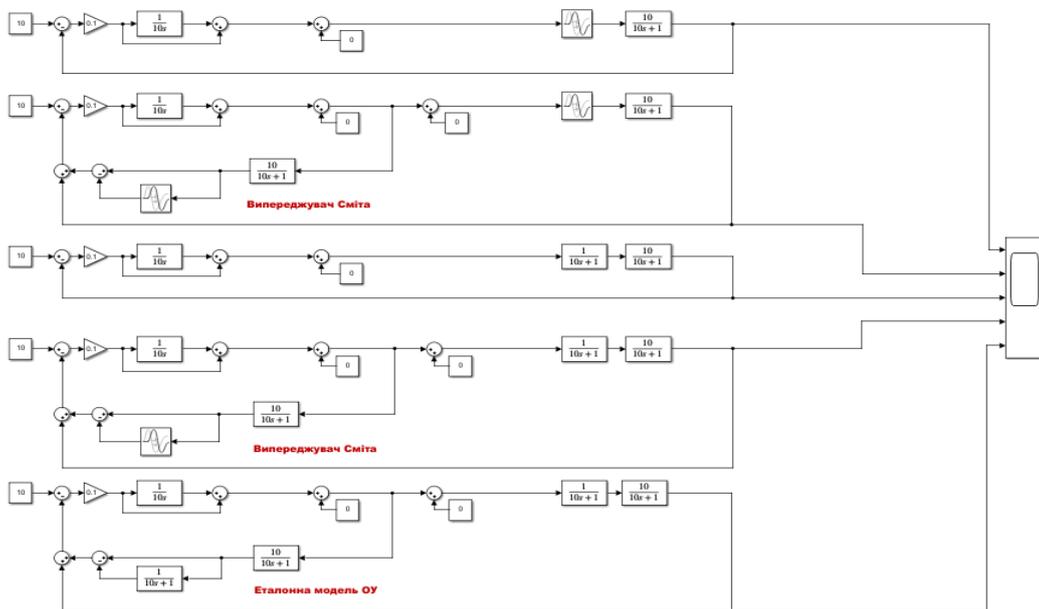


Рисунок 1 – Модель структурного предиктивного регулятора

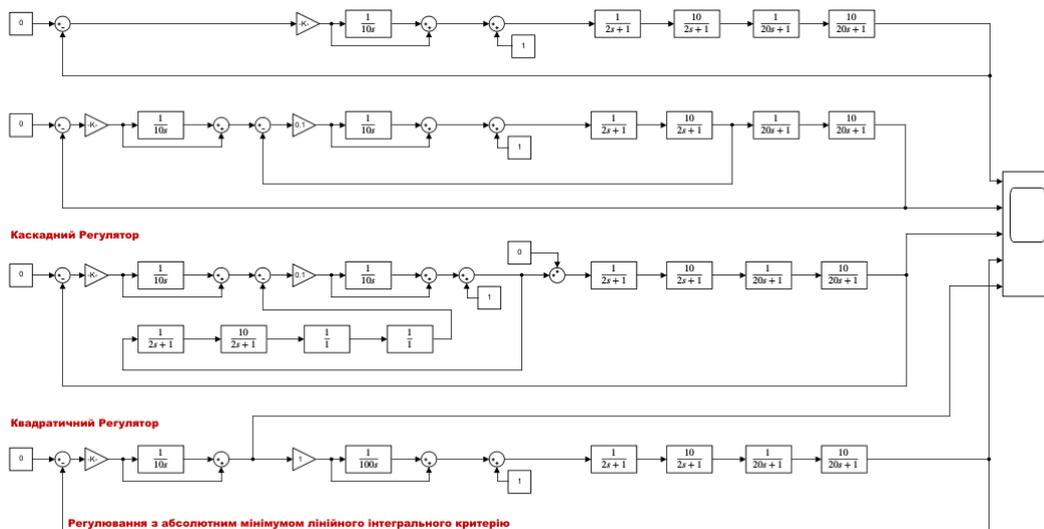


Рисунок 2 – Моделі структурних каскадного і квадратичного регуляторів

Предиктивний ПІД-регулятор реалізує класичну ідею предиктора Сміта (модель САР з предиктором Сміта також, задля наочності, наведена на рис. 1). Предиктивний ПІД-регулятор реалізований як регулятор з еталонною моделлю випереджальної частини універсального ОУ.

Каскадний ПІД-регулятор реалізований як регулятор з еталонною моделлю стабілізуючої САР каскадної САР універсального ОУ.

Основна ідея предиктивного і каскадного ПІД-регуляторів – за рахунок введення еталонних моделей в замкнений контур регулювання змітувати регулювання з використанням вимірюваного проміжного параметру універсального ОУ. Обов'язковою умовою є вимірювання і використання в структурі регулятора реальної регулюючої дії (реального входу ОУ), а не просто виходу функціонального блоку регулятора в ПЛК. В цьому випадку в класичному регуляторі з'являється внутрішній додатковий реальний контур регулювання, регулятор стає структурним регулятором; але для нового структурного регулятора САР залишається одноконтурною. Як відомо, практично ефективними є два типи промислових САР – одноконтурна САР і каскадна САР. Для використання каскадної САР потрібно мати можливість вимірювати параметр з проміжної точки універсального ОУ. Якщо такої можливості немає, може бути використана одноконтурна САР з предиктивним або (краще) каскадним регулятором.

Квадратичний регулятор є послідовним з'єднанням двох ПІ-регуляторів. Відсутні будь-які додаткові зв'язки та імпульси. Передатна функція квадратичного регулятора –  $PII^2$  (звідси і назва «квадратичний»). Квадратичний регулятор реалізує абсолютний мінімум лінійного інтегрального критерію – перехідний процес в САР з квадратичним регулятором має нульове значення лінійного інтегралу (площі «плюсових» і «мінусових» напівперіодів взаємно компенсуються).

Дослідження змодельованих одноконтурних САР з структурними ПІД-регуляторами здійснювалось нанесенням сигнальних збурень зі сторони РО (внутрішнє збурення) і зміною завдання. Аналіз чутливості змодельованих одноконтурних САР з структурними ПІД-регуляторами щодо параметричних збурень (дрейфу параметрів ОУ) здійснювалось зміною параметрів структурних регуляторів.

**Результати і висновки.** Дослідження змодельованих одноконтурних САР з структурними ПІД-регуляторами щодо сигнальних збурень і аналіз чутливості змодельованих одноконтурних САР з структурними ПІД-регуляторами щодо параметричних збурень дає можливість сформулювати наступні результати і висновки (рекомендації).

1. Одноконтурні САР з структурними ПІД-регуляторами є роботоздатними – забезпечують якісні перехідні процеси регулювання і малочутливі щодо параметричних збурень. Структурні ПІД-регулятори легко можуть бути реалізовані стандартними функціональними блоками сучасних ПЛК.

2. САР з предиктивним і каскадним регулятором може бути використана замість каскадної САР для універсальних ОУ, в яких параметр з проміжної точки неможливо виміряти. Обов'язковою умовою є вимірювання і використання в структурі регулятора реальної регулюючої дії (реального входу ОУ), а не просто виходу функціонального блоку регулятора в ПЛК.

3. САР з квадратичним регулятором може бути використана як САР температури в топках, яка забезпечує однакове (постійне) теплове навантаження за час перехідного процесу (перевищення температури компенсуються ідентичними заниженнями температури за час перехідного процесу).

#### **Перелік посилань:**

1. Батюк С.Г. Імітаційне моделювання і цифровий твінінг енергетичних кібер-фізичних систем (кібер-енергетичних систем) // Досягнення України та країн ЄС у сфері інновацій і винахідництва в галузі техніки : колективна монографія. С. 44-109. Рига, Латвія : Izdevnieciba "Baltija Publishing", 2022. 544 с. 65 с.

<sup>1</sup> Бакалаврант 4 курсу Самара В.О.

<sup>1</sup> Доц., к.т.н. Степанець О.В.

<https://scholar.google.com/citations?hl=uk&user=Kq9ce50AAAAJ>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## СУЧАСНІ ВІДДАЛЕНІ ЛАБОРАТОРНІ СТЕНДИ ДЛЯ НАВЧАННЯ ІНЖЕНЕРІВ З АВТОМАТИЗАЦІЇ

**Постановка проблеми та її актуальність.** У зв'язку зі стрімким розвитком технологій та зростанням вимог до кваліфікації інженерів, навчання в галузі промислової інженерії стає більш інтенсивним та вимагає новаторських методів. Однією з ключових складових сучасного навчання стає використання сучасних віддалених лабораторних стендів та віртуальних лабораторій. Для спеціалістів з автоматизації дані підходи дають розуміння об'єктів регулювання, а також демонструють інструментарій, що використовується на реальних підприємствах, у тому числі ПЛК, датчики, виконавчі механізми та технологічне устаткування. Це дає інженеру з автоматизації змогу зрозуміти, як саме працюють та взаємодіють між собою усі складові технологічного процесу.

**Аналіз останніх досліджень.** Наразі для дистанційного навчання інженерів з автоматизації поширення набувають такі підходи, як віртуальні лабораторії та віддалені лабораторії [1].

При використанні підходу віддалених лабораторій, студенти отримують прямий доступ до обладнання, керують ним віддалено через мережу, можуть відчувати, що працюють з системою по-справжньому. Цей підхід є досить дорогим і складним у реалізації, тому його використання поки що обмежується великими університетами в розвинених країнах [2]. З іншого боку, прогрес у напрямку віддалених лабораторій сприяв появі Інтернету речей (IoT), який забезпечує необмежену взаємодію між фізичними та віртуальними об'єктами.

Підхід віртуальних лабораторій - це інтерактивне навчальне середовище, що складається з симуляцій, демонстрацій і вправ, які можуть виконувати роль моста від пасивного навчання до активного залучення і, відповідно, стимулювати більш глибоке мислення. Прикладні програми також дуже важливі для зв'язку теорії з практикою, щоб студенти розвивали інженерне мислення і розуміли, як поведінка процесу може бути відображена за допомогою математичних моделей [3]. У сучасному світі все більше уваги приділяється не тільки функціональності програми, але й візуальній складовій. Окрім привабливого зовнішнього вигляду, дуже важливо реалізувати сучасний інтерфейс. Для того, щоб користувач міг безперешкодно взаємодіяти з програмним забезпеченням, потрібен інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, який допомагає студенту швидше та ефективніше засвоїти поданий матеріал.

**Формулювання мети.** Для сучасного продуктивного віддаленого навчання інженерів з автоматизації потрібні підходи, що дають змогу отримати як теоретичні знання, так і практичні навички на імітованому обладнанні. Для цього створюються сучасні віртуальні стенди, які об'єднують обидві складові.

**Основна частина.**

**Віддалені лабораторії.**

Сучасні віддалені лабораторії потребують великого бюджету для реалізації, але є ефективними для надання практичних навичок студентам. З останніх розробок можна зрозуміти, що підхід широко використовується у світі для навчання нових спеціалістів. Також є тенденція уніфікації та оптимізації подібних платформ, для легкого обслуговування та підтримання у належному стані.

З 2017 року в Університетському технологічному інституті (Institut Universitaire

Tech-nologique, IUT) у Байонні, Франція, розробляється платформа під назвою LABOREM BOX [4]. Ця платформа має на меті надати практичний досвід дистанційного навчання електроніці за допомогою економічно ефективного, відкритого, масштабованого програмного та апаратного рішення. Laborem Box була спеціально розроблена для полегшення вивчення підключення різних електричних плат. Програмне забезпечення забезпечує простий людино-машинний інтерфейс, яким легко користуватися студентам. Laborem Box включає коробку для 3D-друку, плату живлення, набір електричних плат і опорну плату.

У 2020 році в Інституті "Ramiro de Maeztu" в Мадриді, Іспанія, була впроваджена віддалена лабораторія під назвою VISIR, щоб дати можливість студентам набути навичок поводження з випрямлячами, їх розрахунку та складання електричних схем [5].

У 2020 році Технічний університет "Gheorghe Asachi" в Румунії було розроблено дистанційну лабораторію, яка вивчає осцилографи [6]. Ця лабораторія використовує три прилади, підключені до комп'ютера через універсальну послідовну шину. Використовуючи веб-браузер, студенти можуть керувати системою віддалено зі своїх будинків. Інструменти, що використовуються в цій лабораторії - це генератор довільної функції, цифровий осцилограф і цифровий мультиметр.

### **Віртуальні лабораторії.**

Сучасні університети для ефективного навчання використовують як новітні програми, так і ті, що розроблені більше десяти років тому, але допрацьовуються і покращуються донині.

Математичне моделювання:

MATLAB/SIMULINK - це найпоширеніший інженерний і науковий інструментарій на базі Windows, який пропонує цінні інтерактивні демонстрації або можливість легко створювати різні симуляції, пов'язані з теорією [3]. Це інтегроване технічне обчислювальне середовище, яке поєднує в собі чисельні обчислення, розвинену графіку та візуалізацію за допомогою потужного графічного інтерфейсу користувача.

3D-моделювання:

Технологія 3D-моделювання дозволяє не тільки математично змодельовати об'єкт, а й побудувати його у віртуальному середовищі. Це дає змогу студенту зрозуміти тонкощі у проектуванні та встановленні технічного інструментарію. Завдяки візуальному відображенню можна зрозуміти функціонал кожного елемента реальної системи керування.

Велика кількість інтерактивних віртуальних лабораторій створені на базі фреймворку NCSLab.

NCSLab, спочатку була розроблена для проведення експериментів у глобальному масштабі на основі веб-технологій [7]. Вона має складну шестирівневу розподілену архітектуру, яка дозволяє інтегрувати експериментальні ресурси, розташовані в різних частинах світу, Вона успішно інтегрувала вісім контрольних випробувальних стендів, розташованих в чотирьох установах з Китаю і Великобританії.

Іншою відомою віртуальною лабораторією у сфері 3D-моделювання є Factory I/O.

Factory I/O дозволяє швидко створювати віртуальні 3D-моделі, обираючи з понад вісімдесяти конфігурованих деталей [8]. Крім того, Factory I/O постачається з понад двадцятьма готовими до використання типовими промисловими додатками (також звані сценами) для відпрацювання завдань управління в реальному світі. Крім того, Factory I/O підтримує поєднання віртуальної та реальної інформації, замінюючи дані/керуючі сигнали, змодельовані програмним забезпеченням, на інформацію, що надходить від реальних пристроїв.

### **Нові підходи до навчання та розробки у сфері віртуальної реальності.**

Окрім моделювання поведінки об'єкта регулювання та його відображення, інженер з автоматизації повинен вміти користуватись обладнанням: встановлення, під'єднання, налаштування. Раніше досягти цього було можливо тільки з використанням реальних установок на практиці або фізичних лабораторій, але з розвитком VR-технологій з'явилося

вирішення цієї проблеми.

Хоча поки напрацювання у цьому напрямку знайшли більш поширеного застосування у інших сферах, наприклад медицині, але передові розробники вже тестують програмне забезпечення.

Компанія Siemens виклала у мережу відеоролик, де працівники тестують нову розробку, створюючи справжні лабораторії у світі віртуальної реальності [9].

### **Висновки.**

Для максимально ефективного навчання студента недостатньо використовувати якийсь конкретний підхід. Кожен з видів лабораторій має свої особливості, що впливають на навички та знання майбутніх інженерів з автоматизації. При використанні віддаленої лабораторії студент може отримати навички керування реальним обладнанням, а при використанні віртуальної лабораторії може глибше зрозуміти процеси регулювання, детально розібратися у тому, як саме влаштовані технологічні процеси. На даний момент онлайн навчання майбутніх спеціалістів передбачає ці етапи, але в силу фінансів чи логістичних проблем неможливо у повному обсязі показати усі аспекти реальних установок. Це питання може вирішити технологія VR, яка дозволить студенту пройти усі етапи створення нового технологічного процесу, починаючи з проектування, монтажу, підключення кожного елемента в мережу і закінчуючи програмуванням контролерів та пусконаладжувальними роботами.

Якщо ідею створення VR віртуальних лабораторій підхоплять й інші компанії по розробці програмного забезпечення, то світ зможе отримати ще більше кваліфікованих спеціалістів, що будуть мати повний спектр професійних навичок.

### **Перелік посилань:**

1. Tjahyadi H., Prasetya K., Made Murwantara I. Digital Twin Based Laboratory for Control Engineering Education. International Journal of Information and Education Technology. April 2023. Vol. 13, No. 4. P. 704-711
2. J. David, C. Ortega. Control engineering remote lab: design and hands on practice with a DC motor speed controller : EIEI ACOFI 2023., Cartagena De Indias, Colobbia. 19-22 September 2023.
3. Menghal P. M., Jaya Laxmi A. A Virtual Laboratory: Teaching and Research Tool in Control Engineering Education. MATLAB - A Fundamental Tool for Scientific Computing and Engineering Applications - Volume 2 / Edited by V. N. Katsikis, 2012.
4. Lavayssière C., Larroque B., Luthon F. Laborem Box: A scalable and open source platform to design remote lab experiments in electronics. HardwareX. April 2022. Vol. 11. P. 1-21
5. Hernandez U., Garcia-Zubia J., Colombo A., Marchisio S. Spreading the VISIR Remote Lab Along Argentina. The Experience in Patagonia. Online Engineering & Internet of Things / Edited by J Kacprzyk, 2017.
6. Hariton A., Zet C., Vremera E., Fosalaу C. Remote Laboratory – Study of Digital Oscilloscope : 2020 International Conference and Exposition on Electrical And Power Engineering (EPE), Iasi, Romania. 22-23 October 2020.
7. Hu W., Zhou H., Liu Z. -W., Zhong. L. Web-based 3D Interactive Virtual Control Laboratory Based on NCSLab Framework. International Journal of Online and Biometrical Engineering. 2014. Vol. 10 No. 6. P. 10-18
8. Vargas H., Heradio R., Donoso M., Farias G.. Teaching automation with Factory I/O under a competency-based curriculum. Multimedia Tools and Applications. 2022. Vol. 82. P. 19221-19246
9. Siemens USA. Where the jobs are: Siemens VR software-a revolutionary teaching tool. URL: <https://www.siemens.com/us/en/company/press/siemens-stories/usa/where-the-jobs-are-siemens-vr-software-revolutionary-teaching-tool.html>.

## УДК 636.5

<sup>1</sup> Бакалаврант 4 курсу Топиха М.І.

<sup>1</sup> Доц., к.т.н. Бунке О.С.

<https://scholar.google.com/citations?user=l0I2Mk0AAAAJ>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

### АСУ МІКРОКЛІМАТУ ІНКУБАТОРУ НА ПТАХОФАБРИЦІ

**Вступ.** Система автоматичного управління режимних параметрів промислового інкубатору потрібна, щоб підтримувати необхідні температуру та вологість на усіх етапах інкубації, що вказані у таблиці 1[1]. Нажаль на багатьох об'єктах все ще використовуються застарілі технології тільки з ручним режимом, або напівавтоматичні системи. Таким чином ми маємо змогу підвищити ефективність інкубатору та збільшити кількість виводку, виключивши людський фактор, бо деінде до сих пір використовуються квочки для висиджування яєць, а не сучасні фермерські інкубатори. Тому моя розробка допоможе оновити застарілі системи та підвищити ефективність роботи.

Таблиця 1 – Інкубаційні етапи курячих яєць

Період	Тривалість	Температура	Вологість	Поворот	Провітрювання
1	1 — 11 день	37,9 °С	66%	4 рази на добу	ні
2	12 – 17 день	37,3 °С	53%	4 рази на добу	2 рази на добу по 5 хв.
3	18 – 19 день	37,3 °С	47%	4 рази на добу	2 рази на добу по 20 хв.
4	20 – 21 день	37,0 °С	66%	ні	2 рази на добу по 5 хв.

**Огляд існуючих систем.** Можна виділити 2 основних типи інкубаторів – побутові та промислові [2].

Побутові інкубатори використовуються для виводку близько 100 яєць. Вони дешеві та доступні. Але є вагомні мінуси:

- На кожному етапі інкубації треба самостійно виставляти температуру обігрівачу.
- Необхідно вручну вимірювати температуру, тому що потрібен контакт термометру та шкарлупи яйця.
- Треба самостійно підтримувати вологість в інкубаторі.
- Зазвичай немає АУП(автоматичний пристрій перевероту яєць).

Отже така система не є зручною та ефективною. З іншого боку є промислові інкубатори. Вони мають місткість більше 1000 яєць та зазвичай непогано автоматизовані та є якісь системи захисту/сигналізації. Але і в них є свої недоліки:

- Зазвичай є доволі дорогі та відносно великий термін окупності.
- Усі сигналізації та моніторинг(якщо присутній) є місцевими, або тільки по фізичному з'єднанні.

Якщо перший недолік доволі складно вирішити через високу ціну обладнання, то

другий вже здається можливим.

**Розробка системи.** Конструкція інкубатору доволі проста. Ззовні це теплоізоляційна коробка, всередині якої знаходяться стелажі з АУП, на яких і розміщуються яйця. На задній стінці знаходиться вентилятор, який забезпечує рівномірну циркуляцію теплого та зволоженого повітря [3]. Також за вентилятором знаходиться заслінка, яка відкривається та пропускає свіже повітря для провітрювання камери інкубації. Витяжна система реалізована на верхній частині інкубатору з ще одним вентилятором. Таким чином свіже повітря циркулює рівномірно через усі яйця. Для регулювання температури використовуються нагрівач та охолоджувач. Для підвищення вологості можна використати декілька технологій, наприклад, ультразвуковий зволожувач.

Всередині стелажів знаходяться датчики температури, які мають виходи до контакту з яйцями, щоб постійно вимірювати їх температуру. Також у самому інкубаторі розміщені датчики температури та вологості, щоб моніторити та контролювати відповідні параметри.

Моніторити та контролювати режимні параметри оператор матиме змогу як на самому ПЛК з дисплеєм, так і за допомогою WEB SCADA, яка буде розроблена в рамках даного проекту. Зараз є багато ПЛК, які можуть виступати у якості клієнту протоколу MQTT. Таким чином можливо реалізувати отримання від клієнту(ПЛК) даних для моніторингу, та відправку необхідних налаштувань або режимів за якими буде реалізовуватись контроль параметрів. Це дасть змогу змінювати графік температури, вологості, провітрювання та перевертань, підлаштовуючи систему для інкубації інших видів яєць. Для цього буде використовуватись ПЛК МахуCon Flexy-S2-B1 від RAUT automatic [4]. Він має модулі розширення, виносний дисплей та увесь необхідний функціонал для роботи з протоколом MQTT. Усі можливості ПЛК представлені на Рис. 1.

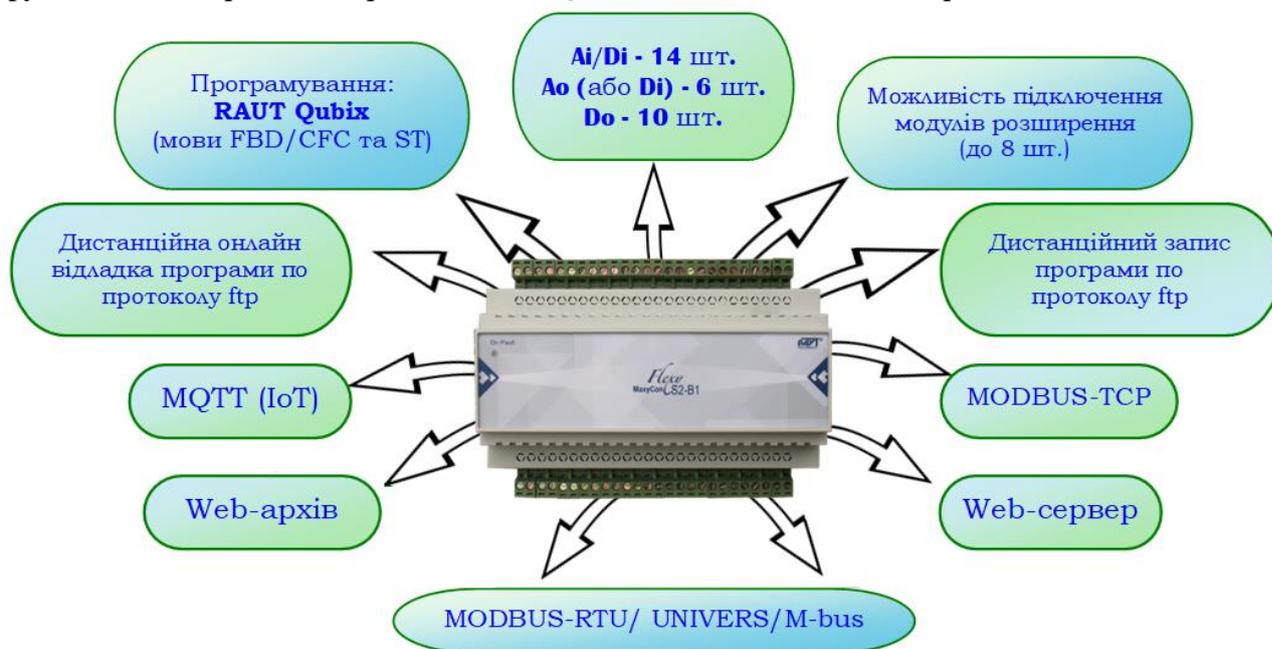


Рисунок 1 – Функціонал ПЛК МахуCon Flexy-S2-B1

#### Функціональні можливості:

- Автоматичне регулювання параметрів та вивід їх на режим для оптимальної інкубації яєць.
- Можливість не тільки місцевого, а і дистанційного моніторингу температур та вологості, переходу на ручний режим та виставлення режимних параметрів.

**Висновок.** Отже, даний проєкт зможе дати новий поштовх у сфері автоматизації інкубаторів, в особливості через розроблену WEB SCADA, яка буде спеціалізуватись виключно на інкубації яєць. Це значно підвищить ефективність виведення курчат, індичат

і т.д. Також проєкт зменшить витрати на персонал, який був необхідний для використання застарілого методу інкубації, що теж позитивно вплине на економічний ефект.

**Перелік посилань:**

1. Режими інкубації яєць домашньої птиці. URL: <http://babushkinsad.kiev.ua/2015/12/22/2542.html>

2. Все про інкубатори види, інструкції по виведенню пташенят. URL: <https://jak.koshachek.com/articles/vse-pro-inkubatori-vidi-instrukcii-po-vivedennju.html>

3. Автоматизація інкубаторів. URL: [https://atpicak.ucoz.ua/load/navchalnij\\_posibnik/rozdil\\_2/2\\_2\\_avtomatizacija\\_mikroklimatu\\_v\\_t\\_varinnickikh\\_ta\\_ptakhivnickikh\\_primishhennjakh/4-1-0-139](https://atpicak.ucoz.ua/load/navchalnij_posibnik/rozdil_2/2_2_avtomatizacija_mikroklimatu_v_t_varinnickikh_ta_ptakhivnickikh_primishhennjakh/4-1-0-139)

4. Інформація про ПЛК МахуCon Flexy-S2-B1. URL: <http://www.raut-automatic.kiev.ua/kontroll-ua/multipurpose-ua/easily-programming-ua/maxycon-flexy-s2-platform-ua/maxycon-flexy-s2-b1-ua.html>

<sup>1</sup> Бакалаврант 4 курсу Федоров Д.Д.

<sup>1</sup> Доц., к.т.н. Батюк С.Г.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=cWaZ5o4AAAAJ&hl=uk>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ПОЛІГОН ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ КОМБІНОВАНИХ САР З ЦИФРОВИМИ ДВІЙНИКАМИ

**Постановка проблеми.** Практична реалізація комбінованих САР теплоенергетичних ОУ є актуальною задачею промислової автоматизації. Особливо актуальним є аналіз можливостей практичного застосування цифрових двійників (ЦД) теплоенергетичних ОУ в комбінованих САР.

**Аналіз проблеми.** Комбінована САР режимного параметру реалізує принцип комбінованого регулювання – комбінація принципу зворотного зв'язку і принципу компенсації збурень. Структурно є одноконтурною САР з додатковою компенсацією вимірних сигнальних збурень. Компенсатори в комбінованій САР використовуються в розімкненому контурі регулювання, тому не створюється додатковий замкнений контур регулювання, тому компенсатори не впливають на сталість замкненої САР. Компенсатори комбінованої САР є типовим (і практично єдиним) прикладом застосування ЦД в реальних промислових САР (в розімкненому контурі).

**Постановка завдання.** Розробити полігон функціонального імітаційного моделювання комбінованих САР теплоенергетичних ОУ. Змоделювати і дослідити: комбіновану САР; САР зв'язаного регулювання; ЦД в теплоенергетичних САР. Зробити висновки щодо ефективності практичної реалізації комбінованих теплоенергетичних САР і ЦД в теплоенергетичних САР.

**Моделювання і дослідження.** Розроблений полігон функціонального імітаційного моделювання теплоенергетичних комбінованих САР з ЦД реалізований як альбом моделей в середовищі СКМ Matlab Simulink [1].

Моделювались і досліджувались наступні САР: комбінована САР з компенсацією на вхід регулятора; комбінована САР з компенсацією на вихід регулятора; САР зв'язаного регулювання для двомірного ОУ з прямими і перехресними зв'язками; комбінована САР з ЦД як компенсатором зовнішніх (за навантаженням) сигнальних збурень; комбінована САР з ЦД як компенсатором внутрішніх (зі сторони РО) сигнальних збурень.

Комбіновані САР з компенсацією на вхід і вихід регулятора, двомірна САР зв'язаного регулювання моделювались як стандартні структурні схеми відповідних САР.

Модель комбінованої САР з ЦД наведена на рис.1.

ЦД в комбінованих САР реалізовані як компенсатори з подачею виходу компенсатору на вихід регулятора (цей спосіб компенсації є кращим за подачу виходу компенсатору на вхід регулятора).

Окремо змодельована комбінована САР з ЦД як компенсатором зовнішніх збурень має в своєму складі прямий ЦД (пряму передатну функцію) каналу ОУ «зовнішнє збурення – регульований параметр» і обернений ЦД (обернену передатну функцію) каналу ОУ «регульовальна дія – регульований параметр».

Окремо змодельована комбінована САР з ЦД як компенсатором внутрішніх збурень має в своєму складі тільки прямий ЦД (пряму передатну функцію) каналу ОУ «внутрішнє збурення – регульований параметр» і не має оберненого ЦД (оберненої передатної функції) каналу ОУ «регульовальна дія – регульований параметр».

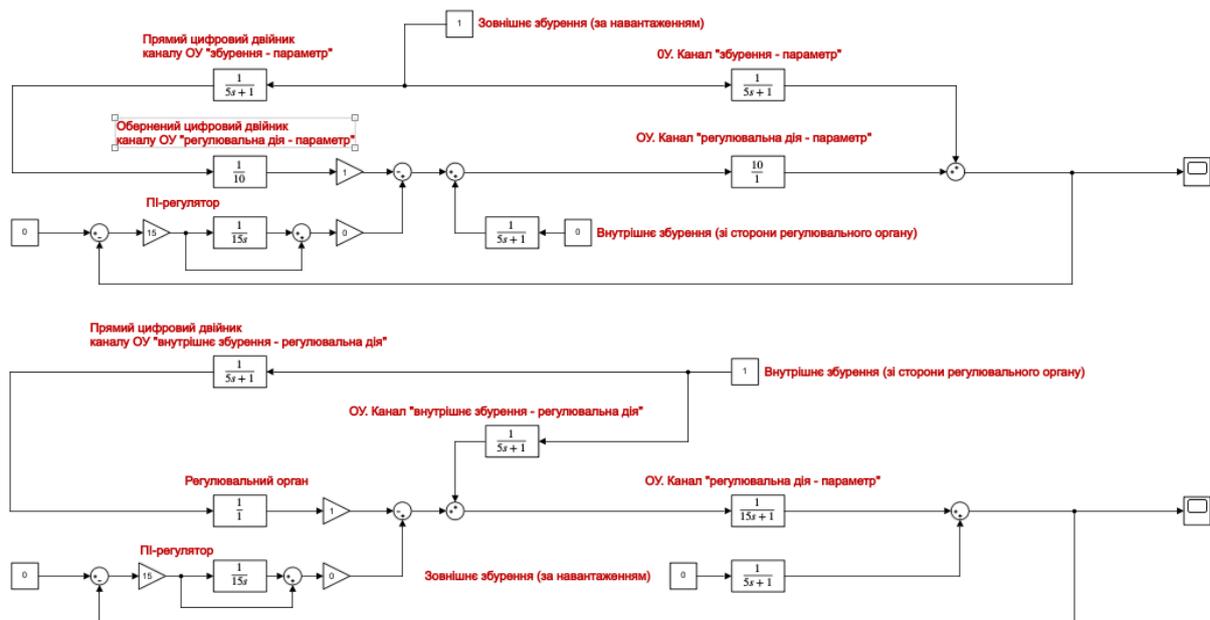


Рисунок 1 – Модель комбінованої САР з ЦД в СКМ Matlab Simulink

Дослідження змодельованих комбінованих САР здійснювалось нанесенням сигнальних збурень навантаженням (зовнішнє збурення), зі сторони РО (внутрішнє збурення), зміною завдання. Основним типом збурення в комбінованій САР, яке потрібно компенсувати, є саме зовнішнє збурення – збурення зміною навантаження (збурення зі сторони РО є основним для каналу регулювання «зміна регульовальної дії – зміна регульованого параметру»). Аналіз чутливості змодельованих комбінованих САР щодо параметричних збурень (дрейфу параметрів ОУ) здійснювалось зміною параметрів компенсаторів.

**Результати і висновки.** Дослідження змодельованих комбінованих САР щодо сигнальних збурень і аналіз чутливості змодельованих комбінованих САР щодо параметричних збурень дає можливість сформулювати наступні результати і висновки (рекомендації).

1. Комбінована САР як з компенсацією на вхід регулятора (подача виходу компенсатору на вхід регулятора), так і з компенсацією на вихід регулятора (подача виходу компенсатору на вихід регулятора) легко може бути реалізована в сучасних ПЛК стандартними функціональними блоками. До використання ПЛК реально можливо було реалізувати тільки компенсацію на вхід регулятора (було практично неможливо реалізувати підсумовування фізичних виходів апаратних регулятору і компенсатору). Сучасні ПЛК дають можливість легко програмно обчислити суму виходів функціональних блоків регулятору і компенсатору, тим самим реалізувати компенсацію на вихід регулятора.

2. Компенсація зовнішнього і внутрішнього збурень на вхід регулятора є неефективною, так як такий компенсатор має мати в своєму складі реальний диференціатор (послідовне з'єднання диференціатору і аперіодичної ланки). Реальний диференціатор легко може бути реалізований в сучасних ПЛК (перемноження практично скільки завгодно малого значення кінцевої різниці на практично скільки завгодно великий коефіцієнт дозволяє реалізувати за скан ПЛК імпульс практично скільки завгодно великої амплітуди; обмеження накладаються тільки типом даних використаних змінних). Проблема полягає в тому, що теплоенергетичні ОУ є «повільними» ОУ. Повільна зміна параметру не є проблемою для обчислення похідної в ПЛК, як вказано вище; проблема в сенсорі – мала зміна параметру знаходиться в межах чутливості вимірювання (приклад: припустімо, що температура зовнішнього середовища, яка є типовим зовнішнім збуренням, змінюється зі швидкістю 1 градус за секунду – і це дуже велика швидкість зміни порівняно з реальною повільною зміною температури зовнішнього середовища; стандартна тривалість

фіксованого скану в сучасних ПЛК – не більше 20 мсек; відповідно, якщо кінцеву різницю температури обчислювати навіть за три скаии – вона складає всього-навсього 0.06 градусу, що є в межах чутливості сенсора; і сенсор не зафіксує цю зміну температури; хоча для самого ПЛК різниця 0.06 цілком достатня для обчислення похідної). Комбінована САР з компенсацією на вхід регулятора не рекомендується для промислового застосування.

3. Компенсація зовнішнього збурення на вихід регулятора є неефективною, так як такий компенсатор є інтегро-диференціальною ланкою, тобто має в своєму складі реальний диференціатор (паралельне з'єднання реального диференціатора і аперіодичної ланки). Причини неефективності застосування реального диференціатора такі ж, як і в п.2. Комбінована САР з компенсацією зовнішнього збурення на вихід регулятора не рекомендується для промислового застосування.

4. Компенсація внутрішнього збурення на вихід регулятора є ефективною, так як такий компенсатор не містить реального диференціатора, а містить тільки, як правило, аперіодичну ланку, яка легко може бути реалізована в ПЛК. Комбінована САР з компенсацією внутрішнього збурення на вихід регулятора може бути рекомендована для промислового застосування.

5. Компенсатори в комбінованій САР можуть бути реалізовані як реальні ЦД (тобто як «ідеальні» моделі, керовані вимірюваннями), а не просто у вигляді реального диференціатора або інтегро-диференціальної ланки. Але такі ЦД мають ті ж самі недоліки, що і «прості» компенсатори. Комбінована САР з ЦД як компенсатором зовнішніх збурень не може бути рекомендована для промислового застосування, так як має в своєму складі (крім прямого ЦД каналу ОУ «зовнішнє збурення – регульований параметр») обернений ЦД каналу ОУ «регульовальна дія – регульований параметр» (фактично, обернену передатну функцію ОУ, тобто, фактично, інтегро-диференціальну ланку, як і стандартний компенсатор). Комбінована САР з ЦД як компенсатором внутрішніх збурень може бути рекомендована для промислового застосування, так як має в своєму складі тільки прямий ЦД (пряму передатну функцію) каналу ОУ «внутрішнє збурення – регульований параметр» (тобто, не містить реальної диференціальної або інтегро-диференціальної ланки).

6. Основним збуренням в комбінованій САР, яке треба компенсувати, є зовнішнє збурення, для якого компенсація компенсатором або ЦД, як вказано вище, взагалі неефективна. Внутрішнє збурення в комбінованій САР не є основним збуренням, яке потрібно компенсувати компенсатором (або ЦД) в комбінованій САР; і ефективною є тільки компенсація внутрішнього збурення компенсатором (або ЦД) на вихід регулятора. В той же час, внутрішнє збурення завжди ефективно компенсується стабілізуючим регулятором в каскадній САР (двоконтурній САР з додатковим інформаційним зв'язком з вимірною проміжною точкою ОУ); і така компенсація завжди ефективніша за компенсацію компенсатором (або ЦД) в комбінованій САР. Таким чином, комбінована САР з компенсатором (або ЦД) або взагалі неефективна для зовнішнього збурення, або завжди менш ефективна, ніж каскадна САР, для внутрішнього збурення. Загальний висновок щодо застосування комбінованих САР – комбінована САР не може бути рекомендована для промислового застосування.

7. Система зв'язаного регулювання є реалізацією комбінованої САР, тому має всі недоліки комбінованої САР і, відповідно, не може бути рекомендована для промислового застосування. перехресні зв'язки в ОУ мають бути ліквідовані технологічним рішенням, а не за рахунок компенсації взаємних збурень. Приклад такого рішення – стабілізація тиску в колекторі, що спричинює ліквідацію перехресних зв'язків в нитках і дозволяє реалізувати замість системи зв'язаного регулювання автономні САР в кожній нитці.

#### **Перелік посилань:**

1. Батюк С.Г. Імітаційне моделювання і цифровий твінінг енергетичних кіберфізичних систем (кібер-енергетичних систем) // Досягнення України та країн ЄС у сфері інновацій і винахідництва в галузі техніки : колективна монографія. С. 44-109. Рига, Латвія : Izdevnieciba "Baltija Publishing", 2022. 544 с. 65 с.

<sup>1</sup> Бакалаврант 4 курсу Черниш В.О.

<sup>1</sup> Доц., к.т.н. Бунь В.П.

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ОСОБЛИВОСТІ АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ СКЛАДСЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ

Наявний підхід до стандартів контролю роботи складських приміщень не відповідає вимогам часу і розвитку технологій. Провівши аналітику серед постачальників послуг складської логістики я прийшов до висновку, що більшість приміщень обладнана виключно установками охолодження та вентиляції.

Нині дедалі більшого розвитку набувають логістичні системи як мікро-, так і макрорівня. Ці системи містять у собі різні процеси, одним з яких є зберігання товарів на складі [1]. Правильна організація цього процесу дає змогу повною мірою зберегти споживчі якості товару, а також скоротити витрати на його зберігання. Запропоновані мною методи контролю допомагають оптимізувати витрати на утримання складських приміщень, дають змогу проводити глибокий аналіз показників ефективності роботи устаткування та людського ресурсу, дають можливість скоротити час прийняття рішень.

Оптимальна температура для товарів різної природи неоднакова. Так, для вин вона має бути в межах 10-12 °С, для сиру від 0 до 8 °С, для картоплі від 2,5 до 4 °С. Температура зберігання має бути постійною без різких перепадів, за яких може відбуватися конденсація вологи на продуктах і, як наслідок, їхнє пліснявіння.

Вологість повітря має великий вплив на вологість продукту під час зберігання. За високої вологості прискорюються біохімічні та хімічні процеси, розвиваються мікроорганізми. Для збереження таких гігроскопічних продуктів, як цукор, борошно, кондитерські вироби, потрібно підтримувати оптимальну відносну вологість на рівні 60-75%. За відносної вологості повітря 85-95 % можуть добре зберігатися свіжі плоди, овочі, м'ясо, сири.

Склад повітря впливає на збереження продуктів. Вуглекислий газ згубно діє на мікроорганізми, не підтримує процеси окислення, кисень же є сильним окислювачем. Змінюючи склад повітря, можна подовжити терміни зберігання окремих товарів. На якість товарів під час зберігання впливає чистота повітря, вміст сторонніх запахів. Вентиляція повітря необхідна для видалення зайвих водяних парів і газів.

Окрім наявної системи вентиляції і охолодження складу, додатковою модернізацією є встановлення датчиків руку для перемикання світла. В умовах постійної нестачі електроенергії в українській мережі це є найзатребуваніша модернізація сьогодення.

Наступним методом модернізації є встановлення герконових датчиків на кожні двері на складі. Цей елемент допоможе відстежувати можливі причини втрати температури в приміщенні. Схема елементів датчику показана на рис. 1.

Всі кінцеві елементи системи побудовані на уніфікованій платформі та керуються за допомогою мікроконтролера Raspberry Pi [2] та модулю передачі сигналу LoRa. Локальний збір даних виконується за допомогою шлюзів зв'язку та об'єднуються в мережу для подальшого обміну сигналом. Наступним кроком сервер обробляє отримані дані та зберігає їх. За допомогою веб-серверу є можливість виводити інформацію в режимі реального часу [3]. Схема мережі представлена на рисунку 2. Сервери та візуалізації для таких систем можуть знаходитись у віддалених локаціях. Це забезпечить доступ та збереження інформації навіть за відсутності електроенергії.

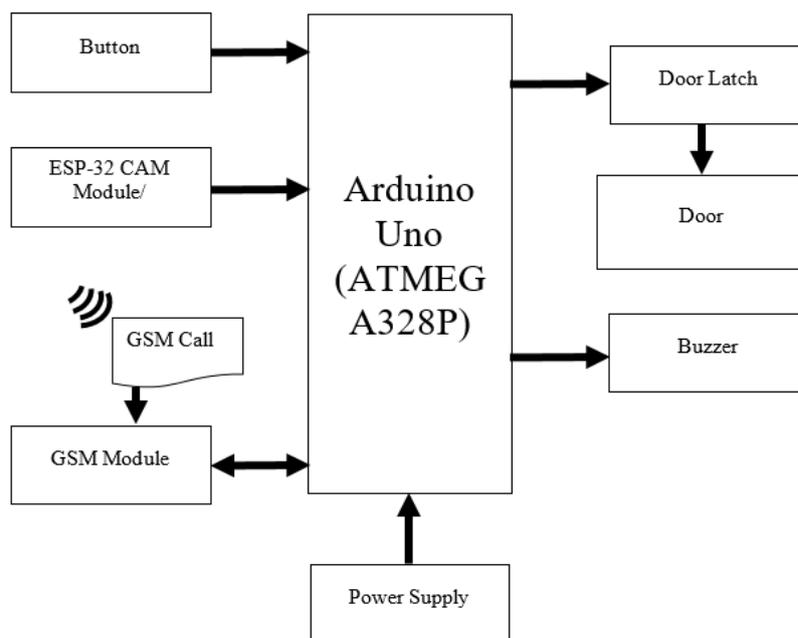


Рисунок 1 – Схема елементів датчику положення дверей

Проблему живлення було вирішено шляхом використання елементів зі складу літій тіонілхлориду [4]. У порівнянні з іншими видами - мають більший діапазон робочих температур та термін служби. Однак серед недоліків слід зазначити відсутність можливості повторного заряджання акумулятору.

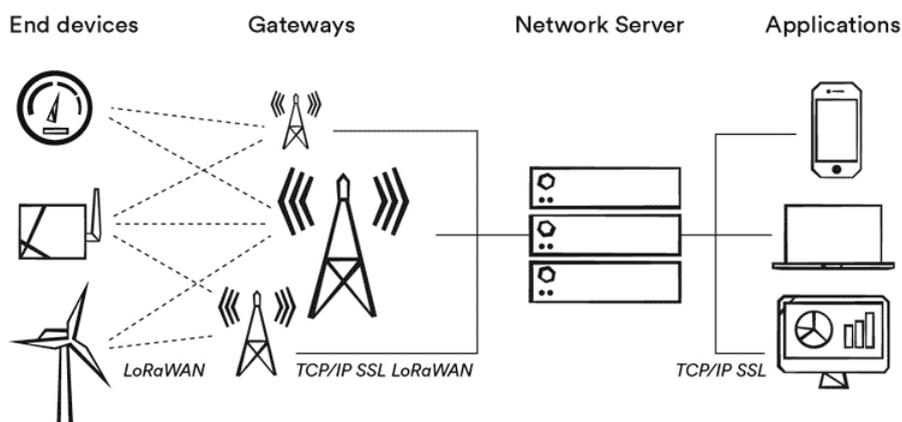


Рисунок 2 – Схема організації мережі LoRaWAN

**Висновок.** Даний підхід є оптимальним рішенням для покращення вже наявних складських приміщень низького класу і шаблоном для модернізації контролю будь яких параметрів логістики. Впровадження рішень автоматичного контролю перебігу подій і процесів, а в подальшому і саморегулювання, у всіх сферах діяльності людини є невід’ємною складовою четвертої промислової революції.

**Перелік посилань:**

1. Анна Кхалетська. Класи складських приміщень: характеристики й відмінності. URL: <https://wareteka.com.ua/uk/blog/klasy-skladiv/#title3>
2. Shadi Nashwan. Anonymous access authentication scheme for wireless sensor networks in big data environment URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110866520301092>
3. LoRaWAN Network Server. URL: <https://www.actility.com/lorawan-network-server/>
4. URL: <https://www.farnell.com/datasheets/2946795.pdf>.

<sup>1</sup> Бакалаврант 4 курсу Юдін О.С.

<sup>1</sup> Ст.викл. Штіфзон О.Й.

<https://scholar.google.com/citations?user=WB12UuMAAAAJ&hl=ru&authuser=1>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ЗАСТОСУВАННЯ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ДЛЯ ПОЛІПШЕННЯ ПРЕВЕНТИВНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

Останнім часом все більш актуальними є проблеми, пов'язані з ускладненням технологічних об'єктів управління, технологічних процесів та устаткування, що спричинено розвитком технологій та їх імплементацією в системах автоматичного керування. Крім того, паралельне нарощування обсягів виробництва висуває додаткові жорсткі часові та якісні вимоги до їх ефективності. Особливо це відчувається в роботі критичних підприємств, зупинка яких може спричинити великі збитки, або взагалі зробити неможливою подальшу експлуатацію. І одним з найважливіших аспектів забезпечення нормального функціонування є своєчасне обслуговування устаткування та обладнання.

На поточний момент більшість галузей традиційно покладаються на планове (превентивне) обслуговування, що є методом, успадкованим від реактивного. Основна відмінність моделей обслуговування – час реагування:

- Реактивне – безпосередня реакція на вихід з ладу
- Превентивне – регулярне обслуговування обладнання
- Предиктивне – обслуговування на основі поточного стану обладнання

Проблеми імплементації превентивного обслуговування полягають у великих затратах на підтримання обладнання у належному стані, трудомісткості обслуговування та потребі у більшій кількості кваліфікованого персоналу. Серед недоліків такого підходу також можливе надмірне обслуговування, коли, наприклад, стан обладнання є задовільним для роботи, але воно вже підлягає плановому огляду, чи заміні.

Зараз, серед багатьох компаній з'являється тенденція переходу до предиктивного обслуговування, зокрема з використанням машинного навчання, проте, постає питання високої складності та ціни впровадження таких систем, як з точки зору їх створення та налагодження, так і з точки зору необхідності високої кваліфікації персоналу, що відповідає за прийняття висновків та безпосереднє обслуговування.

Одним із перспективних шляхів вирішення даної проблеми є використання методів формування рішень та, зокрема, впровадження систем підтримки прийняття рішень у виробництві, на основі нечіткої логіки, як проміжного етапу між превентивним та повноцінним предиктивним обслуговуванням. Цей математичний апарат оперує не тільки ствердними, чи негативними значеннями, як це властиво превентивним методикам, а і діапазоном зі значень [1]:

- Ні
- Мало імовірно (або скоріше ні)
- Імовірно (або скоріше так)
- Так.

Найпростіший приклад роботи такої системи, наведений на рисунку 1, показує можливість подовження строку використання обладнання без завдання шкоди технологічному процесу.

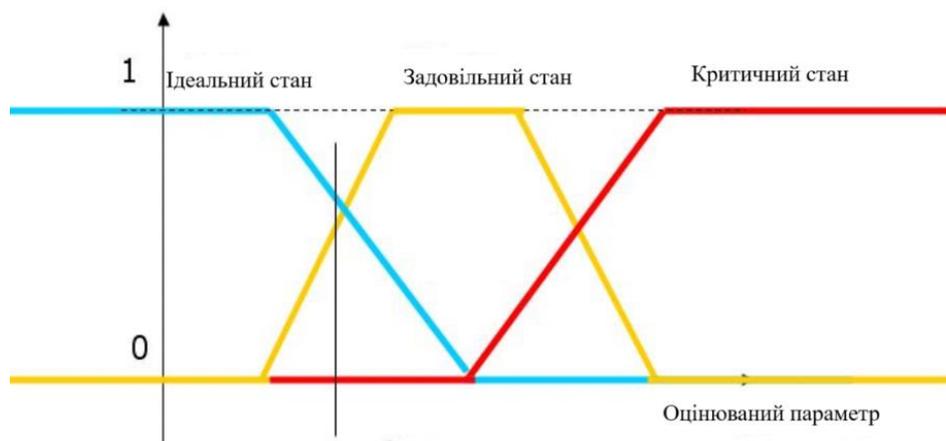


Рисунок 1 – візуалізація нечіткого стану параметру об’єкту спостереження

Принцип дії такої системи базується на отриманні даних про поточний стан обладнання від датчиків, перетворення точних даних у нечіткі, подальше їх опрацювання із застосуванням впроваджених алгоритмів, з використанням додаткових даних системи (перелік правил, виключень, особливих ситуацій) [2], та перетворення на чіткі дані, що і мають сформулювати висновок. Алгоритм роботи даної системи описаний на рисунку 2.

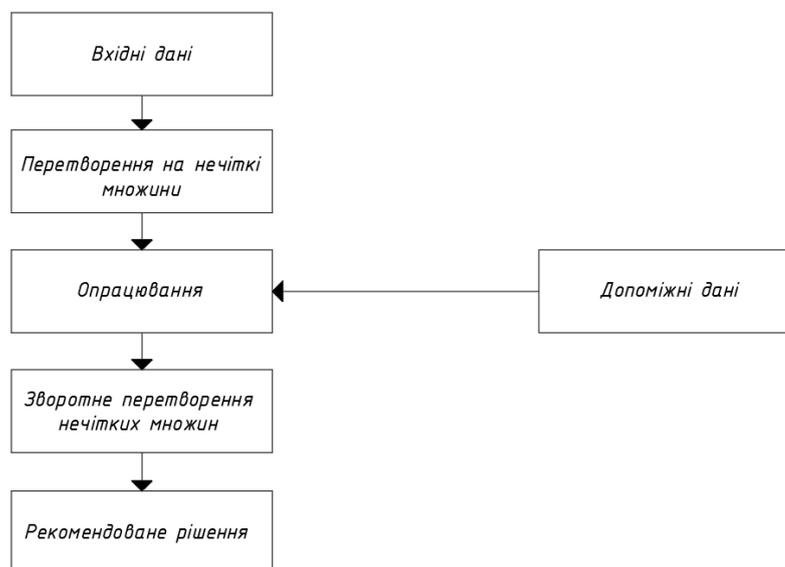


Рисунок 2 – Структура системи прийняття рішень на нечіткій логіці

Застосування запропонованого підходу може значно здешевити обслуговування промислового обладнання та зробити більш прогнозованим стан устаткування, паралельно збільшивши термін його експлуатації, що дозволить звільнити та перерозподілити певний відсоток ресурсів підприємства на інші потреби.

**Перелік посилань:**

1. L. A. Zadeh. Fuzzy sets. Information and Control. Volume 8, Issue 3, June 1965, Pages 338-353. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X)
2. Hafsi Meriem, Hamour Nora, Ouchani Samir. Predictive Maintenance for Smart Industrial Systems: A Roadmap. Procedia Computer Science. Volume 220, 2023, Pages 645-650. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.03.082>

## УДК 681.5

<sup>1</sup> Бакалаврант 4 курсу Юрченко В.О.

<sup>1</sup> Асист. Захарченко А.С.

<https://scholar.google.com/citations?user=RpOI6DoAAAAJ&hl=uk>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

### МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ СИСТЕМИ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ ДЛЯ РОЗРОБКИ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДУ

**Постановка проблеми та її актуальність.** У сучасному освітньому середовищі актуальність розробки програмного забезпечення для дистанційного навчання не втрачає своєї актуальності протягом тривалого часу. Часто постає важливе питання забезпечення студентів доступом до лабораторних стендів в умовах віддаленого навчання, що не лише сприятиме широкому використанню технологій у процесі навчання, але й надасть можливість студентам ефективно вивчати і практикувати навички, навіть знаходячись вдалеку від університетських приміщень.

Створивши віртуальний тренажер на основі системи гарячого водопостачання (ГВП), студенти зможуть працювати із лабораторними стендами, що симулюють роботу реальних об'єктів та пристроїв гарячого водопостачання. Такий підхід надасть можливість вивчати та вдосконалювати свої навички в галузі інженерії, автоматизації, налагодження та експлуатації систем автоматизації ГВП, навіть в умовах дистанційного навчання.

**Основна частина.** Система ГВП - це комплексна інфраструктура, що включає в себе системи нагрівання води, теплообмінники, трубопровідні мережі, а також регулюючі та безпекові пристрої (рис.1).

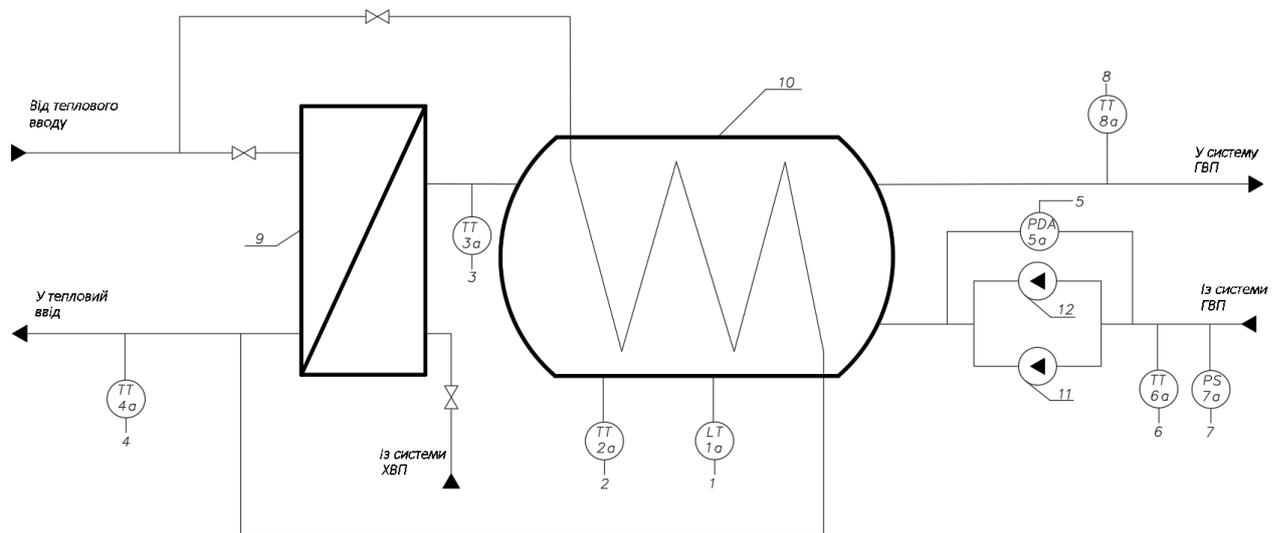


Рисунок 1 – Схема ГВП з баком акумулятором :

1 – датчик рівня води; 2 – датчик температури води у баці акумуляторі; 3 – датчик температури води з теплообмінника; 4 – датчик температури води до теплового вводу; 5 – сигналізуючий датчик перепаду тиску; 6 – датчик температури води із системи ГВП; 7 – датчик тиску із системи ГВП; 8 – датчик температури води у систему ГВП; 9 – теплообмінник; 10 – бак акумулятор; 11, 12 – група насосів

Динамічна модель теплообмінника представляє собою систему диференціальних рівнянь для опису процесів, що протікають в об'єкті. Опишемо метод розробки динамічної

моделі теплообмінника [1].

Модель призначена для двотрубного теплообмінника, який має здатність протікати в прямоточній або протитечійній конфігураціях та передбачає постійні властивості рідини та ідеальну теплопередачу через метал труби. Температура рідини на виході з теплообмінника контролюється датчиком температури, а швидкість потоку рідини змінюється за допомогою керуючого вентиля. В загальному рівняння енергетичного балансу має вигляд:

$$\text{Акумуляція теплової енергії} = \text{Енергія, що надійшла} - \text{Енергія, що передається} \quad (1)$$

В отриманій систему рівнянь, що складатиметься з рівнянь (1) крайні ліві члени енергетичного балансу є приростом теплової енергії, для кожної з рідин. Елементи в правій частині наведеного вище енергетичного балансу описують приріст теплової енергії за рахунок теплоти рідин, що втікає та витікає з теплообмінника, а також кількість тепла, що передається рідинами через оболонку теплообмінника. Таким чином поведінку теплообмінника можна описати наступною системою рівнянь [1,2]:

$$\begin{cases} c_{p1}\rho_1 V_1 \frac{dT_{1Avg}}{dt} = c_{p1}\rho_1 F_1 (T_{1in} - T_{1out}) - UA(T_{1Avg} - T_{2Avg}) \\ c_{p2}\rho_2 V_2 \frac{dT_{2Avg}}{dt} = c_{p2}\rho_2 F_2 (T_{2in} - T_{2out}) + UA(T_{1Avg} - T_{2Avg}) \end{cases} \quad (2)$$

де  $T_{1Avg} = \frac{T_{1in} + T_{1out}}{2}$  – середня температура гарячого теплоносія від теплового вводу, К;  $T_{2Avg} = \frac{T_{2in} + T_{2out}}{2}$  – середня температура холодного теплоносія з системи холодного водопостачання, К;  $c_{p1}$ ,  $c_{p2}$  – питома теплоємність, Дж/(кг·К);  $F_1$ ,  $F_2$  – об'ємні витрати рідин, м<sup>3</sup>/с;  $V_1$ ,  $V_2$  – об'єми рідин в теплообміннику, м<sup>3</sup>;  $\rho_1$ ,  $\rho_2$  – густина рідин, кг/м<sup>3</sup>;  $A$  – площа теплообміну, м<sup>2</sup>;  $U$  – загальний коефіцієнт теплопередачі, Дж/(с·м<sup>2</sup>·К);  $t$  – час, с.

Як модель регулюючих вентилів для системи ГВП в спрощеному вигляді можна обрати інтегровальну ланку першого порядку, постійна часу якого буде залежати від часу повного ходу. Датчики, встановлені в системі, можуть бути представлені ланками з запізненням, часові коефіцієнти яких також можна отримати з технічної документації відповідних пристроїв. Застосування таких спрощених моделей доречно для зменшення розрахунків та потреби в обчислювальній потужності для кінцевих моделей системи [3].

**Висновки.** У даній роботі була представлена модель тренажеру на основі системи ГВП, та його важливість для дистанційного навчання у сучасному освітньому середовищі. Розроблений віртуальний тренажер на основі моделі теплообмінника для системи гарячого водопостачання надає студентам можливість отримати практичні навички з моделювання та експлуатації таких систем, навіть не перебуваючи в університетських лабораторіях.

Реалізація моделі відтворює реальні процеси, що відбуваються в теплообміннику, і дозволяє студентам ефективно вивчати та закріплювати теоретичний матеріал. Застосування спрощених моделей регулюючих вентилів та датчиків допомагає зменшити складність розрахунків і оптимізує використання обчислювальних ресурсів.

#### **Перелік посилань:**

1. Woolf, P. et al. University of Michigan. ODE and Excel model of a Heat Exchanger. URL: <https://archive.org/details/ChemicalProcessDynamicsAndControls/page/n923/mode/2up> (Дата звернення: 06.03.2024).

2. Laszczyk, P. Simplified modeling of liquid-liquid heat exchangers for use in control systems. Applied Thermal Engineering, 2017, vol. 119, pp. 140–155. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2017.03.033> (Дата звернення: 09.03.2024).

3. Padhee, S. Controller Design for Temperature Control of Heat Exchanger System: Simulation Studies. WSEAS Transactions on Systems and Control, 2014, vol. 9, pp. 485–491. URL: [https://www.researchgate.net/publication/279861699\\_Controller\\_Design\\_for\\_Temperature\\_Control\\_of\\_Heat\\_Exchanger\\_System\\_Simulation\\_Studies](https://www.researchgate.net/publication/279861699_Controller_Design_for_Temperature_Control_of_Heat_Exchanger_System_Simulation_Studies) (Дата звернення: 10.03.2024).

СЕКЦІЯ №8

**Аспекти розвитку  
інженерії програмного  
забезпечення в  
енергетиці**

<sup>1</sup> MS's programme 1st year Lytvynov O.R.

<sup>1</sup> Assoc.prof., doc.eng.sc. Nedashkivskiy O.L.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=qT72SMYAAAAJ&hl=en>

<sup>1</sup> Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

## **INFORMATION STORAGE FOR THE DEPARTMENT: OPTIMIZATION AND RELIABILITY OF THE DEPARTMENT'S INFORMATION STORAGE THROUGH THE INTRODUCTION OF LONG-TERM BAC**

**Statement of the problem and its relevance.** The modern educational environment requires academic institutions not only to accumulate, but also to manage large amounts of data efficiently and securely. One of the key requirements for modern information systems is to ensure their reliability and readiness for rapid recovery from possible failures.

**Analysis of the latest research.** In the process of creating an information repository for the department, special attention is paid to the development of long-term backup mechanisms that will ensure not only the preservation of important data, but also increase the speed of access and processing of information. The implementation of such a system will maximally increase the efficiency of the department's use of information resources and contribute to the productivity of educational and scientific processes.

**Goal formulation.** In the context of creating an information repository for the department, special attention is paid to the development of long-term backup mechanisms that can not only ensure the safety of important data, but also increase the speed of access to information and its processing. Implementation of such systems allows to maximize the efficiency of the department's information resources, contributing to the productivity of teaching and research processes.

**Main part.** Integration of solutions for data archiving directly into the PostgreSQL database, as well as the use of extensions from the Django library, opens up new opportunities to improve the reliability and efficiency of the department's information system [1]. Such tools provide flexibility and automation in the processes of data backup and recovery, in particular:

Using the built-in archiving tools PostgreSQL offers powerful data backup and archiving tools, including Point-In-Time Recovery (PITR) and logical backup [2]. These tools allow you to perform full or incremental backups, ensuring reliable storage of critical data and its quick recovery in the event of a failure.

Using open source tools for PostgreSQL backup such as pgBackRest, Barman or WAL-g allows you to implement a variety of backup strategies, including incremental and differential backups, streaming backups to cloud storage, which increases the flexibility and reliability of data storage [3].

Features of django-dbbbackup for Django projects is a convenient tool for backing up databases and media files in Django applications [4]. This library allows you to easily set up automatic backups, store them in secure storages (for example, on AWS S3 accounts, Google Cloud Storage, or in a file system), and restore data from backups when needed.

The use of the above-mentioned tools allows you to automate backup and recovery processes, minimizing manual intervention and reducing the risk of data loss. This makes it possible to plan backups according to the specific needs of the department and ensure their reliable storage.

Integration of backup and archiving systems into the department's information environment helps to ensure a high level of data integrity, security, and availability. This is especially important for academic institutions, where the preservation and reliable management of scientific, educational, and administrative information is key.

Automated data backup and recovery reduces system downtime and increases the

efficiency of the department's internal processes, ensuring uninterrupted access to information and its quick recovery in case of unforeseen circumstances.

**Conclusions.** The use of these tools and techniques in the department's information repository significantly increases the level of data security, integrity, and availability, contributing to the creation of a reliable and efficient information environment.

**References:**

1. Obe R. O., Hsu L. S. PostgreSQL: Up and Running: A Practical Guide to the Advanced Open Source Database. O'Reilly Media, 2017. 314 p.
2. Fontaine D. Mastering PostgreSQL in Application Development, Lulu Press, Inc., 2017.
3. Riggs S., Ciolli G., Bartolini G. PostgreSQL Administration Cookbook, 9.5/9.6 Edition. Packt Publishing - ebooks Account, 2017. 556 p.
4. Alchin M. Pro Django. Berkeley, CA : Apress, 2013. URL: <https://doi.org/10.1007/978-1-4302-5810-0>.

## UDC 004.04

<sup>1</sup> MS's programme 1st year Yarynych V.P.

<sup>1</sup> Assoc.prof., cand.econ.sc. Husyeva I.I.

[https://scholar.google.com/citations?hl=uk&user=y5Zdo\\_YAAAAJ](https://scholar.google.com/citations?hl=uk&user=y5Zdo_YAAAAJ)

<sup>1</sup> Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

### VEHICLE TECHNICAL CONDITION MONITORING SOFTWARE APPLICATION

Vehicle maintenance (VM) is a series of regular procedures that involve inspection, diagnostics, and potential repair work necessary to ensure the safety, reliability, and efficiency of the vehicle's operation [1].

Vehicle maintenance may include the following types of work:

- Oil and filter replacement;
- Inspection and adjustment of the ignition system;
- Inspection and replacement of brake fluid;
- Checking the condition of the car's electronics;
- Checking exhaust gas levels;
- Other technical procedures aimed at maintaining optimal vehicle performance.

In the modern world, cars are becoming increasingly complex and require constant attention to ensure their safety and reliability. In many countries, especially in Europe, mandatory vehicle maintenance is enforced at a legal level, conducted at specified intervals established by law. However, these requirements may vary between countries and also depend on the type of vehicle [2].

Table 1 – Different Maintenance Intervals for Some European Countries

Country	Periodicity of maintenance for a passenger car	Periodicity of maintenance for a commercial vehicle
Sweden	Every 2 years	Every 2 years
Poland	Every year	Every year
France	Every 2 years (first 4 years of operation) and annually thereafter	Every year
Ukraine	Undefined	Every year

This diversity gives rise to numerous problems, as many car owners do not always have the ability to track the correct maintenance schedule [3]. It is even more difficult to do so when moving to another country. Also, it is worth noting that information about maintenance and its periodicity for different types of vehicles, or vehicles with different weights or functions, may vary, as shown in Table 1.

This is especially relevant for countries where such requirements are not mandatory, for example, in Ukraine, there are no provisions for mandatory inspections for passenger cars, [4] and when moving to another European country, this change in legislation may come as an unpleasant surprise. In addition, untimely maintenance can lead to car malfunctions, which in turn endanger road safety and may increase repair costs.

A great solution to these issues is to create a mobile application for monitoring the technical condition of a car, providing drivers with a convenient and efficient tool for tracking the periodic maintenance of their vehicles, thus ensuring their safety and reliability.

In addition to its primary functionality of reminding users of the need for scheduled

maintenance, the application can also gather specific information about the car's technical condition in real-time. This capability will allow drivers to quickly assess any changes, including:

- Tracking parameters of the car's technical condition, such as fuel level, oil level, etc; [5]
- Obtaining error code deciphering: what they are related to and their impact;
- Checking the functionality of the car's systems: steering, brakes, air conditioning, exhaust system, etc.

Based on the data collected from the car, a dataset of the car's condition will be formed, and recommendations for the driver to improve the vehicle's condition or maintain it in good condition will be generated through analysis. For this purpose, a machine learning model will be created, trained on existing data about the car as a whole and its individual components, allowing predictions of necessary preventative maintenance or malfunctions based on the collected data. If a serious malfunction or problem is detected, a notification for unscheduled maintenance will be displayed.

Additionally, the application will have the ability to keep a history of car servicing and repairs, allowing users to track all procedures performed and their corresponding results [6]. Furthermore, an important passive function of such an application would be the ability to adapt to the requirements of different countries' markets regarding car maintenance.

In addition to the practical application for drivers, the application will have functionality that will be useful for maintenance personnel. Since all information about work on the car will be stored, the specialist conducting the inspection will be able to obtain detailed and accurate information about the vehicle's condition, prioritize inspections of various car systems, and generate a report on the work performed.

In summary, the application aims to simplify the process of monitoring technical maintenance, provide users with necessary information about the car's condition and recommendations for keeping the vehicle in good shape, and remind users about regular maintenance. An important feature of the application is the ability to maintain a servicing history, allowing car owners to track performed work on their vehicles and its results. The development of this application is a step towards improving the management of vehicle technical condition, which will contribute to increased road safety, reduced accident risks, and extended vehicle lifespan.

#### **References:**

1. Vehicle Maintenance. URL: <https://www.energy.gov/energysaver/vehicle-maintenance>. (date of access: 11.03.2024).
2. European Vehicle Maintenance. URL: <https://autohaussocial.com/regular-european-auto-service/> (date of access: 11.03.2024).
3. Gritsuk, Igor & Volodarets, Mykyta & Khudiakov, I. & Pogorletsky, D.. (2018). Information system of monitoring the condition of vehicles under its conditions: a general approach to the formation of a morphological matrix. 32. 113-121. 10.32703/2617-9040-2018-32-2-113-121.
4. Vehicle inspection in Ukraine. Auto portal avtodream.org. URL: <https://avtodream.org/vsi-novini/avtosvit/52677-u-2023-roci-v-ukrajinu-povertayetsja-obovjazkovij-tehogljad-avtomobiliv.html> (date of access: 11.03.2024).
5. OBD2 Explained. URL: <https://www.csselectronics.com/pages/obd2-explained-simple-intro> (date of access: 11.03.2024).
6. The Importance of New and Used Car Service History. URL: <https://www.uk-car-discount.co.uk/jargon/the-importance-of-new-used-car-service-history> (date of access: 11.03.2024).

<sup>1</sup> Магістрант 1 курсу Антонюк А.О.

<sup>1</sup> Доц., д.т.н. Мусієнко А.П.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=EvdJcxsAAAAJ&hl=uk&oi=sra>  
<https://scholar.google.com.ua/citations?user=EvdJcxsAAAAJ&hl=uk&oi=sra>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ОГЛЯД МЕТОДІВ ІДЕНТИФІКАЦІЇ МОРСЬКИХ ОБ'ЄКТІВ НА ОСНОВІ СИГНАЛІВ МОРСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА

**Постановка проблеми та її актуальність.** Морське середовище відрізняється величезною динамічністю та складністю, що ставить перед дослідниками та спеціалістами у цій галузі складне завдання ідентифікації різноманітних об'єктів, які перебувають у водах світового океану. Ці об'єкти можуть включати підводні човни, кораблі, буї, морські ссавці, а також багато інших об'єктів, які мають важливе значення для морської безпеки, наукових досліджень, навігації та екології.

Актуальність ідентифікації морських об'єктів полягає в необхідності підвищення точності та ефективності процесів розпізнавання та класифікації в умовах, коли традиційні методи можуть бути недостатньо ефективними через велику кількість інформації та її складність.[1] Одним із можливих рішень цієї проблеми є розробка автоматизованої системи ідентифікації морських об'єктів. Проте вже існують певні способи рішення цієї задачі, і є досить корисним огляд вже існуючих методів.

**Аналіз останніх досліджень.** Для прикладу такого подання матеріалу розглянемо метод Баєсового виведення для морського спостереження, що використовує історичні дані [1], та метод ідентифікації об'єктів на основі онтології і прецедентів [2].

**Формулювання мети.** Дослідити які вже існують підходи до вирішення проблем, та розглянути декілька з них.

**Основна частина.** Розглянемо метод Баєсового виведення для морського спостереження, що використовує історичні дані:

Для отримання більш детальної інформації про об'єкти дорожнього руху в режимі реального часу розробляються та оснащуються такі потужні технології, як датчики, радары та системи супутникового моніторингу. Незважаючи на технологічний прогрес, складне середовище та вибухи даних можуть призвести до труднощів управління. Наприклад, багато цілей невибірково обстежуються радаром, і часто збираються неправдиві дані. Проблема ручного нагляду ускладнюється в завантажених водах, таких як річка Янцзи, де в години пік проходять 20 000 суден. Як наслідок, вручну перевіряти кожен радіолокаційний об'єкт недоцільно. Для ідентифікації об'єктів можна використовувати імовірнісний підхід, заснований на історичних даних [3]. У цій роботі пропонується новий метод, який використовує доказові міркування для побудови кореляцій між атрибутами рухомих об'єктів і шаблонами без необхідності розподілу шаблонів. У порівнянні зі звичайним байєсівським висновком доказове міркування дозволяє аналізувати дані та розглядати кілька доказів. Метод використовує дедукцію на основі ймовірності та поєднує докази для розрахунку ймовірності різних цілей. Експериментальні дані з річки Янцзи показують, що метод ефективний для морського спостереження. [1]

Розглянемо метод ідентифікації об'єктів на основі онтології і прецедентів:

Робота була побудована система CBR. CBR (Case-Based Reasoning) — це система, яка вимірює на основі випадків і покладається на накопичений досвід для вирішення проблем або прийняття рішень. Основна ідея полягає в тому, щоб використовувати раніше вирішені подібні проблеми для вирішення поточних. Система складається з кількох

ключових компонентів. По-перше, створюється база даних випадків, яка зберігає інформацію про раніше вирішені проблеми. Кожен випадок містить опис проблеми, рішення та контекст, у якому це рішення було використано. Потім механізм виявлення подібності шукає в базі даних інцидентів схожі випадки. Використовуються такі методи, як відстань Хеммінга, косинус подібності та алгоритм найближчого сусіда. Таким чином за вхідними параметрами, що були виділені з вхідного сигналу данна система могла ідентифікувати морські об'єкти [2].

Основна різниця між цими двома методами полягає у використанні та обробці даних: Баєсовий підхід зосереджений на імовірнісному аналізі та моделях, заснованих на історичних даних, тоді як CBR зосереджений на використанні конкретних раніше вирішених випадків для пошуку рішень або ідентифікації об'єктів у нових ситуаціях.

**Висновки.** Сучасний стан ідентифікації морських об'єктів вимагає застосування складних технологій та методів аналізу, заснованих на обробці великих обсягів даних та їх складності. Були розглянуті різні методи, а саме Баєсове виведення та CBR (Case-Based Reasoning), обидва підходи демонструють значний потенціал у поліпшенні точності та ефективності процесів ідентифікації морських об'єктів. Використання історичних даних та доказових міркувань у методі Баєсового виведення, або залучення накопиченого досвіду через систему CBR, дозволяють підвищити точність розпізнавання об'єктів у складних умовах морського середовища.

**Перелік посилань:**

1. A Generalised Bayesian Inference Method for Maritime Surveillance Using Historical Data. URL: <https://www.mdpi.com/2073-8994/11/2/188> (дата звернення 14.03.2024)
2. Програмний застосунок ідентифікації морських об'єктів на основі онтології і прецедентів. URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/87c5a436-fe4b-44b8-b45c-753d7560a228/content> (дата звернення 14.03.2024).
3. Tayel, Mazhar & Sabry, Mahmoud. (2022). A Detection and Identification Method for Airtarget Acoustic Signal Characterization. URL: [https://www.researchgate.net/publication/359458438\\_A\\_Detection\\_and\\_Identification\\_Method\\_for\\_Airtarget\\_Acoustic\\_Signal\\_Characterization](https://www.researchgate.net/publication/359458438_A_Detection_and_Identification_Method_for_Airtarget_Acoustic_Signal_Characterization)

<sup>1</sup> Магістрант 1 курсу Білий В.В.

<sup>1</sup> Проф., д.т.н. Гаврилко Є.В.

[https://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&user=3Gfi\\_AwAAAAJ](https://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&user=3Gfi_AwAAAAJ)

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## АНАЛІЗ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ПРОСТОРОВОГО РОЗПОДІЛУ РАДІАЦІЙНИХ ДАНИХ ВІД СЕНСОРІВ ІОТ

**Постановка проблеми та її актуальність.** У сучасному світі безпека та контроль радіаційних процесів є критично важливими завданнями, особливо в атомній енергетиці та інших галузях, де існує потенційна загроза випромінювання. З урахуванням поширення сенсорів Інтернету речей (ІоТ) в сучасних технологіях, збір та аналіз радіаційних даних стає більш доступним. Однак ефективне управління цими даними та їх аналіз залишаються актуальними проблемами. Відсутність зручних та ефективних інструментів для збору, аналізу та візуалізації радіаційних даних ускладнює здійснення ефективного контролю над радіаційними процесами. Тому розробка веб-додатку, спрямованого на аналіз та моделювання просторового розподілу радіаційних даних, є актуальною та необхідною.

**Аналіз останніх досліджень.** Останні дослідження в галузі збору та аналізу радіаційних даних фокусуються на використанні сенсорів Інтернету речей (ІоТ) для неперервного моніторингу радіаційних рівнів [1]. Ця тенденція знайшла широкий розповсюдження завдяки розвитку сучасних технологій, які дозволяють збирати дані в реальному часі і аналізувати їх для різних цілей, включаючи безпеку та моніторинг навколишнього середовища.

Сенсори ІоТ можуть бути різних типів, включаючи:

- Географічно розташовані сенсори: ці сенсори розміщені в різних географічних областях і призначені для неперервного моніторингу радіаційних рівнів в конкретних локаціях. Вони можуть бути встановлені на будівлях, мостах, вулицях, а також в окремих географічних областях з великою концентрацією потенційних джерел радіації.

- Мобільні пристрої: Деякі сенсори можуть бути розміщені на мобільних пристроях, таких як смартфони або транспортні засоби. Це дозволяє отримувати дані з різних місць і в різний час, що дозволяє проводити більш широкий моніторинг радіаційних рівнів та виявляти їхні зміни.

Потужність сенсорів ІоТ полягає в їхній здатності надавати реальні дані з великої кількості джерел, а також у можливості безперервного збору і передачі цих даних у реальному часі. Це важливо для швидкого реагування на події, що стосуються радіаційної безпеки, і для забезпечення надійного контролю за радіаційними процесам [2].

**Формулювання мети.** Метою дослідження є розробка веб-додатку для аналізу та моделювання просторового розподілу радіаційних даних від сенсорів ІоТ. Основним завданням є створення ефективної системи збору, аналізу та візуалізації цих даних, яка дозволить користувачам отримувати доступ до актуальної інформації про радіаційні рівні у реальному часі, а також здійснювати прогнозування на їх основі.

**Основна частина.** Для збору даних про радіаційні рівні використовуються різноманітні типи сенсорів Інтернету речей (ІоТ). Ці сенсори можуть бути розміщені як стаціонарно в певних географічних точках, так і на мобільних пристроях [1]. Вони забезпечують неперервний моніторинг радіаційних рівнів, що є важливим для виявлення змін та ризиків у радіаційному середовищі.

Однією з ключових задач є забезпечення надійного зберігання цих даних. Для цього часто використовується база даних PostgreSQL. Ця реляційна база даних відома своєю

надійністю та можливостями геопросторового аналізу, що дозволяє зберігати великі обсяги даних та проводити їх аналіз відповідно до географічних параметрів.

Структура бази даних може бути організована для ефективного зберігання та організації радіаційних даних. Це включає створення таблиць для зберігання значень радіаційних рівнів, географічних координат місць вимірювань, дати та часу вимірювань та іншої важливої інформації.

Окрім того, важливо забезпечити безпеку даних в базі даних. PostgreSQL надає різні механізми безпеки, такі як контроль доступу до даних, шифрування та ідентифікація користувачів, що допомагає захистити конфіденційність та цілісність інформації про радіаційні рівні [3].

Загальна мета збору та зберігання радіаційних даних полягає в створенні надійної та ефективно інфраструктури для аналізу цих даних та прийняття обґрунтованих рішень у сфері безпеки та контролю за радіацією.

Розробка веб-додатку для аналізу та моделювання просторового розподілу радіаційних даних може включати використання бібліотеки React[4]. Ця бібліотека дозволяє зручно побудувати інтерфейс користувача та забезпечити взаємодію з базою даних.

React дозволяє створювати компоненти для відображення графіків, карт, фільтрів та іншого функціоналу, необхідного для користувача. Ці компоненти можуть взаємодіяти з базою даних через API, що дозволяє отримувати та оновлювати дані в реальному часі.

Для ефективної навігації між різними сторінками додатку може використовуватися React Router. Ця бібліотека дозволяє визначити маршрути та відображати відповідні компоненти при переході користувача між ними.

За допомогою React можна легко відображати дані з бази даних у вигляді різних візуалізацій та створювати взаємодійні елементи управління, такі як кнопки та поля введення. Це дозволяє користувачам зручно працювати з даними та проводити аналіз радіаційних даних.

Ключова функція аналізу та візуалізації даних у веб-додатку спрямована на створення можливості для користувачів спостерігати та аналізувати радіаційні дані за допомогою інтерактивних графіків та карт:

- Інтерактивні графіки: графіки будуть використовуватися для відображення різних параметрів радіаційних даних, таких як рівні радіації в залежності від часу або географічної локації. Це може включати лінійні графіки, стовпчасті діаграми, кругові діаграми та інші типи графіків, які дозволять користувачам легко спостерігати за динамікою радіаційних даних.
- Інтерактивні карти: карти будуть використовуватися для відображення географічного розподілу радіаційних даних. Користувачі зможуть взаємодіяти з картами, збільшувати та зменшувати масштаб, переміщатися по карті та переглядати різні шари інформації. Наприклад, можна відображати рівні радіації за допомогою кольорової шкали на карті, що дозволить швидко виявляти області з підвищеними рівнями радіації.
- Порівняння даних за різні періоди часу або локації: функціонал дозволить користувачам порівнювати дані за різні періоди часу або в різних географічних локаціях. Це може бути корисним для виявлення тенденцій та змін у розподілі радіації з часом або в різних областях.
- Моделювання та прогнозування на основі даних: функція моделювання та прогнозування дозволить користувачам отримувати прогнози щодо майбутніх радіаційних розподілів на основі наявних даних. Це може включати використання методів машинного навчання та статистичних моделей для аналізу та прогнозування тенденцій у радіаційних даних.

Вигляд діаграми Use Case:

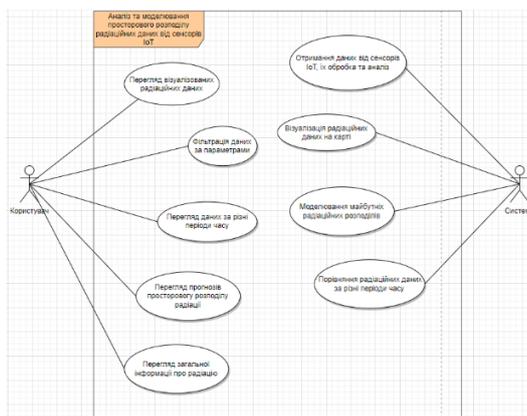


Рисунок 1 – діаграма Use Case

Вигляд діаграми класів:

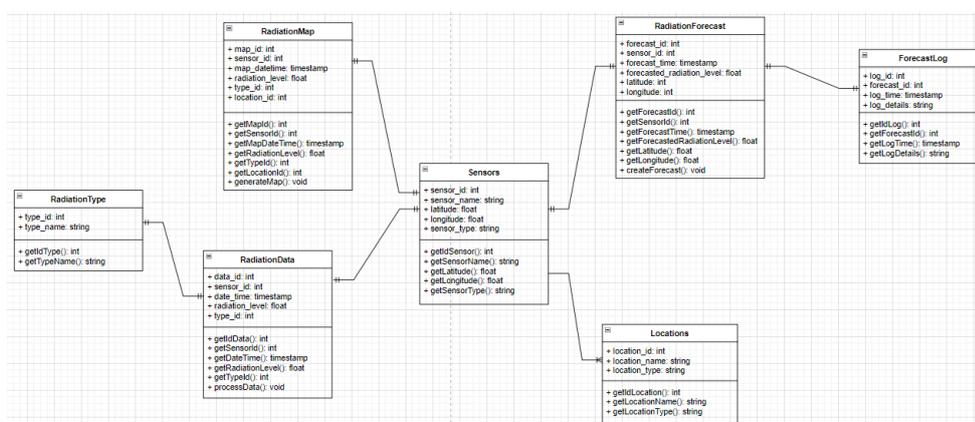


Рисунок 2 – діаграма класів

Таблиця 1 – Ліміти дози сумарного внутрішнього і зовнішнього випромінювання (мЗв/рік)

Ліміт дози	Категорія опромінюваних осіб		
	А**	Б**	В**
Річна ефективна доза	20**	2	1
Річна еквівалентна доза в:			
- Кришталіку ока	150	15	15
- шкірі	500	50	50
- Кистях та стопах	500	50	

**Висновки.** Розробка веб-додатку для аналізу та моделювання просторового розподілу радіаційних даних від сенсорів IoT є важливим кроком у полі підвищення безпеки та контролю за радіаційними процесами. Цей проект має потенціал значно підвищити ефективність управління радіаційною безпекою та допомогти приймати обґрунтовані рішення щодо контролю за радіацією.

**Перелік посилань:**

1. Холландер, С. The IoT Hacker's Handbook: A Practical Guide to Hacking the Internet of Things. No Starch Press, 2019. 296 p.
2. Міністерство охорони здоров'я України. Норми радіаційної безпеки України. Київ, 1997.127 с.
3. Скотт С. PostgreSQL Development Essentials. Packt Publishing, 2016. 228 p.
4. Браун, Д. React Native for Mobile Development. O'Reilly Media, 2017. 342 p

<sup>1</sup> Магістрант 1 курсу Геренштейн П.А.

<sup>1</sup> Доц., к.т.н. Варава І.А.

<https://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&user=nbGdH3wAAAAJ>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДЛЯ CODELESS СТВОРЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ ТЕКСТІВ ДЛЯ ВІКОННИХ ЗАСТОСУНКІВ

**Постановка проблеми та її актуальність.** В сучасних реаліях розробки програмного забезпечення, тестування займає ключову роль, адже саме на етапі тестування перевіряється стабільність та надійність застосунку. З розвитком застосунків, зокрема віконних, мануальне (ручне) тестування без автоматизованих тестів не може забезпечити повноцінне виконання всіх вимог до ефективності та якості виконання тестування програмного забезпечення [1]. Автоматизоване тестування з Codeless або Low-code підходом може допомогти команді тестування створити автоматизовані тести без навичок програмування та істотних витрат часу та ресурсів [2].

**Формулювання мети.** Метою даної роботи є розгляд популярних підходів та інструментів для розробки No-code автоматизованих тестів для веб-застосунків, та їх недоліків

**Аналіз останніх досліджень.** Найбільш поширеним підходом для написання Codeless тестів наразі є підхід, що називається Record and playback.

У тестуванні, підхід record and playback (тестування з записом та повторенням), використовує програмне забезпечення для запису дій користувача з метою подальшого повторення цих дій. Це допомагає автоматизувати рутинні тести, при цьому не вимагаючи навичок програмування від тестувальників [3]. Для тестувальників, record and playback означає створення записів тестів з очікуваним результатом, без написання коду в процесі. Попри це, викликом є постійна підтримка записів.

**Основна частина.** Більшість платформ для створення автоматизованих тестів для віконних застосунків з використанням запису та повторення використовує взаємодію з WinAppDriver, та його інспектором елементів користувацького інтерфейсу, для визначення локаторів. Після цього, інструмент використовує локатори для взаємодії з елементом. Загальна схема роботи WinAppDriver з Appium сервером зображена на рисунку 1.

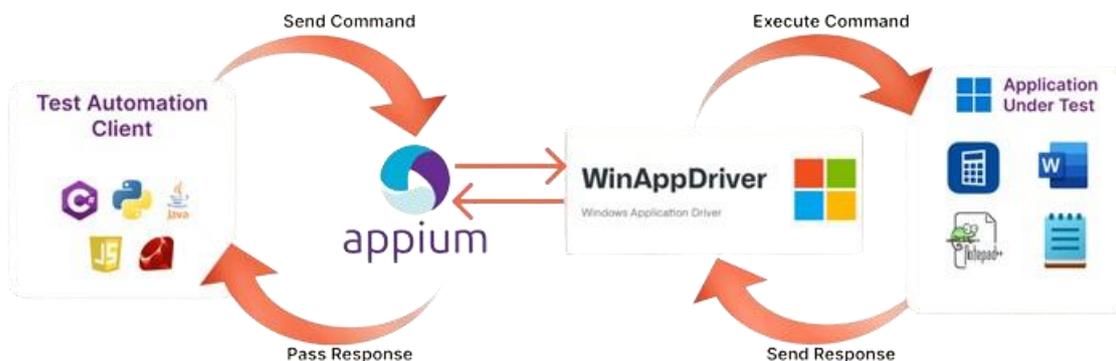


Рисунок 1 – Загальна структура запуску автоматизованих тестів з WinAppDriver та Appium

Локатори змінюються динамічно, як з оновленням програмного застосунку, так і з певними діями користувача, якщо це передбачено логікою застосунку. Це створює додаткові вимоги для підтримки автоматизованих тестів, адже після кожного оновлення частина тестів не працюватиме через зміни в структурі локаторів.

Через це в сучасних інструментах для створення автоматизованих тестів передбачається

функція автоматичного «лікування» (Self-healing) тестів. Цей підхід означає використання штучного інтелекту, налаштованого на ідентифікацію локаторів, що змінюються та заміну застарілих локаторів на нові. Таким чином, доля інструментів що мають вбудований функціонал для тестів, що лікуються самостійно, або функціонал для інтеграцій з фреймворками для написання таких тестів на ринку інструментів для створення автоматизованих тестів зростає [4].

Підхід запису та відтворення тестів є популярним, через його простоту, як імплементації так і застосування, але брак гнучкості є суттєвим недоліком чистого record and playback, так як через це, його використання вимагає створення записів для окремих тестів, замість повторного використання вже існуючих записів. В багатьох популярних інструментах ця проблема вирішується за допомогою конструктора тестів.

При використанні інструментів, що використовують такі конструктори, тестувальники можуть записувати не виконання тестів, а окремі фрагменти (вхід до застосунку, перехід на потрібну форму), та використовують ці фрагменти для підготовки тестового оточення. Таким чином зменшується кількість необхідних записів, що суттєво зменшує витрати ресурсів з боку команди тестувальників. На рисунку 2 зображено вигляд такого сценарію, створеного в середовищі Ranorex Studio, де записи з папки Recordings можна перенести курсором, щоб додати виконання цього запису до тесту.

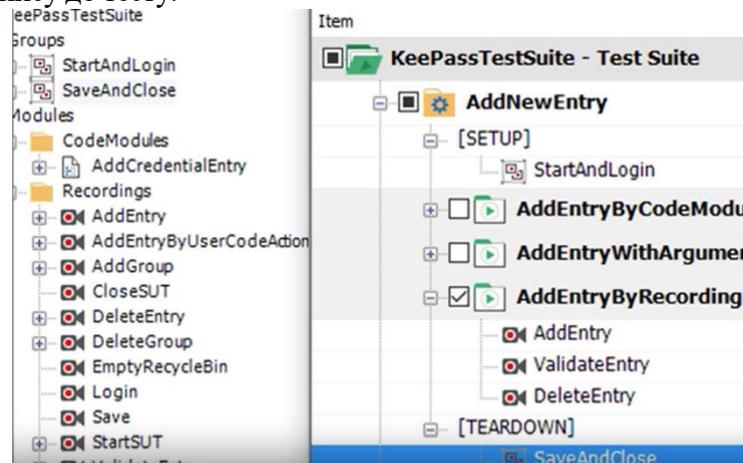


Рисунок 2 – Тестовий сценарій, створений з використанням record and playback з повторним використанням записів в середовищі Ranorex Studio

**Висновки.** Підсумовуючи, використання record and playback може бути ефективним у поєднанні з вибором правильного інструменту, налаштування автоматичного лікування тестів та правильної побудови тестових сценаріїв. Використання таких інструментів вимагатиме від тестувальників менше часу, ніж традиційне написання автоматизованих тестів для віконних застосунків.

#### Перелік посилань:

1. Schneid, Konrad & Stapper, Leon & Thöne, Sebastian & Kuchen, Herbert. (2021). Automated Regression Tests: A No-Code Approach for BPMN-based Process-Driven Applications. 10.1109/EDOC52215.2021.00014.
2. Top-10 automated tools every QA should know. URL: <https://katalon.com/resources-center/blog/desktop-automation-tools> (дата звернення 09.03.2024)
3. Anna Thorsen What is test maintenance. URL: <https://www.leapwork.com/blog/what-is-test-maintenance> (дата звернення 10.03.2024)
4. Aseem Bakshi Self-healing test automation. URL: <https://medium.com/@WebomatesInc/self-healing-automate-the-automation-eb37a51a5944> (дата звернення 10.03.2024)

<sup>1</sup> Магістрант 1 курсу Гришко А.Є.

<sup>1</sup> Проф., д.т.н. Федорова Н.В.

<https://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&user=uRvUNAcAAAAJ>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ РАДІОЧАСТОТНИХ СИГНАЛІВ ІОТ З УРАХУВАННЯМ ГЕОЛОКАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ ДЛЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО СЕКТОРУ

**Постановка проблеми та її актуальність.** Інтернет речей (ІоТ) стає все більш поширеним у різних галузях, включаючи енергетичний сектор. ІоТ-пристрої використовуються для моніторингу та контролю різноманітних параметрів, таких як температура, тиск, рівень рідини, стан обладнання тощо [1]. Ці дані потім використовуються для прийняття рішень, оптимізації процесів та підвищення ефективності роботи. Одна з ключових проблем, з якою стикаються користувачі ІоТ-систем, - це моніторинг радіочастотних сигналів. Ці сигнали можуть бути слабкими та нестабільними, що може призвести до втрати даних або перебоїв у роботі системи. Традиційні методи моніторингу радіочастотних сигналів ІоТ зазвичай засновані на ручному зборі даних [2]. Цей метод є трудомістким, схильним до помилок і не дає можливості візуалізувати дані в реальному часі. Актуальність моніторингу радіочастотних сигналів ІоТ з урахуванням геолокації об'єктів в реальному часі для енергетичного сектору обумовлена наступними факторами:

- Збільшення кількості ІоТ-пристроїв в енергетиці – «розумні» лічильники, датчики та інші пристрої ІоТ використовуються для автоматизація та оптимізації енергетичних систем. За прогнозами, до 2025 року в енергетичному секторі буде використовуватися понад 35 мільярдів ІоТ-пристроїв [3].

- Необхідність забезпечення надійного зв'язку – перебої в зв'язку ІоТ можуть призвести до значних фінансових втрат та ризиків для безпеки. Важливо мати можливість робити моніторинг рівня сигналу та виявляти проблеми в режимі реального часу.

- Енергоефективність – ІоТ-пристрої мають обмежений ресурс батареї. Моніторинг радіочастотних сигналів може допомогти оптимізувати енергоспоживання та продовжити термін служби батареї.

**Аналіз останніх досліджень.** Система моніторингу радіочастотних сигналів ІОТ може допомогти вирішити широкий спектр проблем у різних галузях:

- Оптимізація розміщення пристроїв – система моніторингу може допомогти визначити оптимальне розміщення нових пристроїв ІоТ для забезпечення максимального покриття та кращої продуктивності.

- Виявлення та усунення перешкод – система моніторингу може допомогти у виявленні джерел перешкод, таких як товсті стіни або металеві конструкції, що може негативно впливати на сигнал ІоТ [4].

- Планування та розширення мережі – ця система може використовуватися для прогнозування потреб у покритті та планування майбутнього розширення мережі ІоТ.

- Оптимізація маршрутів обслуговування: – система може допомогти у плануванні маршрутів обслуговування та технічного обслуговування, роблячи їх більш ефективними та економічними [5].

- Відстеження та моніторинг переміщення активів – система моніторингу радіочастотних сигналів може використовуватися для відстеження переміщення мобільних активів, таких як транспортні засоби або контейнери, в режимі реального часу.

**Формулювання мети.** Метою дипломної роботи є розробка мобільного програмного застосунку для моніторингу радіочастотних сигналів ІоТ, який буде включати в себе Google

HeatMap та дозволяти візуалізувати рівень сигналу на карті в реальному часі. Цей мобільний застосунок буде корисним для:

- Підвищення ефективності моніторингу IoT-систем – застосунок буде автоматично збирати дані про рівень сигналу від IoT-пристроїв, що дозволить користувачам відстежувати їх стан в реальному часі.

- Виявлення проблем з IoT-системами – застосунок буде візуалізувати дані про рівень сигналу на карті, що дозволить користувачам легко виявляти проблемні зони.

- Прийняття кращих рішень – застосунок надасть користувачам дані, необхідні для прийняття кращих рішень щодо розміщення IoT-пристроїв, оптимізації їх роботи та усунення проблем.

**Основна частина.** Існує два основних способи отримання радіосигналів від IoT-пристроїв: за допомогою Wi-Fi сканера та Bluetooth. Wi-Fi сканер може використовуватися для виявлення та моніторингу Wi-Fi IoT-пристроїв [6]. Він може збирати інформацію про SSID (назву мережі), MAC-адресу, канал, рівень сигналу та інші параметри. Bluetooth використовується для зв'язку з IoT-пристроями на короткій відстані. За допомогою Bluetooth можна отримувати дані про RSSI (рівень прийнятого сигналу), UUID (універсальний унікальний ідентифікатор) та інші параметри. Нижче наведено основні особливості Wi-Fi та Bluetooth.

Wi-Fi:

- Більший радіус дії (до 100 метрів)
- Більш висока швидкість передачі даних
- Більш високе енергоспоживання
- Вразливість до перешкод
- Bluetooth:

- Менший радіус дії (до 10 метрів)
- Менш висока швидкість передачі даних
- Менш високе енергоспоживання
- Більш стійкий до перешкод

Серед аналогів на ринку є популярний застосунок nRF Connect. Це багатофункціональний інструмент для розробки та тестування Bluetooth LE-пристроїв. Він може використовуватися для сканування Bluetooth LE-пристроїв, читання та запису даних, оновлення прошивки та інших завдань. А також WiFi Analyzer. Це додаток для сканування Wi-Fi мереж, який може відображати рівень сигналу, канал, тип шифрування та інші дані. Але всі вони не містять візуалізації сигналів у вигляді HeatMap.

Для створення власного мобільного застосунку нам допоможуть такі бібліотеки, як WifiManager API та BluetoothLeScanner API. WifiManager використовується для управління Wi-Fi з'єднанням на Android-пристроях. Вона може використовуватися для сканування доступних Wi-Fi мереж, пристроїв для отримання інформації та підключення до них. BluetoothLeScanner використовується для сканування Bluetooth LE-пристроїв. За допомогою її можна отримувати інформацію про Bluetooth-пристрої, така як MAC-адреса, RSSI та UUID. Для візуалізації сигналів ми використаємо Google Maps Platform та модуль Google HeatMap. Google Maps Platform - це платформа, що надає набір API та SDK для розробки додатків з геопросторовими даними. Вона включає в себе API карт, API маршрутів, API місць та багато інших інструментів, які дозволяють створювати веб-сайти, мобільні додатки та інші рішення, що використовують карти Google. Модуль Google HeatMap - це один з компонентів Google Maps Platform, який використовується для візуалізації даних про щільність на карті. Він дозволяє створювати теплові карти, де колір та насиченість візуалізують концентрацію даних у певних точках.

**Висновки.** Підсумовуючи, розроблений мобільний програмний застосунок буде корисним для користувачів IoT-систем в енергетичному секторі. Він дозволить їм підвищити ефективність моніторингу IoT-систем, виявляти проблеми з IoT-системами та приймати кращі рішення щодо їх розміщення, оптимізації роботи та усунення проблем.

**Перелік посилань:**

1. The Best IoT Device Monitoring Tools. URL: <https://www.comparitech.com/net->

admin/iot-device-monitoring/ (дата звернення: 14.03.2024).

2. Smith, J., Jones, M., & Brown, D. Internet of Things: A practical guide for developers and engineers. 2018.

3. IoT in Energy. URL: <https://www.mindk.com/blog/iot-in-energy/> (дата звернення 14.03.2024).

4. IoT monitoring system with geolocation. URL: <https://www.delve.com/insights/iot-geolocation-how-to-choose-the-best-technology-for-your-device> (дата звернення 14.03.2024).

5. IoT Smart Systems using Machine Learning and Artificial Intelligence. URL: <https://www.iiis.org/CDs2022/CD2022Spring/papers/HB924YY.pdf> (дата звернення 14.03.2024).

6. Бойко В. І., Мазур М. І., Скрипник В. П. Інтернет речей: теорія та практика. Харків: ХНУРЕ. 2022. 312 с.

<sup>1</sup> Магістрант 1 курсу Гуріненко А.Р.

<sup>1</sup> Доц., к.т.н. Гагарін О.О.

<https://scholar.google.ru/citations?user=3F6GrqIAAAAJ>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ОНТОЛОГІЯ ПРОЦЕДУР ВЕРИФІКАЦІЇ КОМПОНЕНТІВ ПЗ МОДЕЛЮЮЧОГО КОМПЛЕКСУ ГІДРОАКУСТИКИ

**Постановка проблеми та актуальність.** У сучасному світі, де використання гідроакустичних методів має велике значення для розвитку та забезпечення безпеки морського та водного транспорту, ефективна розробка програмного забезпечення (ПЗ) для моделювання гідроакустичних систем стає важливим завданням [1]. Однак, розробка ПЗ для гідроакустичного моделювання залежить від точності та надійності його верифікації. Існуючі методи верифікації зазвичай обмежені і не забезпечують повноцінного аналізу всіх аспектів роботи ПЗ [2]. Тому виникає потреба в розробці онтології процедур верифікацій компонентів ПЗ для моделюючого комплексу гідроакустики.

**Аналіз досліджень.** Попередні дослідження у галузі верифікації програмного забезпечення вказують на важливість створення систематичних підходів до верифікації, які забезпечують повноту та адекватність аналізу ПЗ. Однак, у контексті гідроакустичних систем існують унікальні виклики, пов'язані з особливостями фізичних процесів та обробкою сигналів, які потребують спеціалізованих методів верифікації. У дослідженні "Використання онтологій для верифікації програмного забезпечення на основі компонентів" описується метод верифікації програмного забезпечення на основі компонентів, який використовує онтології [3]. Онтологія описує компоненти програмного забезпечення, їх інтерфейси та їх поведінку. Вона використовується для автоматичного генерування тестових випадків, а також для перевірки правильності компонентів.

**Формулювання мети.** Метою даної роботи є розробка онтології процедур верифікацій компонентів ПЗ для моделюючого комплексу гідроакустики. Це дозволить систематизувати та стандартизувати процес верифікації, забезпечуючи високий рівень достовірності та повноти аналізу функціональних можливостей програмного забезпечення.

**Основна частина.** Опис гідроакустичного моделюючого комплексу. Моделюючий комплекс гідроакустики - це програмне забезпечення, призначене для симуляції гідроакустичних явищ та аналізу їх впливу на морський та водний транспорт. Він включає в себе ряд модулів, що дозволяють моделювати акустичні процеси, обробляти сигнали, візуалізувати результати та проводити аналіз даних.

Основні компоненти комплексу включають:

**Модуль симуляції акустичних явищ:** Цей модуль дозволяє моделювати різні аспекти гідроакустичних систем, включаючи поширення звуку в воді, розповсюдження шуму та взаємодію з акваторичними об'єктами.

**Модуль обробки сигналів:** Він використовується для аналізу отриманих акустичних сигналів, виявлення певних шаблонів або характеристик, і виконання необхідних обчислень.

**Модуль візуалізації результатів:** Цей модуль дозволяє візуалізувати результати симуляцій та аналізу даних у зручному для сприйняття вигляді, наприклад, у вигляді графіків, діаграм або тривимірних моделей.

**Модуль аналізу даних:** Цей модуль допомагає виконати різноманітний аналіз отриманих даних, включаючи виявлення закономірностей, виявлення аномалій або проведення статистичних висновків.

Гідроакустичний моделюючий комплекс є потужним інструментом для дослідження

гідроакустичних явищ та розробки нових технологій у галузі морського та водного транспорту.

**Аналіз існуючих методів верифікації.** Перший метод, який ми розглянули, - це тестування програмного забезпечення. Воно включає в себе запуск програми з набором тестових даних та аналіз отриманих результатів. Цей метод є широко використовуваним, але має свої обмеження, такі як неможливість охоплення всіх можливих варіантів вхідних даних.

Другий метод - верифікація формальних методів. Він використовує формальні математичні методи для доведення коректності програми. Цей підхід дозволяє забезпечити повну відповідність між програмним кодом та специфікаціями, але вимагає значних зусиль у формалізації специфікацій та доведенні їх відповідності.

Третій метод - верифікація на основі властивостей програми. Він використовує математичні методи для аналізу властивостей програми, таких як відсутність помилок під час виконання або забезпечення визначених вимог до програми. Цей метод дозволяє виявити певні класи помилок, але не забезпечує повної гарантії коректності програми в усіх випадках.

Онтологія процедур верифікацій компонентів ПЗ. Онтологія є формалізованою моделлю, яка описує концепції та відносини між ними у певній предметній області. У нашому випадку, ми розробляємо онтологію для опису процедур верифікації програмного забезпечення, зокрема у галузі гідроакустичного моделювання [4].

Ця онтологія включає в себе формалізовані описи процедур та критеріїв верифікації компонентів програмного забезпечення. Ми визначаємо терміни, класи та відносини між ними, щоб створити чітку та систематичну модель для аналізу верифікаційних процедур [5].

Головна мета цієї роботи - забезпечити стандартизований підхід до верифікації програмного забезпечення для гідроакустичного моделювання. Ми віримо, що використання цієї онтології дозволить покращити якість та ефективність нашого програмного забезпечення, забезпечуючи надійність та точність його роботи.

**Висновки.** Розроблена онтологія процедур верифікацій компонентів ПЗ моделюючого комплексу гідроакустики представляє собою важливий крок у забезпеченні надійності та точності програмного забезпечення для гідроакустичного моделювання. Її використання дозволить підвищити якість та ефективність розроблених систем, сприяючи подальшому розвитку гідроакустичних технологій.

#### **Перелік посилань:**

1. Woods, Caitlin & French, Tim & Hodkiewicz, Melinda & Bikaun, Tyler. (2023). An ontology for maintenance procedure documentation. *Applied Ontology*. 18. 1-38. 10.3233/AO-230279.
2. Using Ontologies for Verification and Validation of Component-Based Software. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/534497> (дата звернення 01.03.2024)
3. CFD-моделювання процесів теплообміну і гідродинаміки засобами програмного комплексу. URL: <https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/56432/1/CFD-model.pdf> (дата звернення 01.03.2024)
4. A process improvement in requirement verification and validation using ontology. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7053837> (дата звернення 01.03.2024)
5. An Ontology-based Approach for Automatic Specification, Verification, and Validation of Software Security Requirements: Preliminary Results. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9742019> (дата звернення 01.03.2024)

<sup>1</sup> Магістрант 1 курсу Добровольський Р.В.; <sup>1</sup> Аспірант 4 курсу Шівей Ж..

<sup>1</sup> Проф., д.т.н. Коваль О.В.

<https://scholar.google.com/citations?hl=uk&user=zI4-oasAAAAJ>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ПЕРЕВІРКА СУМІСНОСТІ СЕМАНТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ

**Постановка проблеми та її актуальність.** Онтологічні моделі в інформаційних системах відіграють ключову роль у забезпеченні їхньої ефективної роботи та інтеграції. Семантична сумісність онтологічних моделей грає важливу роль у забезпеченні правильної інтерпретації та обміну даними між цими моделями. У даній роботі розглядається питання семантичної сумісності онтологічних моделей та методи її досягнення, Сумісність семантичних моделей забезпечує можливість ефективного спільного використання, інтеграції та обміну знаннями між різними системами та додатками, підвищуючи їх функціональність та вартість.

Сучасні сценарії аналітики стають все більш складними (розгалуженими), багаторівневими та мережевими. Це означає, що існуючі алгоритми обробки даних, веб-сервіси, аналітичні платформи, плагіни, створені різними командами розробників, повинні бути доступними, зрозумілими і придатними для інтеграції в сценарії аналітика шляхом подолання різного роду неоднорідностей і логічних невідповідностей [1]

**Аналіз останніх досліджень.** Сумісність можна перевіряти за допомогою формальних методів, як-от логічна перевірка, а також за допомогою практичних підходів, таких як тестування інтеграції та обміну даними між системами

Використання мапувань та відображень між різними онтологічними моделями дозволяє забезпечити інтеграцію та спільне використання даних, навіть якщо вони були створені за допомогою різних термінів та концепцій. [2]

**Формулювання мети.** Основними задачами можна виділити:

- Узгодженість термінів. Для досягнення семантичної сумісності важливо, щоб терміни та поняття, використані в різних онтологічних моделях, були узгодженими та мали чіткі визначення. Це допомагає уникнути двозначності та неоднозначності в тлумаченні даних.[3]

- Об'єктна та концептуальна узгодженість. Крім узгодженості термінів, важливо забезпечити відповідність між об'єктами та концепціями, що моделюються в різних онтологічних моделях. Це вимагає уважного аналізу та вибору відповідних концепцій та взаємозв'язків між ними. [4]

**Основна частина.** Онтологічне виведення відіграє ключову роль у перевірці сумісності, дозволяючи автоматично визначати логічні наслідки з онтологій і виявляти потенційні проблеми сумісності [5]. Існують різноманітні інструменти, такі як Protégé з плагінами для перевірки онтологій, що дозволяють визначати несумісності та конфлікти в семантичних моделях [6]. Одним із основних викликів є робота з неоднозначністю та розбіжностями в термінології між різними семантичними моделями. Перспективним напрямком є використання машинного навчання для автоматизації процесів ідентифікації та вирішення конфліктів[7]. Використання стандартизованих протоколів та форматів даних, таких як RDF (Resource Description Framework) і OWL (Web Ontology Language), сприяє підвищенню сумісності семантичних моделей між різними додатками (джерело: W3C OWL Working Group) [8].

**Висновки.** Використання семантичних моделей і перевірка їх сумісності мають важливе значення для розвитку інтелектуальних систем, що здатні ефективно взаємодіяти та обмінюватися знаннями. Подальші дослідження та розробки в цій області обіцяють

значне покращення якості та доступності інформаційних ресурсів в різних доменах

**Перелік посилань:**

1. Сенченко В.Р. Семантична сумісність процесів складних сценаріїв аналітики. Реєстрація, зберігання і обробка даних. 2021. Т. 23, № 3. С. 48-61. <https://doi.org/10.35681/1560-9189.2021.23.2.244965>.
2. Коваль О.В. "Методи та засоби комп'ютерного моделювання сценаріїв аналітичної діяльності: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 01.05.02." Київ, 2021. 45 с.
3. Коваль О., Додонов О.Г., Сенченко В.Р., Путятін В.Г., Бойченко А.В. Методологічні та технологічні аспекти комп'ютерного моделювання сценаріїв прийняття рішень. Математичні машини і системи. Київ, ІПММС НАН України, 2023. № 3. С. 65–88. ISSN 1028-9763. <https://doi.org/10.34121/1028-9763-2023-3-65-88>
4. Коваль О.В., Додонов О. Г., Сенченко В.Р., Бойченко А.В. Моделювання сценаріїв аналітичної діяльності на основі нотації BPMN OWL Реєстрація, зберігання і обробка даних, Київ, ІПІ НАН України, 2020. № 1(22). С. 31–48. ISSN 1560-9189 <https://doi.org/10.35681/1560-9189.2020.1.1.20778>
5. "Ontology Matching." Е. Рахм та П. Шваабе, Springer, <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-38721-0>.
6. Protégé (software) [https://en.wikipedia.org/wiki/Prot%C3%A9g%C3%A9\\_\(software\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Prot%C3%A9g%C3%A9_(software))
7. "Ontology Reasoning with Large Data Repositories." IOS Press, <https://www.iospress.nl/book/ontology-reasoning-with-large-data-repositories/>.
8. "W3C OWL Working Group." <https://www.w3.org/2001/sw/wiki/OWL>.

<sup>1</sup> Магістрант 1 курсу Івашенко В.І.

<sup>1</sup> Доц., д.т.н. Мусієнко А.П.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=EvdJcxsAAAAJ&hl=uk>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ САМОДІАГНОСТУВАННЯ БАГАТОМОДУЛЬНИХ РОЗПОДІЛЕНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

**Постановка проблеми та її актуальність.** У наш час розширення практики використання інформаційних ресурсів у цифровому вигляді розповсюдилось серед усіх професійних сфер, що пояснюється ергономічними, функціональними та технічними перевагами. З плином часу інформаційні системи, що направлені на організацію та збереження даних чи виконання певних обчислювальних процесів розширились та ускладнились у своїх архітектурах. Ми можемо бачити певну тенденцію як кожен процес в інформаційній системі розбивається на підмножину процесів які виконують окремі вузли. В таких умовах виникло поняття розподілених інформаційних систем, що представляє собі певну множину комп'ютерів, що об'єднані однією системою [1].

Для роботи таких систем є надважливим мати можливість відслідковувати стан кожного компонента для налагодження роботи всієї системи. Оскільки це є важливим фактором для забезпечення функціональної стійкості розподілених інформаційних систем, то також важливим є відслідковування коректності та ефективності алгоритмів діагностування стану таких систем. Саме для цього доцільно є створити програмне забезпечення комп'ютерного моделювання процесів самодіагностування багатомодульних розподілених інформаційних систем.

**Аналіз останніх досліджень.** Для прикладу у розробці даного програмного забезпечення можна використовувати алгоритм діагностики багатомодульних розподілених інформаційних систем описаний в роботі доктора технічних наук, професора Барабаша О.В. «Побудова функціонально стійких розподілених інформаційних систем» [2].

Блукаюче самодіагностуюче ядро реалізоване за даним алгоритмом є оптимальним варіантом для створення комп'ютерної моделі для дослідження процесів діагностики РІС.

**Формулювання мети.** Для розроблення комп'ютерної моделі процесів самодіагностики багатомодульної розподіленої інформаційної системи на базі блукаючого самодіагностуючого ядра, провести дослідження умов дане ядро буде працювати ефективно та коректно, також для виявлення недоліків для подальшого виправлення.

**Основна частина.** Головним принципом роботи блукаючого самодіагностуючого ядра полягає в тому, що в будь який момент часу воно починає перевірку з випадково вибраного модуля і буде рухатись між модулями поки не набере достатньо діагностичної інформації, щоб зробити оцінку вузлів, що він перевіряв. Перевіряти всі модулі системи в один момент часу не є ефективним рішенням, при тому як блукаюче ядро може досліджувати коректність роботи підмножини вузлів і в певний момент часу дасть оцінку для кожного із модулів.

Процес самодіагностування складається з елементарних перевірок між двома вузлами.

Розглянемо механізм елементарної перевірки на прикладі двох елементів: вершини  $v_i$  та  $v_j$  (рис. 1).

Спершу елемент  $v_i$  передає тестове значення  $t_{ij}$  на елемент  $v_j$ . Після чого відбувається тестування переданого значення на елементі  $v_j$ . Далі елемент  $v_j$  передає

значення  $t'_{ij}$ , як відповідь на проведений тест.

У свою чергу елемент  $v_i$  перевіряє чи отримане значення  $t'_{ij}$  збігається з еталонним  $t_{ij}^{зад}$ . Після цього формується результат тесту –  $r_{ij}$ .

Далі в залежності від значення  $r_{ij}$  система обирає на якому модулі потрібно зберегти інформацію про перевірку(формула 1)

$$r_{ij} = \begin{cases} 0, & t'_{ij} = t_{ij}^{зад} \\ 1, & t'_{ij} \neq t_{ij}^{зад} \end{cases} \quad (1)$$

де  $t_{ij}^{зад}$  – еталонне значення результату тестування;  
 $t'_{ij}$  – отримане значення результату тестування.

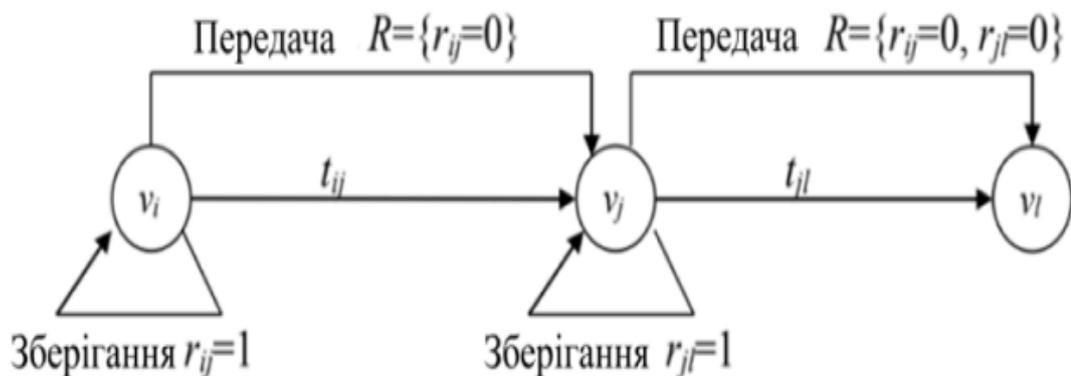


Рисунок 1 – Схема елементарної перевірки та передачі результатів тестування

Тобто в один момент часу один із вузлів накопичить достатньо інформації за допомогою якої можна дослідити стан всіх вузлів, що брали участь в перевірках [3].

Розробка комп'ютерної моделі процесу самодіагностики багатомодульних РС допоможе вдосконалити цей алгоритм зробивши його більш ефективним та менш енергозатратним.

У даному алгоритмі критично важливим процесом від якого залежить ефективність та швидкість всієї перевірки є процес накопичення діагностичної інформації.

У цьому процесі є три ключових поняття на які потрібно звернути увагу:

- $t_d$  – час за який накопичилась достатня діагностична інформація;
- $n$  – кількість перевірок;
- $D_{зад}$  – умова достовірності.

Відповідно до того за який час діагностичне ядро буде накопичувати достатню кількість інформації, що буде задовольняти умову достовірності буде залежати наскільки такий алгоритм є ефективним.

Комп'ютерне моделювання даного процесу може допомогти дослідити при яких умовах даний алгоритм буде найефективнішим.

Основними моментами на які потрібно звернути увагу є:

- спосіб обходження системи ядром(проходження по графу в глибину, в довжину і т. д.[4]);

- вплив кількості неробочих модулів на швидкість самодіагностики;
- вплив визначеної умови достовірності;
- вплив кількості неробочих чи частково неробочих модулів на функціональну стійкість системи.

Дослідивши ці аспекти можна скласти характеристику для даного алгоритму

діагностики та визначити напрямки для подальшого удосконалення.

**Висновки.** Підсумовуючи, за допомогою комп'ютерного моделювання процесів самодіагностики багатомодульних розподілених інформаційних систем можна перевірити та оптимізувати існуючі рішення в даній області.

**Перелік посилань:**

1. Івашенко В. І. Веб-додаток аналізу діагностичної інформації в процесі самодіагностування багатомодульної розподіленої інформаційної системи: Дипломна робота. Київ, 2023. 52 с.

2. . Кузьменко І. М. Теорія графів. Київ, 2020. 71 с.

3. Поночовний Ю. Л., Корольчук Д. О. Інформаційні системи. Розподілені інформаційні системи. Новітні інформаційні системи та технології - Modern information system and technologies, 9 берез. 2016 р.

4. Барабаш О. В. Побудова функціонально стійких розподілених інформаційних систем : монографія. Київ : НАОУ, 2004. 226 с

<sup>1</sup> Аспірант 1 курсу Клименко Я.В.

<sup>1</sup> Доц., к.ф.-м.н. Свинчук О.В.

[https://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&user=5SMpj8cAAAAJ&view\\_op=list\\_works&sortby=pubdate](https://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&user=5SMpj8cAAAAJ&view_op=list_works&sortby=pubdate)

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ПІДХОДИ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛООБМІНУ ТА ГІДРОДИНАМІКИ В ТРУБОПРОВОДАХ З ТУРБІННИМ МАСТИЛОМ

**Постановка проблеми та її актуальність.** У контексті глобалізації та посилення вимог до енергоефективності промислових процесів, моделювання процесів теплообміну та гідродинаміки в трубопроводах з турбінним мастилом відіграє ключову роль у розробці нових та удосконаленні існуючих інформаційних технологій [1]. Вирішення цих питань сприятиме не лише поліпшенню технічних характеристик, але й забезпеченню екологічних стандартів, що стають дедалі більш вимогливими на міжнародному рівні.

**Аналіз останніх досліджень.** Динаміка та теплообмін в системах з турбінним мастилом залишаються однією з найбільш складних інженерних задач, що вимагає інтеграції багаторівневих знань із фізики рідин, термодинаміки, матеріалознавства [2], а також використання передових чисельних методів для їх розрахунку та аналізу [3]. В [4] описано комп'ютерне моделювання процесів теплообміну в умовах вільної та вимушеної конвекції, процесів транспорту і спалювання газів, теплообміну під час конденсації. Саме ці явища часто спостерігаються під час розроблення нового і модернізації наявного енергетичного обладнання.

**Формулювання мети.** Метою даного дослідження є розробка програмного забезпечення для моделювання процесів теплообміну та гідродинаміки в трубопроводах, що дозволить із високою точністю прогнозувати поведінку турбінного мастила в різноманітних умовах експлуатації трубопроводів. Дане ПЗ дозволить:

- аналізувати чинники, які впливають на ефективність теплообміну, включно з температурою робочої рідини, швидкістю потоку, а також фізичними та хімічними властивостями мастила;
- оптимізувати процес проектування та роботу трубопроводів;
- знизити витрати на обслуговування та підвищити тривалість їхньої експлуатації.

**Основна частина.** Основою для даного дослідження є використання інтегрованого підходу до моделювання процесів теплообміну та гідродинаміки в трубопроводах з турбінним мастилом. Цей підхід охоплює як теоретичне вивчення основних законів фізики рідин та теплообміну, так і застосування чисельних методів для розв'язання специфічних завдань. Методологія розробки базується на таких принципах:

- використання рівнянь турбулентності: основу чисельного моделювання складають рівняння Нав'є-Стокса, які описують рух в'язкої нестисливої рідини, та рівняння енергії для визначення полів температур та швидкостей потоку;
- моделювання турбулентності: для опису турбулентних потоків використовуються закриті моделі турбулентності, такі як  $k-\epsilon$  або  $k-\omega$ , що дозволяють адекватно оцінювати вплив турбулентних в'язкостей на динаміку мастила в трубах;
- тепломасоперенос у турбулентних потоках: аналіз теплопередачі здійснюється з урахуванням змішування температур від внутрішніх та зовнішніх шарів потоку, включаючи радіаційний обмін та конвективний теплообмін;

- аналітичні та чисельні методи: поєднання аналітичних розрахунків з чисельним моделюванням у програмному забезпеченні ANSYS Fluent дає можливість глибокого розуміння процесів і підвищення точності прогнозування;

- валідація моделей: здійснюється порівняльний аналіз отриманих результатів з см експериментальними даними, щоб забезпечити достовірність моделі та її придатність для вирішення практичних завдань;

- оптимізація конструкції трубопроводів: використання отриманих даних для розробки рекомендацій щодо підвищення ефективності та надійності трубопроводів, а також для проектування нових варіантів конструкцій з урахуванням динамічних навантажень та термічних режимів експлуатації.

Для дослідження турбулентних та теплових процесів в трубопроводах використовуються фундаментальні рівняння рідинної динаміки та теплопередачі.

Рівняння Нав'є-Стокса для нестисливих рідин (1):

$$\frac{\partial \vec{u}}{\partial t} + (\vec{u} \cdot \nabla) \vec{u} = -\frac{1}{\rho} \nabla p + \nu \nabla^2 \vec{u} + \vec{f}, \quad (1)$$

де  $\vec{u}$  – вектор швидкості рідини,  $t$  – час,  $\rho$  – тиск,  $\nu$  – кінематична в'язкість,  $\vec{f}$  – вектор масових сил.

Рівняння енергії (2):

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \vec{u} \cdot \nabla T = \alpha \nabla^2 T + \Phi, \quad (2)$$

де  $T$  – температура рідини,  $\alpha$  – температурна дифузивність,  $\Phi$  – генерація або поглинання.

Рівняння турбулентної кінетичної енергії  $k$  (3) та швидкості дисипації  $\varepsilon$  (4):

$$\frac{\partial k}{\partial t} + \vec{u} \cdot \nabla k = P_k - \varepsilon + \nabla \cdot ((\nu + \sigma_k \nu_t) \nabla k), \quad (3)$$

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + \vec{u} \cdot \nabla \varepsilon = \frac{\varepsilon}{k} (C_{\varepsilon 1} P_k - C_{\varepsilon 2} \varepsilon) + \nabla \cdot ((\nu + \sigma_\varepsilon \nu_t) \nabla \varepsilon), \quad (4)$$

де  $P_k$  – вироблення турбулентної кінетичної енергії,  $\nu_t$  – турбулентна в'язкість,  $\sigma_k$ ,  $\sigma_\varepsilon$ ,  $C_{\varepsilon 1}$ ,  $C_{\varepsilon 2}$  – константи моделі,  $\vec{u}$  – вектор миттєвої швидкості рідини,  $T$  – миттєва температура,  $k$  – турбулентна кінетична енергія,  $\varepsilon$  – швидкість дисипації турбулентної кінетичної енергії.

Кожне з цих рівнянь (1)-(4) вносить вклад у розуміння та визначення поведінки рідини в умовах турбулентного потоку. Використовуючи рівняння у комбінації з крайовими умовами та вхідними даними для конкретного дослідження, можна спрогнозувати поведінку рідини та теплообмін в системах з турбінним мастилом з високим ступенем точності.

Для моделювання потоків рідини та теплопереносу використовується програмне забезпечення ANSYS Fluent [5]. Завдяки можливостям деталізованого моделювання та оптимізації, програма Fluent є незамінним інструментом для інженерів-дослідників, дозволяючи їм виконувати складні обчислення для різноманітних інженерних задач. Ключові етапи роботи в Fluent включають геометричне моделювання, встановлення межових умов, вибір і налаштування фізичних моделей, обчислення рішень та аналіз отриманих результатів. Однак, як і будь-яке програмне забезпечення, його можна вдосконалити, а саме:

- швидкість обчислень: оптимізація алгоритмів для забезпечення швидших обчислень, особливо для великих та складних моделей, може значно покращити ефективність роботи інженерів;

- інтерфейс користувача: хоча інтерфейс Fluent і так досить інтуїтивний, можливості для його покращення через більш інтерактивні та інформативні елементи управління можуть спростити процес налаштування моделей;

- підтримка форматів файлів: розширення підтримки різноманітних форматів файлів може полегшити інтеграцію з іншими CAD-системами та інженерними програмами;

- автоматизація процесів: вдосконалення інструментів для автоматизації повторюваних задач, таких як сіткування та аналіз даних, може значно зекономити час інженерів;

- точність та стабільність солверів: покращення стабільності і точності солверів при роботі з екстремальними умовами потоків і температур може зробити результати більш надійними;

- підтримка багатofізичних моделей: включення більш широких можливостей для моделювання взаємодії між різними фізичними процесами (наприклад, електромагнетизмом та гідродинамікою) може розширити сферу застосування Fluent;

- ресурси навчання та підтримки: надання більш детальних та структурованих навчальних матеріалів та кейс-стаді для нових користувачів може сприяти швидшому вивченню програми;

- інтегрованість з хмарними сервісами: розробка хмарних рішень для виконання обчислень може дозволити користувачам Fluent виконувати великомасштабні моделювання без необхідності інвестування в дороге обчислювальне обладнання.

Кожне з цих покращень може зробити ANSYS Fluent більш ефективним, зручним та потужним інструментом для різних областей інженерних досліджень.

Застосування комплексного підходу, що включає сучасні чисельні методи та програмне забезпечення, відкриває нові перспективи для розуміння фундаментальних процесів, що відбуваються в теплоносіях та вдосконалення технологічних процесів. Дослідження спрямоване на те, щоб виявити та аналізувати потенціал для інновацій, які можуть бути впроваджені в промисловості, тим самим сприяючи сталому розвитку та технічному прогресу.

**Висновки.** У процесі детального аналізу та чисельного моделювання в рамках цього дослідження було виявлено, що хоча програмне забезпечення ANSYS Fluent є високоефективним інструментом, існують можливості для створення більш адаптованих і спеціалізованих рішень. Розробка нового програмного забезпечення, що враховує специфічні потреби конкретних інженерних завдань, може надати значних переваг у порівнянні з існуючими універсальними рішеннями.

Дослідження можливостей ANSYS Fluent підкреслюють потенціал для створення нового програмного забезпечення, яке буде відповідати сучасним вимогам інженерії програмного забезпечення та пропонувати інноваційні рішення для підвищення ефективності, безпеки та економічності в різних галузях промисловості. Створення такого програмного забезпечення може стати значущим кроком вперед у сфері чисельного моделювання та матиме позитивний вплив на технічний прогрес і сталий розвиток промисловості.

#### **Перелік посилань:**

1. Lienhard J.H. A Heat Transfer Textbook. 4th ed. Cambridge, MA: Phlogiston Press. 2013. URL: <http://web.mit.edu/lienhard/www/ahtt.html> (дата звернення 14.03.2024)

2. Іваненко В. І., Сушко О. П., Жуков В. І. Математичне моделювання процесів і систем: монографія. Київ: НТУУ «КПІ». 2016. 428 с.

3. Hirsch C. Numerical Computation of Internal and External Flows: The Fundamentals of Computational Fluid Dynamics. 2nd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann. 2007. 687 p.

4. Баранюк О. В., Воробйов М. В., Рачинський А. Ю. CFD-моделювання процесів теплообміну і гідродинаміки засобами програмного комплексу : монографія. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2023. 164 с

5. Boots M. Ansys Software Tutorial. Introduction to Ansys Fluent #1: First CFD Simulation. University of Newcastle: Ansys Academic Development Team. 2024. 18 p.

<sup>1</sup> Магістрант 1 курсу Лукінський Д.Д.

<sup>1</sup> Ст.викл. Сарибога Г.В.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=Cwg89soAAAAJ&hl=uk>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ВІРТУАЛЬНІ МОДЕЛІ ЦИФРОВИХ ДВІЙНИКІВ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ЗНИЖЕННЯ ВИТРАТ У КІБЕРЕНЕРГЕТИЦІ

**Постановка проблеми та її актуальність.** Енергія, основа сучасної інфраструктури та прогресу, стає все більш невід’ємною частиною всіх аспектів життя, від домашніх господарств і промисловості до транспорту та сільського господарства, і навіть охорони здоров’я, освіти та розваг. Такі фактори, як зростання населення, урбанізація та соціально-економічний розвиток, спричиняють швидке зростання глобального попиту на енергію.

**Аналіз останніх досліджень.** Історично інфраструктура енергопостачання була централізованою, однак зміна парадигми виникає у формі розподіленої генерації, також відомої як децентралізоване виробництво, коли електроенергія виробляється ближче до точки споживання. Децентралізована генерація все частіше визнається як перспективне рішення для вирішення нагальних глобальних енергетичних проблем [1].

**Формулювання мети.** Майбутні системи розподілу електроенергії будуть складними мережами кількох об’єктів, які взаємодіють у режимі реального часу. Очікується, що зростання впровадження розподілених енергетичних ресурсів (DER) і збільшення кількості активних споживачів в енергетичних мережах призведуть до збільшення обміну та обробки даних. Це, у свою чергу, ускладнить комунікацію та контроль. Тому існує нагальна потреба в ефективній платформі, здатній обробляти потік даних і забезпечувати надійну роботу енергосистеми. Концепція Цифровий двійник (англ. – Digital Twin) є багатообіцяючим рішенням. Цей інноваційний підхід може розкрити величезні можливості та може бути використаний на різних рівнях керування та забезпечення безпеки в енергосистемах [2].

**Основна частина.** Концепція цифрового двійника (Рис. 1) була вперше представлена NASA в 2010 році [3]. Технологія цифрових двійників — це система систем, яка виходить за рамки традиційного комп’ютерного моделювання та аналізу. Цифровий двійник копіює всі елементи, процеси, динаміку та мікропрограму фізичної системи в цифровий аналог [4]. Дві системи (фізична та цифрова) існують поруч, поділяючи всі вхідні дані та операції, використовуючи передачу даних у реальному часі [5].

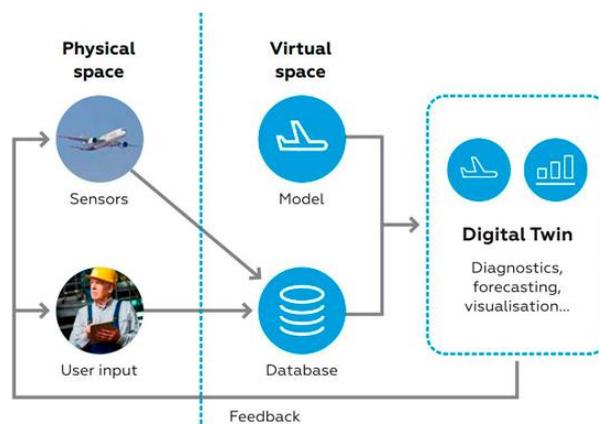


Рисунок 1 – Концепція цифрового двійника

Отже, віртуальний продукт є копією фізичного продукту та постійно взаємодіє з фізичним продуктом і його середовищем для збору інформації та обміну даними. Більше того, цифровий двійник безперервно розвивається завдяки обміну інформацією, користувацькому досвіду, відгукам і новим даним. І це позитивно впливає на розробку, виробництво та експлуатацію. Поведінку продукту можна змодельовати та протестувати задовго до того, як буде створено фізичний прототип. Модель цифрового двійника може виявляти, прогнозувати, оптимізувати та контролювати будь-який процес динамічно на основі даних фізичних датчиків та/або даних цифрового двійника. Це забезпечує конвергенцію цифрових подвійних технологій для IoT, аналітики великих даних, III та об'єднання даних [6].

Цифровий двійник став основним інструментом у різних галузях промисловості та застосуваннях, включаючи інтелектуальне виробництво, охорону здоров'я, автономний транспорт, освіту, ігри, бізнес та кібербезпеку, і широко використовується такими компаніями, як Siemens, Tata Steel, Bosh і General Electric. Серед цих різноманітних застосувань є кіберенергетична система. Розгортання технології цифрових двійників в цій сфері можна використовувати для конвергенції нинішньої енергосистеми в синергетичну кіберенергетичну систему, яка є розумною мережею.

Модель цифрових двійників кіберенергетичних систем допоможе мережевим операторам в оцінці стаціонарного стану, виявленні екстремальних подій, моніторингу стану обладнання та прийнятті рішень у відповідь на раптові зміни в системі [6]. Крім того, це може запропонувати оптимальні конфігурації енергетичних систем, зменшити навантаження на системи накопичення енергії шляхом правильного розподілу ресурсів і відкласти графік технічного обслуговування та заміни обладнання з мінімальними витратами. Крім того, вдосконалена координація між сусідніми системами може бути досягнута за допомогою зв'язку DT-DT незалежних інфраструктур, таких як енергетичні системи, системи водопостачання, газові мережі, системи зв'язку та транспорт.

Сьогодні інтеграція цифрових двійників кіберенергетичних систем відіграє важливу роль у конфігурації розумних міст і у визначенні цифрових стратегій, що стосуються не лише енергетичного сектору, а й соціальних питань, питань охорони здоров'я, економіки, екології та безпеки. Успішним прикладом таких цифрових трансформацій може бути дослідження, зосереджене на Rinascimento III у Римі, районі, що складається з 16 восьмиповерхових будинків із 216 квартирами, що живляться на 70% енергією з відновлюваних джерел [7]. Комбіноване використання інтегрованих алгоритмів динамічного аналізу дозволило оцінити різні сценарії енергоефективних стратегій, спрямованих на досягнення ефективного енергоменеджменту комплексу, збереження фактичного внутрішнього комфорту та кліматичних умов. Таким чином було розроблено методологію оцінки ефективності інтегрованих систем для виробництва відновлюваної енергії, необхідної для підвищення порогу власного виробництва енергії, що відповідає вимогам nZEB (near zero energy buildings).

**Висновки.** Успішне впровадження технології цифрових двійників дозволить аналізувати ефективність, стійкість, безпеку, надійність і життєвий цикл фізичних активів у енергетичних системах. Таким чином, інвестори зможуть складати точні інвестиційні плани з низьким рівнем ризику. Також цифрові двійники можуть значно полегшити взаємодію між персоналом і обладнанням за допомогою технологій змішаної реальності [8].

#### **Перелік посилань:**

1. Talha Bin Nadeem, Mubashir Siddiqui, Muhammad Khalid, Muhammad Asif, Distributed energy systems: A review of classification, technologies, applications, and policies, Energy Strategy Reviews, V. 48, 2023, 101096 p.
2. Saad A, Faddel S, Mohammed O. IoT-Based Digital Twin for Energy Cyber-Physical Systems: Design and Implementation. Energies. 2020; V. 13, № 18. P. 4762.
3. Piascik, B., Vickers, J., Lowry, D., Scotti, S., Stewart, J., & Calomino, A. (2012).

Materials, structures, mechanical systems, and manufacturing roadmap. *NASA TA*, 12-2.

4. Anylogic Digital Twin Development and Deployment <https://www.anylogic.com/features/digital-twin/> (дата звернення 04.03.2024)

5. Stefan, M., Yaqoob, M., Hung, D. V., Davis, W., Towakel, P., Raza, M., Karamanoglu, M., Barn, B., Shetve, D., Prasad, R. V., Venkataraman, H., Trestian, R., & Nguyen, H. X. (2022). Digital Twins: A Survey on Enabling Technologies, Challenges, Trends and Future Prospects. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, V. 24, № 4. P. 2255-2291.

6. Ghosh, S., Singh, N. K., Singh, A. K., & Singh, S. N. (2022). Digital Twin for Electric Energy Systems: A New Era of Digitization. *IEEE Smart Grid eBulletin*, October 2022.

7. Agostinelli S, Cumo F, Guidi G, Tomazzoli C. Cyber-Physical Systems Improving Building Energy Management: Digital Twin and Artificial Intelligence. *Energies*. 2021; V. 14, № 8. P. 2338.

8. Zanella, A.; Bui, N.; Castellani, A.; Vangelista, L.; Zorzi, M. Internet of things for smart cities. *IEEE Internet Things J*. 2014, P. 22–32.

<sup>1</sup> Магістрант 1 курсу Макаревич А.В.

<sup>1</sup> Ст.викл. Сарибога Г.В.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=biglE98AAAAJ&hl=en>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## СИСТЕМА ВІРТУАЛЬНИХ МОДЕЛЕЙ ЦИФРОВИХ ДВІЙНИКІВ ЛАБОРАТОРНИХ СТЕНДІВ КІБЕРЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ. МЕХАНІЗМ СТВОРЕННЯ МОДЕЛІ ТА ОБ'ЄКТУ

**Постановка проблеми та її актуальність.** Цифрові двійники, які є відображенням реальних об'єктів у віртуальному середовищі, дозволяють проводити детальний аналіз, симуляцію та оптимізацію робочих процесів без втрати ресурсів та часу на реальні експерименти. У контексті кіберенергетичних систем, де потреба в аналізі, прогнозуванні та реагуванні на різноманітні ситуації є критичною, використання віртуальних моделей цифрових двійників для лабораторних стендів відкриває нові можливості для науковців, інженерів та спеціалістів.

**Аналіз останніх досліджень.** Аналіз останніх досліджень в галузі цифрових двійників виявляє їх важливість та вплив на промисловість. Марр у своїй роботі [1] підкреслює, що хоча концепція цифрового двійника існує з 2002 року, лише завдяки Інтернету речей вона стала економічно вигідною для реалізації. Цифрові двійники, як віртуальні моделі процесів, продуктів чи послуг, дозволяють проводити аналіз даних та моніторинг систем з метою попередження проблем ще до їх виникнення, що розвиває нові можливості та дозволяє планувати майбутнє за допомогою симуляцій. Томас Кайзер з SAP [2] вказує на те, що цифрові двійники стають невід'ємною частиною бізнесу, охоплюючи весь життєвий цикл активу або процесу, що є основою для з'єднаних продуктів та послуг. Компанії, які не адаптуються до цих змін, будуть відставати. Сулема та інші [3] представляють три моделі для мультимодального представлення даних, які підходять для концепції цифрових двійників, розглядаючи їх як можливий випадок використання в майбутньому освіті інженерів. Це підкреслює потенціал цифрових двійників не тільки в промисловості, але й у сфері освіти .

**Формулювання мети.** Розглядаючи значний вплив цифрових двійників на промисловість, метою даного дослідження є розкриття потенціалу цифрових двійників для освітніх цілей у дистанційних та віртуальних лабораторіях. Це включає вивчення можливостей цифрових двійників не тільки для підтримки традиційного навчання, але й для забезпечення інноваційних підходів у підготовці майбутніх інженерів, особливо у сфері використання віртуальних та реальних компонентів у гібридній онлайн-лабораторії. Мета полягає в тому, щоб дослідити, як цифрові двійники можуть використовуватися для підвищення якості освіти шляхом надання студентам можливості проводити експерименти в безпечному, контрольованому віртуальному середовищі, що сприяє кращому розумінню складних інженерних концепцій.

**Основна частина.** У системі віртуальних моделей цифрових двійників лабораторних стендів кіберенергетичних систем ключовим аспектом є реалізація гібридної лабораторії, яка інтегрує як віртуальні, так і реальні компоненти[4]. Ця інтеграція дозволяє студентам проектувати та тестувати контрольні алгоритми (CA) для обраного контрольного об'єкта (CO), працюючи на відповідних контрольних блоках (CU). Вибір між використанням реальних чи віртуальних пристроїв надає можливість виконання експериментів повністю віртуально, на реальних пристроях, або в комбінації обох. Архітектура лабораторії GOLDi демонструє гнучкість цього підходу, дозволяючи будь-яку комбінацію реальних та віртуальних пристроїв, де віртуальні контрольні блоки та об'єкти реалізовані як JAVA-скрипти, що працюють у браузері клієнта, а реальні пристрої — як

апаратне забезпечення в лабораторії. Це дозволяє студентам вирішувати, як проводити експеримент, заснований на чотирьох різних режимах: віртуальні експерименти, абстрактні експерименти, реальні віддалені експерименти та тестування реалізації.

Важливість цифрових двійників зростає з розвитком Інтернету речей, що робить їх важливим елементом в освіті майбутніх інженерів[5]. Вони відіграють важливу роль у симуляції та тестуванні кіберенергетичних систем без необхідності використання реальних ресурсів, дозволяючи детальний аналіз, прогнозування та оптимізацію процесів. Лабораторія GOLDi використовує цифрові двійники для створення гнучкого навчального середовища, що сприяє кращому розумінню інженерних концепцій та підготовці студентів до роботи з реальними та складними системами.

**Висновки.** У висновку дослідження системи віртуальних моделей цифрових двійників лабораторних стендів кіберенергетичних систем можна зазначити, що використання цифрових двійників відкриває значні можливості для освіти та дослідження в сфері кіберенергетики. Інтеграція реальних та віртуальних компонентів у гібридних лабораторіях, таких як лабораторія GOLDi, надає студентам унікальну можливість розробки, тестування та оптимізації контрольних алгоритмів в безпечному та контрольованому віртуальному середовищі. Це не тільки сприяє глибшому розумінню складних інженерних концепцій, але й підготовлює майбутніх інженерів до вирішення реальних проблем у сфері кіберенергетики.

**Перелік посилань:**

1. B. Marr, "What Is Digital Twin Technology - And Why Is It So Important?,". URL: <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2017/03/06/what-is-digital-twin-technology-and-why-is-it-so-important/#22384ad22e2a>. (Accessed 03.03.2024).
2. "Top Trends in the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2017,". URL: <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/top-trends-in-the-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2017/>. (Accessed 05.03.2024).
3. Y. Sulema, I. Dychka, O. Sulema and I. Sikorsky, "Multimodal Data Representation Models for Virtual, Remote, and Mixed Laboratories Development," Cham, Switzerland, Springer, 2019, p. 560–569.
4. S. Haag and R. Anderl, "Digital twin – Proof of concept," Manufacturing Letters, vol. 15, p. 64–66, 2018.
5. D. Pop, D. G. Zutin, M. E. Auer, K. Henke and H.-D. Wuttke, "An Online Lab to support a Master Program in Remote Engineering," Piscataway, NJ, IEEE, 2011, p. 1–6.

<sup>1</sup> Аспірант 1 курсу Макарчук А.В.

<sup>1</sup> Проф., д.т.н. Барабаш О.В.

<https://scholar.google.com/citations?user=PCPdRKwAAAAJ&hl=uk>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## МОДИФІКАЦІЯ ЙМОВІРНІСНОГО КРИТЕРІЮ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

**Постановка проблеми та її актуальність.** Одним із досить важливих на практиці понять у проектуванні інформаційної системи є її функціональна стійкість. На даний момент розроблено чимало критеріїв та показників, за якими можна визначити, чи є досліджувана система функціональною стійкою [1-3], та, у випадку позитивної відповіді, який запас функціональної стійкості вона має [4]. Одним із критеріїв функціональної стійкості є згортка так званої матриці зв'язності

$$W = \|R_{ij}\|_{i,j=1,2,\dots,n}, \quad R_{ij} \in [0;1], i \neq j \wedge R_{ij} = 0, i = j, \quad (1)$$

де  $R_{ij}$  – це ймовірність інформаційної системи з вигоком в вершині  $v_i$  та стоком в  $v_j$ .

В деяких роботах, пропонується використовувати згортку матриці (1) і матриці

$$H = \|h_{ij}\|_{i,j=1,2,\dots,n}, \quad (2)$$

елементи якої залежать, наприклад, від трафіку в лініях зв'язку та середнього трафіку по всій мережі. Однак, відслідковування даних параметрів може бути технічно складною задачею, тому виникає питання про інше визначення (2).

**Аналіз останніх досліджень.** Введення ймовірнісних показників та критеріїв функціональної стійкості інформаційних почалося досить давно [1, 4]. Однак, особливості їх застосування та, іноді, модифікації почалося відносно недавно. Для прикладу, в роботах [2-3] досліджується методика обчислення такого показника як ймовірність зв'язності.

**Формулювання мети.** Відслідковування параметрів типу середнього трафіку може бути технічно складною задачею, що спричиняє складність задання матриці (2). Тому виникає питання про інше її визначення. В даній роботі проводиться спроба інакше означити (2) та дослідити поведінку отриманого критерію, що базується на згортці матриць (1) та (2).

**Основна частина.** При вивченні функціональної стійкості інформаційної системи важливою є архітектура цієї інформаційної системи. Тому логічно спробувати означити елементи  $h_{ij}$  матриці (2) саме через неї. Однак, виникає питання про те, як це зробити так, щоб згортка (1) та (2) максимально адекватно описувала функціональну стійкість. Одним із можливих варіантів є наступний

$$h_{ij} = \frac{ij N_{\min}}{|i-j|}, i \neq j \wedge 0, i = j, \quad (3)$$

де  $ij N_{\min}$  – це мінімальна кількість ліній зв'язку, що належать шляху між вершинами  $v_i$  та  $v_j$  з найменшою кількістю вершин. Тоді критерій функціональної стійкості  $K$  буде обчислюватися так:

$$K = \sum_{\substack{i,j=1 \\ i \neq j}}^n \frac{ij N_{\min}}{|i-j|} R_{ij}. \quad (4)$$

Продемонструємо застосування (4) до конкретної інформаційної системи, поклавши, що всі машини в ній є абсолютно справними, а лінії зв'язку робочі з імовірністю  $p$ . Нехай інформаційну систему можна представити у вигляді такого графу:

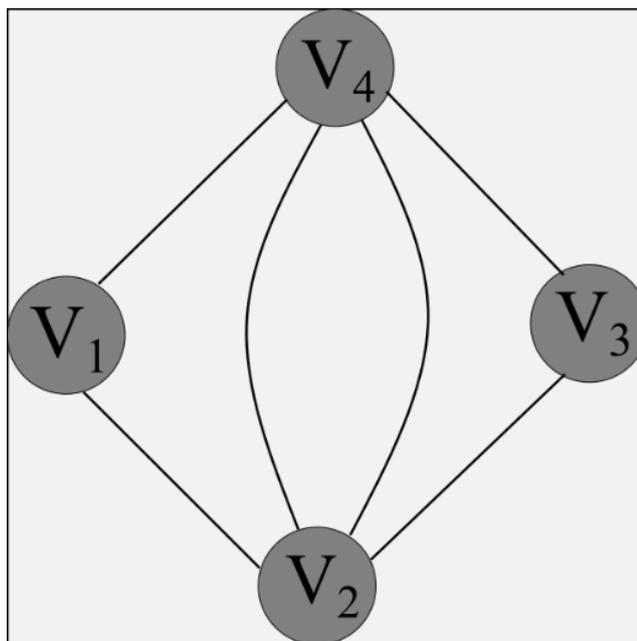


Рисунок 1 – Інформаційна система

Отримаємо значення критерію (4), яке можна представити на графіку

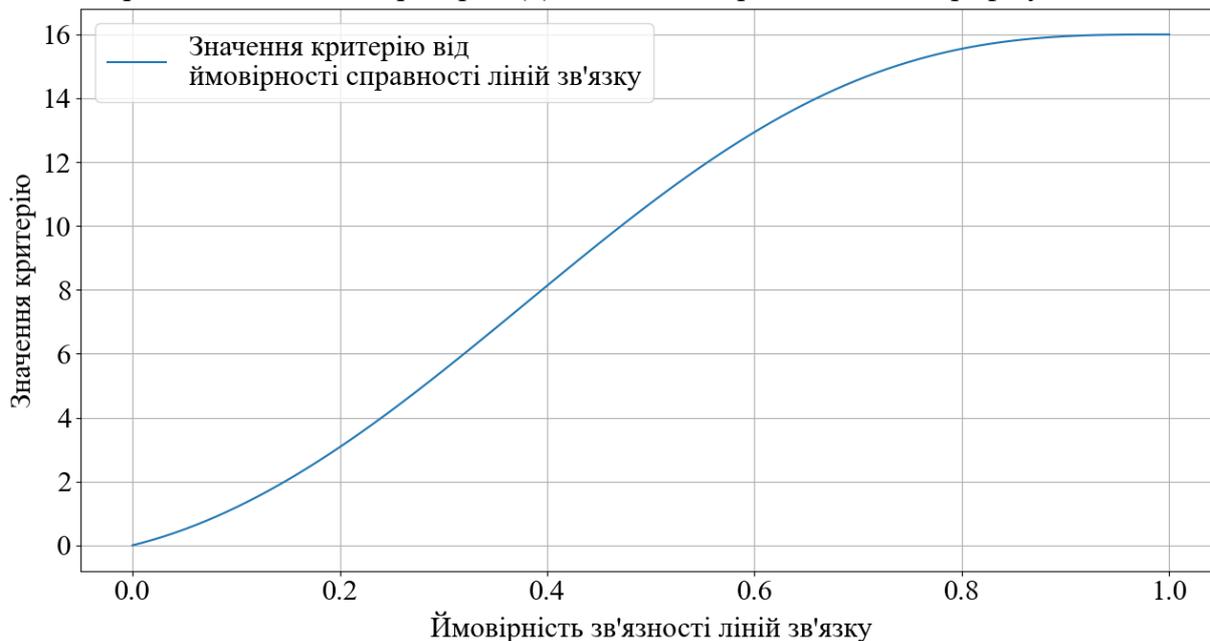


Рисунок 2 – Значення отриманого критерію функціональної стійкості

Як видно із рис. 2, отриманий критерій є монотонно зростаючою функцією від імовірності справності ліній зв'язку. Тому робимо висновок, що отриманий критерій дає можливість явно вказувати вплив параметрів елементів інформаційної системи.

**Висновки.** В роботі отримана модифікація ймовірнісного критерію функціональної стійкості інформаційних систем. Досліджено специфіку його програмної реалізації та продемонстровано можливість його застосування для встановлення впливу стану елементів системи на її функціональну стійкість.

**Перелік посилань:**

1. Барабаш О.В. Побудова функціонально стійких розподілених інформаційних

систем. К. НАОУ, 2004. 226 с.

2. Миронюк М.Ю., Майстров О.О., Мусієнко А.П., Макарчук А.В. Аналіз побудови інтелектуальної інформаційної системи на основі поняття функціональної стійкості. Зв'язок, 2024, N 1 (167).

3. Барабаш О.В., Мусієнко А.П., Макарчук А.В. Порівняльний аналіз методів визначення показників функціональної стійкості інформаційних систем на прикладі повного перебору та методу Литвака-Ушакова. Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах, 2023, №4, С. 57–63.

4. Березовська Ю. В. Забезпечення функціональної стійкості інформаційної системи при обмеженій вихідній інформації про визначальні випадкові величини. Телекомунікаційні та інформаційні технології. 2020. № 4(69). С. 69–78.

<sup>1</sup> Магістрант 1 курсу Максименко П.О.

<sup>1</sup> Доц., к.е.н. Гусєва І.І.

[https://scholar.google.ru/citations?user=y5Zdo\\_YAAAAAJ](https://scholar.google.ru/citations?user=y5Zdo_YAAAAAJ)

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ ЗАСОБАХ НАНЕСЕННЯ ВІЗУАЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ НА МАПУ

**Постановка проблеми та її актуальність.** У сучасному світі, практично кожна особа має власний транспортний засіб, чи то автомобіль, мотоцикл чи велосипед, і багато з нас регулярно користуються цифровими картами для навігації та прокладання маршрутів. Ці карти відіграють значущу роль у нашому повсякденному житті, але, безумовно, ключовими факторами для їх успішного використання є точність і надійність наданих даних. І все частіше для цього починають використовувати штучний інтелект та комп'ютерний зір. Через що однією з ключових проблем стала розробка алгоритмів розпізнавання об'єктів, що забезпечують високу точність та надійність.

**Аналіз останніх досліджень.** Одним з напрямків використання комп'ютерного зору є розпізнавання візуальних об'єктів на дорозі та нанесення їх на мапу, до таких об'єктів можуть відноситися дорожні знаки, світлофори, певні перешкоди та інше.

Для таких цілей найчастіше використовують відео з камер автомобілів, на якому видно повз які дорожні знаки проїжджає автомобіль [1], та координати GPS для збереження розташування об'єктів.

**Формулювання мети.** Для нанесення об'єктів на мапу можливо використання інструментального засобу розпізнавання та розміщення візуальних об'єктів в шарах мапи з використанням комп'ютерного зору та штучного інтелекту, який буде обробляти відео з камери автомобіля паралельно записуючи GPS дані розпізнаних об'єктів.

**Основна частина.** Комп'ютерний зір (Computer Vision, CV) - це галузь штучного інтелекту, пов'язана з аналізом, класифікацією і розпізнаванням зображень і відео. В основі CV-систем зазвичай лежать алгоритми на базі машинного навчання з їх допомогою вони вчаться відрізняти одні об'єкти від інших, бачити патерни і закономірності [2].

Комп'ютерний зір, по суті, імітує те, як людина бачить і розуміє навколишній світ, але використовує цифрові зображення і відео замість очей і мозку.

Процес підготовки та роботи з комп'ютерним зором можливо поділити на основні етапи [3]:

- Збір даних
- Попередня обробка
- Виявлення об'єктів
- Локалізація об'єктів
- Класифікація об'єктів
- Відстеження об'єктів
- Вивід результатів
- Оновлення та Модифікація

На етапі збору даних система отримує відео з камер та координати GPS поточного розташування автомобіля, ці дані будуть оброблені та використані на наступних етапах.

Під час попередньої обробки до відео можуть бути застосовані зменшення шуму (Рис. 1), регулювання контрастності та масштабування, щоб забезпечити чіткість та збалансованість відеоряду, що може значно спростити подальше виявлення та класифікацію, шляхом зменшення об'єктів які можуть бути прийняті за щось важливе, або навпаки покращуючи відеоряд відкриваючи нові, до цього непомітні, об'єкти.



Рисунок 1 – Зменшення шуму на прикладі ліхтарів

Паралельно з цим отримані координати GPS використовуються для визначення напрямку руху (вектору руху) (1) автомобіля, що є необхідним для визначення по якій дорозі та в якому напрямку розташовані об'єкти.

$$v = P_2 - P_1, \quad (1)$$

де  $v$  – це вектор руху;

$P_1$  – координати першої точки;

$P_2$  – координати другої точки;

На етапах виявлення, локалізації та класифікації об'єктів використовують згорткову нейронну мережу, в яку покадрово надходять зображення з відео отриманих на попередньому етапі [4].

Згорткові нейронні мережі (CNN) - це спеціальна архітектура штучних нейронних мереж, запропонована Яном ЛеКуном у 1988 р. Цей алгоритм може приймати вхідне зображення та визначати важливість різних аспектів або об'єктів, присутніх на зображенні. Він також може відрізнити один об'єкт від іншого [5]. Це відбувається за рахунок виділення певних особливостей зображення, яке представляється у вигляді матриці пікселів.

CNN складається з 5 основних шарів (Рис. 2):

- Input layer - вхідні значення пікселів зображення, представленого у вигляді матриці.
- Convolution layer (згортка) - обчислюють вихідні дані вузлів, підключених до локальних областей вхідної матриці.
- ReLu layer (активація) - вихідний обсяг конволюційних шарів подається на по елементну функцію активації, як правило, ReLu.
- Pooling layer (об'єднання) – контролює надмірність, поступово зменшуючи кількість параметрів і обчислень у мережі.
- Fully connected layer – відповідає за фінальну класифікацію об'єкта, відносячи його до однієї з категорій.

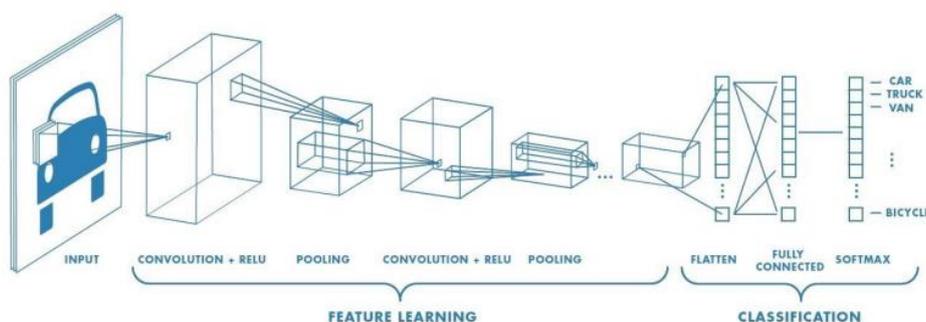


Рисунок 2 – Описана вище архітектура CNN з підписаними назвами шарів [5]

При цьому варто зазначити що шари згортки та об'єднання можуть повторюватися, що напряму впливає на те наскільки точно працює нейронна мережа.

Разом зі згортковими нейронними мережами, які розізнають об'єкти на кожному кадрі використовується відстеження об'єктів, для того щоб слідкувати за одним й тим самим об'єктом на протязі кількох і більше кадрів.

Такі методи можуть використовувати історію руху та прогнозування майбутніх позицій також вони є корисними при розпізнавання об'єктів оскільки запобігають повторному розпізнаванню одних й тих самих об'єктів на сусідніх кадрах.

Фінальним етапом є вивід або отримання результатів, який включає збереження класу об'єкта разом з його координатами та вектором руху під яким його було розпізнано. Це дозволяє зіставляти об'єкт та напрямок руху, під яким його було розпізнано, за рахунок чого є можливість використовувати ці дані для побудови маршрутів.

**Висновки.** Підсумовуючи використання комп'ютерного зору для нанесення візуальних об'єктів на мапу є інноваційним підходом, що відкриває широкі можливості в сферах геолокаційних сервісів та транспортних систем. Цей підхід дозволяє автоматизувати процес розпізнавання та інтеграції об'єктів у реальному часі, підвищуючи точність, ефективність та безпеку в різних галузях

#### **Перелік посилань:**

1. Чапліч С. Комп'ютерний зір – технологія, яка допомагає створити безпечне середовище на виробництві. ProIT: медіа для профі в ІТ. URL: <https://proit.org.ua/kompiuternii-zir-tiekhnologhiia-iaka-dopomaghaie-stvoriti-biezhpiechnie-sieriedovishchie-na-virobnitstvi/> (дата звернення: 08.03.2024).

2. Що таке комп'ютерний зір (Computer Vision, CV)? | TheTransmitted. URL: <https://thetransmitted.com/adlucem/shho-take-kompyuternyj-zir-computer-vision-cv/> (дата звернення: 03.03.2024).

3. Zilberman A. Пакет для новачків: що таке комп'ютерний зір?. ФЕЙСЕР. URL: <https://www.facerua.com/pakiet-dlia-novachkiv-shcho-takie-kompiuternii-zir/> (дата звернення: 08.03.2024).

4. Karim M. R., Sewak M., Pujari P. Practical Convolutional Neural Networks: Implement advanced deep learning models using Python. Packt Publishing - ebooks Account, 2018. 218 с.

5. Sumit S. A Comprehensive Guide to Convolutional Neural Networks – the ELI5 way. Medium. URL: <https://towardsdatascience.com/a-comprehensive-guide-to-convolutional-neural-networks-the-eli5-way-3bd2b1164a53> (дата звернення: 10.03.2024).

<sup>1</sup> Магістрант 1 курсу Невмержицький О.М.

<sup>1</sup> Проф., д.т.н. Коваль О.В.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=biglE98AAAAJ&hl=en>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## СЕМАНТИЧНИЙ ПОШУК НА ОСНОВІ ОНТОЛОГІЇ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО АНАЛІЗУ ТЕКСТІВ

**Постановка проблеми та її актуальність.** Автоматизований аналіз текстів є актуальною проблемою в сучасному інформаційному суспільстві. Текстова інформація надзвичайно широко розповсюджена, що створює потребу у швидкому та ефективному аналізі. Однак, традиційні методи аналізу мають свої обмеження в роботі з великим обсягом даних, недосконалі при відсутності контексту та мають складності при розпізнаванні символів слів[1]. Ці виклики створюють необхідність у розробці нових методів, зокрема в семантичному пошуку на основі онтології, для ефективного та точного аналізу текстової інформації.

**Аналіз останніх досліджень.** Традиційні методи аналізу текстів, такі як частотний аналіз, векторна модель та навіть нейронні мережі, мають певні обмеження. Наприклад, частотний аналіз не враховує контекст та семантику слова, векторна модель може втрачати інформацію про взаємозв'язки між словами, а нейронні мережі можуть бути важкими для інтерпретації та пояснення результатів.

Особливо важливо висвітлити недоліки попередніх підходів в порівнянні до семантичного пошуку. Багато існуючих систем базуються на ключових словах та синтаксичних правилах, що обмежує їхню здатність до врахування семантики тексту та контексту. Інші системи можуть страждати від проблеми "варіабельної семантики", коли термін може мати різний смисл у різних контекстах[2].

Ці недоліки та обмеження підкреслюють необхідність розвитку нових підходів, зокрема в контекстному семантичному пошуку, для ефективності аналізу інформації.

**Формулювання мети.** Основною метою дослідження є розробка ефективного методу семантичного пошуку на основі онтології. Цей метод повинен враховувати контекст та взаємозв'язки між термінами та поняттями для забезпечення точного та відповідного аналізу текстової інформації.

### **Основна частина.**

Контекстний семантичний аналіз

Метод моделювання семантичного контексту та обчислення семантичної контекстної близькості слів з використанням онтологічної бази знань є цікавим напрямком досліджень. Онтологія, яка є основою семантичного аналізу, дозволяє обчислювати смислову близькість між семантичними інтерпретаціями лексем тексту в межах їх контексту. Це важливо для розуміння мовного контексту та аналізу природномовних текстів.

Онтологія представляє собою ієрархічну семантичну мережу, де концепти (смислові одиниці) зв'язані семантичними відношеннями. Семантика кожного концепту описується його відношеннями до інших концептів. Використання онтологічних технологій дозволяє ефективно представляти та обробляти інформацію про оточуючий світ та предметні області у природній мові [3].

Такий підхід допомагає розширити можливості семантичного аналізу текстів та забезпечити більш точне розуміння мовного контексту.

Слова та словосполучення певної мови зберігаються в лексичі системи. Кожна лексема в системі посилається на множину значень, яку вона має в даній мові. Слово, вжите

поза контекстом, може мати будь-яке значення з множини концептів, які відповідають йому в онтологічній базі знань. Якщо слово вжите в контексті певного речення, то його значення має узгоджуватися із значеннями слів, які стоять поряд. Семантичні значення слів у реченні мають утворювати смислову єдність в структурі семантичного фрейму. Тому значення концептів слів, які стоять поряд, мають знаходитись семантично якомога ближче один до одного.

На вхід блоку контекстного аналізу подається послідовність слів  $W_1, W_2, \dots, W_n$ . Кожному слову послідовності відповідає множина значень-концептів з онтологічної мережі -  $\{S_{1i}\}, \{S_{2i}\}, \dots, \{S_{ni}\}$ . З кожної множини в процесі контекстного аналізу необхідно обрати по одному значенню таким чином, щоб вони знаходилися на максимально близькій відстані один від одного. Тобто, щоб сума відстаней від кожного концепту до всіх інших була мінімальною[3].

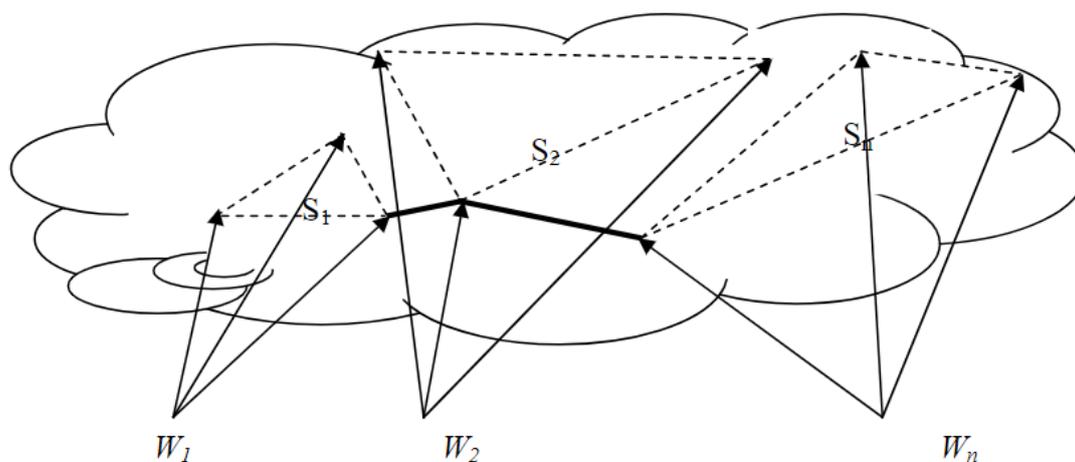


Рисунок 1 – Вибір найближчого розташування значень концептів

Існують два методи для визначення семантичної відстані між концептами:

**Простий пошук шляху:** Використовує класичний алгоритм пошуку найкоротшого шляху у графі. При цьому всі зв'язки між концептами розглядаються як однакові. Це може бути реалізовано як числове ранжування зв'язків, де кожному з них присвоюються вагові коефіцієнти.

**Евристичний пошук:** Використовується обмежений набір послідовностей типів зв'язків. Наприклад, деякі послідовності можуть бути заборонені, тоді як інші дозволяються. Автомат евристики використовується для відбору відповідних зв'язків, які відповідають заданим правилам[2].

Після знаходження найкоротшого шляху між концептами, його довжина вважається семантичною відстанню між ними.

**Семантико-синтаксичний аналіз**

Модель взаємодії синтаксичного та семантичного аналізу включає кілька етапів, починаючи з синтаксичного аналізу за допомогою алгоритму Кока-Янгера-Косамі (СҮК). Під час синтаксичного аналізу нетерміналі, які визначають синтаксичні групи, отримують семантичне значення. Кожна синтаксична група в мові відображає ціле смислове значення, що допомагає у подальшому аналізі тексту. Оцінка семантичної адекватності формується шляхом обчислення найкоротшого шляху в онтологічній мережі між концептами, які відповідають нетерміналам, що утворюються під час синтаксичного аналізу[4].

Після цього виконується побудова семантичного фрейму речення, де кожен слот заповнюється відповідно до синтаксичної позиції слова в граматичній структурі речення. Наприклад, відмінки Філмора використовуються для вибору типу слоту для заповнення значенням концепту.

Нарешті, ізольовані семантичні фрейми речень об'єднуються в зв'язну семантичну

мережу тексту. Це відбувається шляхом злиття семантично тотожних вершин між різними фреймами. Якщо у двох фреймах є вершини, що посилаються на один семантичний концепт, вони об'єднуються в одну вершину[4].

Отже, на виході ми отримуємо семантичну мережу тексту, яка містить у вершинах концепти тексту, а зв'язки між ними відображають семантичні відносини у тексті.

**Висновки.** Описана модель реалізує підхід до асоціативно-семантичного аналізу текстів природною мовою. Цей підхід базується на принципі асоціативного контекстного пошуку найкоротших шляхів в онтологічній мережі між семантичними значеннями лексем тексту. Технологія асоціативно-семантичної обробки текстів, яка базується на цій моделі, використовує лінгвістичні бази знань та алгоритмічні блоки для різних етапів лінгвістичного аналізу та смислової обробки текстових структур. Застосування розробленої технології дозволяє створити ряд систем автоматичної обробки текстів природною мовою.

**Перелік посилань:**

1. Jurafsky Daniel. Speech and Language Processing: An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistics, and Speech Recognition Daniel Jurafsky, James H. Martin. - 3rd edition. - Prentice Hall, 2019. - 621 p.

2. Paranyushkin, D (2019). InfraNodus: Generating Insight Using Text Network Analysis, Proceedings of WWW '19 The World Wide Web Conference, Pages 3584-3589, San Francisco, CA, USA.

3. Information retrieval document search using vector space model in R — 2017. URL: <https://www.datasciencecentral.com/information-retrieval-document-search-using-vector-space-model-in/> (дата звернення 02.03.2024)

4. Ю.О. Олійник, О.Є. Афанасьєва, Г.Д. Аршакян Підхід до виявлення аномалій в потоках текстових даних. «Системні технології» 2 (127) 2020 – С.126-139 p.

<sup>1</sup> Магістрант 1 курсу Остапенко І.П.

<sup>1</sup> Доц., д.т.н. Федорова Н.В.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=uRvUNAcAAAAJ&hl=en>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## МЕТОДИ ЗБОРУ ДАНИХ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ

**Постановка проблеми та її актуальність.** Моніторинг – це процес збору даних під час спостереження над об'єктом. В загальному моніторинг будь-яких системи є важливою задачею. Базуючись на отриманих даних можна зробити висновки щодо роботи системи, а саме: ефективності, доцільності, знаходження вузьких і слабких місць. Також якщо моніторинг відбувається в режимі реального часу, то є можливість виявляти та превентивно реагувати на проблеми, що виникають. Чим більш важлива і критична система, там більш важливий моніторинг і швидка реакція на зміни. Якщо розглянути енергетичні системи, то вони бувають різні. В залежності від масштабів системи ціна допущення зламу системи може бути різною: від відключення певного пристрою в будинку (домашні енергетичні системи) до техногенної катастрофи (атомні електростанції, енергетичне забезпечення критичних інфраструктур, тощо).

Моніторинг складається з наступних підсистем: систем збору даних, систем відображення даних, систем аналізу даних, системи контролю, систем прогнозування. Збір даних - найважливіший процес моніторингу, оскільки на базі отриманих даних інші системи виконують свої задачі.

Енергетичні системи – це апаратно-програмний комплекс, що містить як і фізичні пристрої так і спеціальне програмне забезпечення.

Фізичні показники компонент енергетичних систем можна збирати за допомогою Інтернету речей (IoT).

Спеціальне програмне забезпечення енергетичної системи використовують системні ресурси вузла, на якому вони запущені. Стан вузлів та стан цього програмного забезпечення є цікавою інформацією для моніторингу.

**Аналіз останніх досліджень.** Існують кілька готових рішень, щодо моніторингу енергетичних систем: Siemens Spectrum Power, Schneider Electric EcoStruxure, ARB Ability Energy Management System, Honeywell Forge Energy Optimization, EnerNOC Energy Intelligence Software, Emerson Ovation, Rockwell Automation PowerMonitor та багато інших, також є державні проекти енергетичних систем, в яких також є система моніторингу [1].

**Основна частина.** В залежності від енергетичної системи датчики для збору показників вимірювань можуть бути різними, але мають концептуально однакову структуру. Вони складаються з вимірювального пристрою; плати, що передає інформацію на певний вузол системи; інформаційні протоколи взаємодії між вимірювальним пристроєм, платою, вузлом системи.

Основні фізичні характеристики за якими доцільно спостерігати в енергетичних системах:

- Датчики температури використовуються для виявлення надмірного охолодження або нагрівання обладнання.

- Датчики тиску використовуються для виявлення проблем у трубопроводах, резервуарах, підстанцій, тощо.

- Датчики рівня рідини дозволяють спостерігати за запасами, притоками, витоками рідин.

- Лічильники енергії вимірюють споживану електроенергію, газ, води в різних точках системи.

В залежності від фізичного розміщення компонентів енергетичної системи можуть бути використані різні фізичні протоколи взаємодії. Найбільш популярним рішенням є M-Bus. M-Bus (Meter-Bus) [2] – це стандарт протокол зв'язку, спеціально розроблений для зчитування даних з лічильників енергії, води, газу та інших вимірювальних приладів. Особливості і зручність використання цієї технології:

- Використовує шину з низьким рівнем напруги (36 В), що дозволяє підключати до 250 приладів до одного мережевого контролера.

- Кожен прилад на шині має свою унікальну адресу, що дозволяє ідентифікувати датчики в мережі.

- Використовує протокол мастер-слейв (фізично реалізовано як двопровідна шина), дані передаються за допомогою фреймів. При наявності пошкодження однієї лінії, це можна ідентифікувати і виправити при цьому передача даних не буде перервана.

- Швидкість даних може бути гнучко налаштована від 300 до 9600 біт за секунду. Цієї швидкості достатньо для передачі даних з лічильників в більшості випадків.

- Гнучке налаштування джерела живлення шини, це може бути як централізоване живлення, так і живлення від приладу.

- Існують багато приладів, які підтримують цей протокол.

- Для максимальної швидкості передачі даних (9600 біт за секунду) довжина кабеля 350 метрів. Чого достатньо для більшості енергетичних систем. Якщо системи фізично займають більші розміри, то можна архітектурно ділити систему на менші підсистеми. Також існують довші кабелі та підсилювачі сигналу, але в такому випадку швидкість буде меншою.

Існують два найпоширеніших концептуальних підходів щодо форми передачі даних по шині M-Bus. Перший полягає у використанні зрозумілих для людині (human-readable) форматах, наприклад JSON. В такому випадку легко відлагоджувати систему. Другий – у використанні зжатою формату даних, наприклад побітовий протокол взаємодії. Це економить витрати електроенергії, оскільки пакет займає менше бітів. В залежності від розмірів системи, але в продовж тривалого користування системи ця економія є значною.

В енергетичних системах в більшості випадків вузли мають операційну систему на базі ядра Linux, оскільки вона забезпечує простіші та доступніші механізми для системного адміністрування та може запускатися на пристроях з невеликими системними потужностями.

Для моніторингу вузла та роботи спеціального програмного забезпечення можна використовувати утиліти `top` [3], `iftop` [4].

Утиліта `top` надає інформацію щодо використання системних ресурсів (віртуальну пам'ять, фізичну пам'ять, поточний стан процесу, центрального процесору, оперативної пам'яті) запущених процесів та вузлом загалом.

Утиліта `iftop` надає інформацію щодо використання мережевого трафіку (наявні підключення, передачу даних, швидкість передачі).

За допомогою файлової системи можна переглядати вивід (`stdout`, `stderr`) процесу.

$$\text{tail} - f / \text{proc} / < \text{pid} > / \text{fd} / < \text{std\_id} > , \quad (1)$$

де `pid` – це ідентифікатор процесу, `std_id` – це номер потоку (1 = `stdout`, 2 = `stderr`) [5].

Отримані дані щодо характеристик фізичних компонент, вузлів та спеціального програмного забезпечення можуть бути попередньооброблені за допомогою використання підходу туманних обчислень.

**Висновки.** Моніторинг енергетичних систем – це комплексна задача, що складається з моніторингу апаратних та програмних засобів системи. Етап збору даних щодо компонентів системи може мати різні реалізації, але має спільний загальний підхід.

#### **Перелік посилань:**

1. Verma, Samakshi & Kameswari, Yeluripati & Kumar, Sonu. (2024). A Review on Environmental Parameters Monitoring Systems for Power Generation Estimation from Renewable

Energy Systems. BioNanoScience. 1-25. 10.1007/s12668-024-01358-4.

2. Miehlisch F. The M-Bus: A Documentation Rev. 4.8. URL: <https://web.archive.org/web/20120630005015/http://www.m-bus.com/mbusdoc/default.php>. (дата звернення 13.03.2024)

3. top(1) — Linux manual. URL: <https://man7.org/linux/man-pages/man1/top.1.html> (дата звернення 13.03.2024)

4. iftop(8) - Linux manual. URL: <https://linux.die.net/man/8/iftop> (дата звернення 13.03.2024)

5. proc(5) — Linux manual. URL: <https://man7.org/linux/man-pages/man5/proc.5.html> (дата звернення 13.03.2024)

<sup>1</sup> Магістрант 1 курсу Половінкін П.О.

<sup>1</sup> Доц., к.е.н. Недашківський О.Л.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=qT72SMYAAAAJ&hl=en>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ТЕСТУВАННЯ РОЛЕЙ ЯК СПОСІБ КІНЦЕВОГО ПОКРАЩЕННЯ ВЕБ-ДОДАТКУ

**Постановка проблеми та її актуальність.** Дослідження і результати були отримані в ході виконання роботи за темою магістерської дисертації «Моделі та методи опису та проведення тестування програмного продуктів на прикладі тестування веб-додатку кабінету аспіранта кафедри» Половінкін П. О.

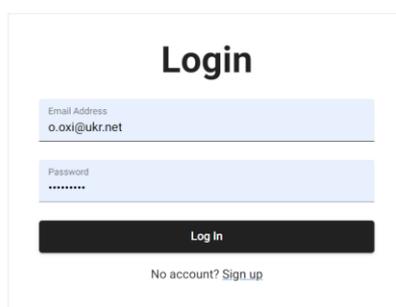
**Аналіз останніх досліджень.** У наш час велика частина нашого оточення залежить від різноманітних програм та веб-додатків, і важливо, щоб вони працювали належним чином. Однією з ключових складових забезпечення правильної роботи цих додатків є тестування, а особливо важливим є тестування ролей у веб-додатках, які ми використовуємо.

**Формулювання мети.** Тестування ролей полягає в спробі відтворити сценарії, які можуть виникнути, коли різні люди використовують наш веб-додаток [1]. Цей процес допомагає виявити проблеми та покращити його з метою забезпечення його зручності та корисності для всіх користувачів. Порівняно з іншими методами тестування, такими як тестування окремих компонентів або перевірка сумісності всіх частин, тестування ролей дозволяє нам бачити, як система працює в реальному житті, коли люди взаємодіють з нею по-різному [2].

**Основна частина.** Наприклад, дивлячись на рисунок 1 можна побачити, яким чином відбувається вхід користувача, а саме студента в кабінет аспіранта автоматизовано:

Graduate Students Office

---



The image shows a login interface with the following elements:

- Title: Login
- Email Address field: o.oxi@ukr.net
- Password field: masked with dots
- Log In button
- Link: No account? Sign up

Рисунок 1 – Вхід роботом в кабінет аспіранта

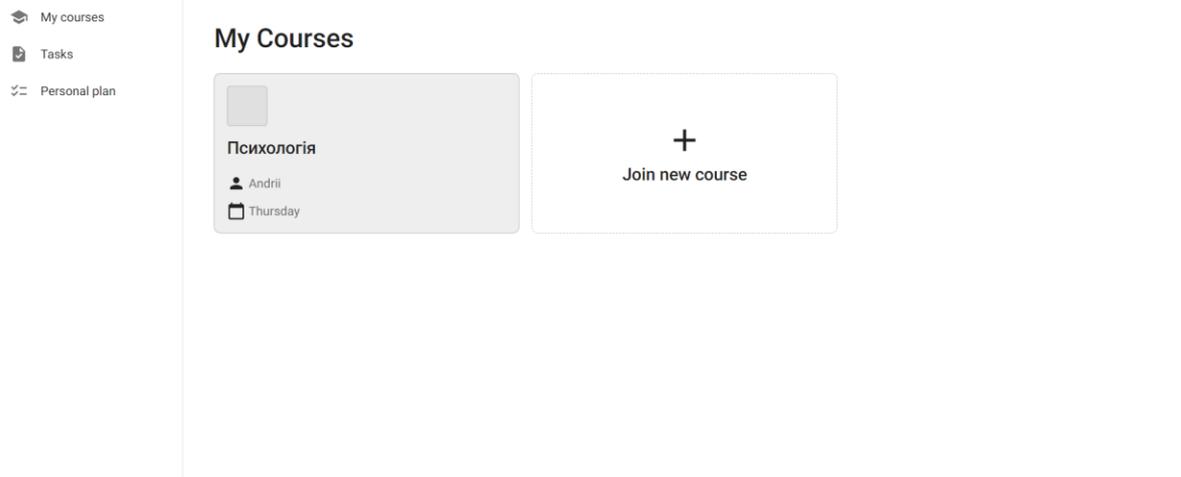


Рисунок 2 – Вид кабінету після входу під аспірантом

З рис. 2 можна помітити деякі ключові моменти взаємодії, наприклад:

- Аспірант має одну дисципліну, що називається «Психологія», викладачем якої є Андрій

- Аспірант може вступити до нового курсу, натиснувши на кнопку «Join new course»  
Усі дії виконуються завдяки роботі, або ще можна сказати автоматизованому тестуванню, що запускає веб-кабінет від імені двох користувачів, а саме аспіранта та викладача і перевіряє взаємодію між ними. Результати зберігаються і після обробки роботом усіх сценаріїв перетворюються у діаграми.

Перейдемо до результатів тестування, побудови діаграм та їх аналізу [3]:

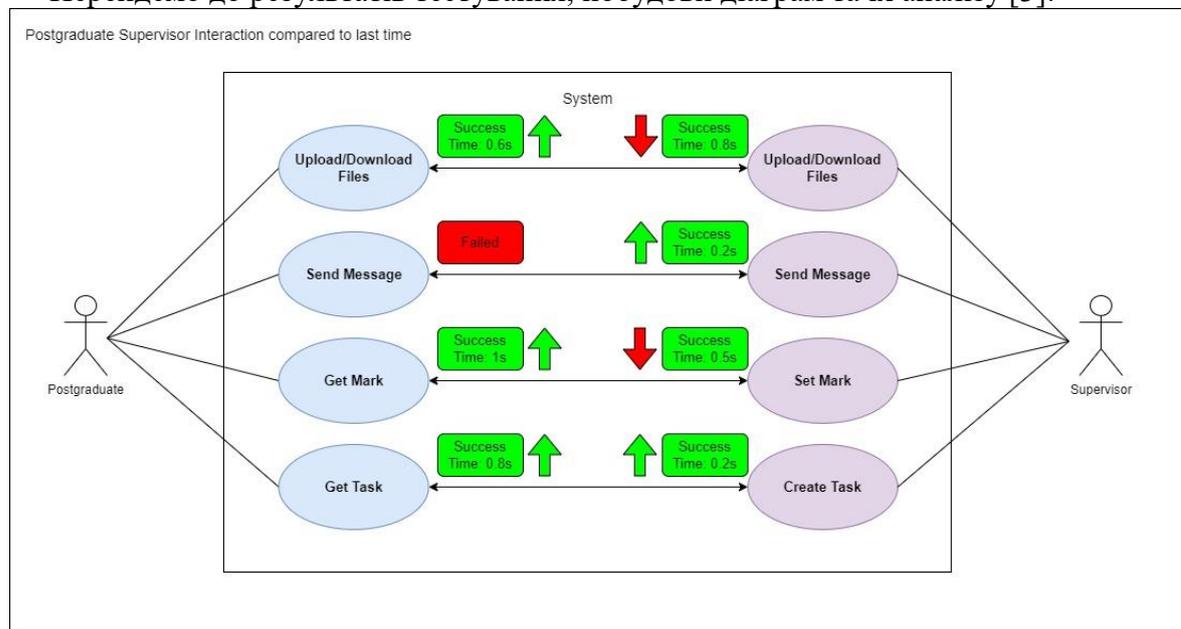


Рисунок 3 – UML-діаграма, створена на базі автоматизованого тестування

Використовуючи цей підхід на базі даних, зібраних роботом, тестувальник отримує можливість графічно відобразити результати тестування на прикладі діаграми взаємодії між аспірантом та науковим керівником. Як видно з рисунку 3, більшість тестів пройшла успішно. Наприклад, аспірант успішно скачав файл, який був завантажений науковим керівником, за 0.6 секунд. Зелена стрілка позначає покращення у порівнянні з попереднім разом, вказуючи на швидше завантаження файлу.

З іншого боку, науковий керівник скачав файл аспіранта за 0.8 секунд, і червона стрілка, спрямована вниз, вказує на зменшення швидкості, порівняно з попереднім

тестуванням, що свідчить про погіршення результату. Аналогічно, щодо відправки повідомлення: науковий керівник відправив його за 0.2 секунди, але аспірант не отримав його.

Плюсом цього підходу є можливість будувати діаграми на основі даних за різні періоди, такі як тиждень або місяць. Збираючи статистику та аналізуючи великий обсяг даних, можна проводити загальний аналіз поведінки веб-додатку кабінету аспіранта кафедри та виявляти зміни у роботі системи під впливом автоматизованого тестування.

**Висновки.** Завдяки тестуванню ролей автоматизованим методом вдалось поліпшити ефективність роботи системи, користувацький досвід та довести веб-додаток до ідеалу.

**Перелік посилань:**

1. Цем К., Хунг К'ю Н., Джек Ф. Тестування комп'ютерного програмного забезпечення: навчальний посібник, 1999. 480с.

2. Роберт К., Кріс Б., Гері К. Швидке тестування: навчальний посібник, 2001. 414 с.

3. Джеральд М. В. Ідеальне програмне забезпечення та інші ілюзії щодо тестування: навчальний посібник, 2008. 200с.

<sup>1</sup> Магістрант 1 курсу Полякова А.Р.; <sup>1</sup> Магістрант 1 курсу Лісняк О.М.

<sup>1</sup> Доц., к.т.н. Коваль О.В.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=biglE98AAAAJ&hl=en>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ДОРУЧЕНЬ ЩОДО ДІЯЛЬНОСТІ КАФЕДРИ ЗА РАХУНОК ДОДАВАННЯ РОЛЕЙ КОРИСТУВАЧАМ ТА БІЛЬШ ІНФОРМАТИВНОЇ СТОРІНКИ СИСТЕМИ

**Постановка проблеми та її актуальність.** Освітній процес постійно змінюється під впливом нових технологій та підходів. Модернізація системи контролю доручень дозволить легше впроваджувати нові методи навчання та відповідати потребам сучасних студентів.

Зміцнення системи контролю доручень на кафедрі університета може покращити управління діяльністю цієї кафедри, а інтеграція нових ролей користувачів дозволить краще розподіляти обов'язки та підвищити продуктивність. Модернізація системи дозволить більш точно відслідковувати доручення та дотримання стандартів та нормативів в сфері освіти, що може бути важливим для акредитації та забезпечення якості освітнього процесу. Впровадження нових ролей користувачів і більш інформативної системи дозволить полегшити обмін інформацією між викладачами, адміністрацією та іншими зацікавленими сторонами, що сприятиме кращій співпраці та комунікації.

Узагальнюючи, тема магістерської дисертації про модернізацію системи контролю доручень на кафедрі має важливу актуальність для покращення управління та якості освіти, забезпечення безпеки даних та відповідності сучасним вимогам освітнього середовища

**Аналіз останніх досліджень.** Подібні системи контролю процесів набули широкого використання, особливо в ІТ сфері. Найбільш популярні додатки, такі як Jira або Trello компанії Atlassian, надають функціонал для керування роботою команди за допомогою дощок з завданнями, призначаючи виконавців, строки та інше[1, 2].

Також в контексті існуючих рішень можна розглянути системи документообігу, наприклад, сервіс Вчасно. Він дозволяє здійснювати швидкий обмін документами всередині компанії, що могло б певним чином допомогти з проблематикою даної роботи.

Але такі системи мають певні недоліки, пов'язані з вузькою сферою застосування, адже керування кафедрою і обмін дорученнями не надто співпадає з керуванням проектом або обміном документами, тож на даному етапі не маємо багато рішень, що могли б вирішити окреслену вище проблему.

Якщо роздивлятися керування кафедрою та дорученнями саме з точки зору автоматизації процесів на кафедрі то можна звернути увагу на наукову статтю від австралійського університету Deakin. Загалом можна побачити що спільний задум є схожим, однак їх програмне рішення не є повністю універсальним та загальнодоступним. Воно є більш спеціалізованим для їх методології викладання та внутрішніх процесів[3].

**Формулювання мети.** Метою дослідження є покращення системи контролю доручень діяльності кафедри з метою додавання нових ролей користувачам та забезпечення більш інформативної сторінки системи, що дозволить ефективно керувати процесами на кафедрі і покращить взаємодію між суб'єктами цим процесів.

**Основна частина.** Для досягнення поставленої мети були сформульовані завдання дослідження, що визначили його структуру. Першим кроком в роботі над модернізацією системи є детальний аналіз існуючої системи, включаючи її структуру, функціональність та обмеження. Система представляє собою серверну частину, яка складається з бази даних та бекенду, що реалізує CRUD функції, а також дозволяє здійснювати фільтрацію даних. База даних здебільшого складається з полів, що відносяться до самих доручень.

Наступним кроком є визначення потреб користувачів системи і концепції її модернізації. Ключову роль в системі відіграє зручний, інтуїтивно-зрозумілий інтерфейс, що дозволить ефективно взаємодіяти з системою. Саме це дозволить залучити широке коло користувачів і відповісти на їх запити. Оптимальним рішенням в даному випадку стає веб-додаток, тобто такий, який не залежатиме від конкретного програмного забезпечення, і не потребуватиме жодних налаштувань для експлуатації системи. Веб-додаток має надавати інформацію щодо всіх дотичних до користувача доручень, містити функціонал для керування дорученнями та фільтрацію, а також особистий кабінет користувача. Зручним рішенням буде також сповіщення на електронну пошту щодо змін у статусі доручень.

Також аналіз потенційних користувачів показав, що можна їх розділити на групи відповідно до завдань, які вирішуватиме система. Таким чином, було прийнято рішення впровадити у систему ролі, такі як Користувач або Виконавець (“User”) - той, кому доступний базовий функціонал системи і хто отримує доручення, Керівник (“Head”) - той, що може видавати розпорядження, розширений функціонал, і Адміністратор (“Admin”) - той, що здійснює керування користувачами системи.

Основними вимогами до розробленої системи є: зручний та зрозумілий інтерфейс користувача, швидкодія, безперебійна робота із базою даних та доступність.

Для досягнення поставлених задач була розширена і реорганізована база даних системи, розроблені нові моделі, додані необхідні функції до контролера, а також реалізована фронтенд частина програмного продукту.

Тестування нових функцій та ролей користувачів показало, що система контролю доручень є ефективним інструментом в діяльності кафедри та задовольняє потреби користувачів.

**Висновки.** Підсумовуючи, система керування дорученнями на кафедрі університету є необхідним інструментом для організації навчальних процесів. Її модернізація дозволить розширити функціонал та більш ефективно здійснювати контроль діяльності кафедри. Саме тому розробка даної системи є важливим завданням і дозволить вирішити проблеми персоналу пов’язані з управлінням.

#### **Перелік посилань:**

1. Jira | Issue & Project Tracking Software | Atlassian. URL: <https://www.atlassian.com/software/jira> (дата звернення: 13.03.2024).

2. Керуйте проектами своєї команди звідусіль | Trello. URL: <https://trello.com/home> (дата звернення 13.03.2024)

3. Bobe, Belete & Taylor, Dennis & Bobe, Mr. (2010). Use of management control systems in university faculties: evidence of diagnostic versus interactive approaches by the upper echelons. Proceedings of the 6th Asia Pacific Interdisciplinary Research in Accounting Conference. URL: [https://www.researchgate.net/publication/228384659\\_Use\\_of\\_management\\_control\\_systems\\_in\\_university\\_faculties\\_evidence\\_of\\_diagnostic\\_versus\\_interactive\\_approaches\\_by\\_the\\_upper\\_ec\\_helons](https://www.researchgate.net/publication/228384659_Use_of_management_control_systems_in_university_faculties_evidence_of_diagnostic_versus_interactive_approaches_by_the_upper_ec_helons)

<sup>1</sup> Магістрант 1 курсу Сопронюк Ю.А.

<sup>1</sup> Проф., д.т.н. Гаврилко Є.В.

[https://scholar.google.com.ua/citations?user=3Gfi\\_AwAAAAJ&hl=en](https://scholar.google.com.ua/citations?user=3Gfi_AwAAAAJ&hl=en)

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## СИСТЕМА КОНТРОЛЮ РАДІАЦІЙНОГО ОПРОМІНЕННЯ ПЕРСОНАЛУ НА ТЕРИТОРІЯХ ЧАЕС НА ОСНОВІ ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ

**Постановка проблеми та її актуальність.** В контексті операцій на територіях Чорнобильської атомної електростанції (ЧАЕС), де працює персонал з різними обов'язками, включаючи обслуговування реакторів та здійснення ремонтних робіт, система контролю радіаційного опромінення стає критично важливою для забезпечення безпеки та охорони здоров'я працівників. Незважаючи на існуючі заходи безпеки, ризик опромінення залишається високим, особливо під час виконання робіт у зоні високого радіаційного навантаження. У зв'язку з цим є необхідність створення й оптимізації єдиної системи, яка буде керувати й аналізувати дані які надходять з ЧАЕС. Це дозволить покращити радіаційну безпеку персоналу і зменшити ризики здоров'ю.

**Аналіз останніх досліджень.** На сьогоднішній день дослідження з використанням ГІС-технологій для систем контролю радіаційного опромінення персоналу на територіях ЧАЕС вкладають значний внесок у розвиток безпеки працівників та ефективного управління радіаційними ризиками.

Дослідники розробили системи моніторингу радіаційного опромінення, які можуть використовуватися для відстеження дози опромінення персоналу в режимі реального часу. Ці системи можуть допомогти персоналу уникнути надмірного опромінення. Одна з таких систем – RadSpace. Це унікальна дворівнева система з клієнт-серверною архітектурою, яка призначена для віддаленого моніторингу радіаційного стану навколишнього середовища. Система забезпечує отримання в режимі реального часу інформації про рівень радіації з пунктів моніторингу, які з'єднані з серверним комп'ютером GPRS каналом [1].

Також, велику увагу до контролю радіаційного опромінення приділяє Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України, яке збирає дані про екологічні загрози, спричинені окупантами РФ, та розробляє план для їхньої подальшої ліквідації. Міндовкілля працює над відновленням екологічних об'єктів після окупації [2].

Дослідження, які використовують ГІС-технології для систем контролю радіаційного опромінення персоналу на територіях ЧАЕС, мають велике значення для забезпечення безпеки працівників та ефективного управління радіаційними ризиками. Розроблені системи моніторингу радіаційного опромінення, зокрема RadSpace, дозволяють відстежувати дози опромінення персоналу в реальному часі, що сприяє уникненню надмірного опромінення.

**Формулювання мети.** Метою дослідження є створення та вдосконалення системи контролю радіаційного опромінення персоналу, яка базується на ГІС-технологіях для територій Чорнобильської атомної електростанції (ЧАЕС). Це включає в себе розробку програмного забезпечення, обробку та аналіз даних про радіаційне забруднення на території станції та її навколишній території. Мета також включає дослідження системи моніторингу та візуалізації даних з метою раннього виявлення потенційних радіаційних загроз для персоналу та реагування на них. Основною метою є забезпечення безпеки працівників на територіях ЧАЕС та мінімізація ризиків внаслідок радіаційного опромінення, що в свою чергу сприятиме збереженню здоров'я персоналу, збереженню екології та підвищенню рівня довіри до ядерної енергетики.

### Основна частина.

В ході даного дослідження розглядалась побудова безпечного маршруту та аналіз

отриманих даних щодо радіаційного опромінення персоналу. Також приділялася увага інформаційній системі для доступу до інформації про радіаційний стан та наслідки радіаційного опромінення.

Насамперед, під час виконання дослідження було проведено:

1. Збір історичних даних про радіаційне опромінення на території ЧАЕС та навколишніх районах, включаючи дані від датчиків радіації та інші джерела. Аналіз цих даних для визначення зон з підвищеним рівнем радіації та підходів до мінімізації ризиків.

2. Визначення безпечних маршрутів на основі отриманих даних, які мінімізують експозицію персоналу радіації. Це включає використання ГІС для візуалізації даних та ідентифікації зон з найменшим рівнем радіаційного опромінення [3].

3. Розробка алгоритмів обходу зон ризику для автоматичного обходу або уникнення зон з підвищеним рівнем радіації при побудові маршрутів для персоналу. Ці алгоритми можуть враховувати не лише радіаційний фон, але й інші фактори, такі як доступність шляхів та транспортні маршрути.

4. Впровадження технологій навігації та моніторингу, таких як GPS та мобільні додатки, для забезпечення безпеки персоналу під час переміщення по визначених маршрутах.

Дані дослідження було проведено з метою забезпечення безпеки персоналу на території Чорнобильської атомної електростанції (ЧАЕС) та в навколишніх районах в умовах підвищеного радіаційного фону. Таким чином, було отримано:

1. Мінімізацію експозиції персоналу радіації. Насамперед, Дослідження дозволило визначити безпечні маршрути для переміщення персоналу, що мінімізують їхню експозицію до радіаційного опромінення. Це особливо важливо для забезпечення безпеки працівників, які регулярно пересуваються по території станції.

2. Забезпечення інформованості персоналу: Інформаційна система, в ході дослідження, буде дозволяти персоналу швидко та зручно отримувати доступ до даних про радіаційний стан та наслідки радіаційного опромінення. Це допоможе персоналу бути краще інформованим про потенційні ризики та вживати відповідних заходів безпеки.

3. Підвищення ефективності управління радіаційною безпекою. Результати аналізу даних про радіаційний стан дозволяють управляти ресурсами та заходами безпеки більш ефективно. Впровадження алгоритмів обходу зон ризику дозволяє оптимізувати маршрути пересування персоналу, що є важливим елементом управління радіаційною безпекою.

**Висновок.** У ході даного дослідження було встановлено, що створення та вдосконалення системи контролю радіаційного опромінення персоналу на територіях Чорнобильської атомної електростанції (ЧАЕС) є критично важливим для забезпечення безпеки працівників та мінімізації ризиків внаслідок радіаційного опромінення. На основі зібраних даних та виконаного аналізу було виявлено, що розроблена система, яка базується на ГІС-технологіях, може ефективно сприяти цілям безпеки та моніторингу, а також будувати безпечний маршрут.

#### **Перелік посилань:**

1. RadSpace. Автоматизована система віддаленого радіаційного моніторингу. URL: <https://ecotest.ua/products/radspace> (дата звернення 11.3.2024)

2. Екозагроза. Офіційний ресурс Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України. URL: <https://ecozagroza.gov.ua/> (дата звернення 11.3.2024)

3. Law M., Collins A. Getting to Know ArcGIS Desktop. Redlands, California : Esri Press, 2018. 600 с.

<sup>1</sup> Магістрант 1 курсу Трощинський О.А.

<sup>1</sup> Доц., д.т.н. Федорова Н.В.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=uRvUNAcAAAAJ&hl=en>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ДАНИХ ЯКОСТІ СИГНАЛУ NB-IOT НА БАЗІ ГІС ТЕХНОЛОГІЙ

**Постановка задачі та її актуальність.** У наш час, інтернет речей (IoT) став неодмінною складовою багатьох аспектів нашого життя, від побутових пристроїв до промислових систем. Розширення мереж IoT, зокрема мереж Narrowband IoT (NB-IoT) [1], дозволяє підключати велику кількість пристроїв з низьким споживанням енергії (Рис. 1), що робить їх привабливими для застосувань у багатьох галузях.

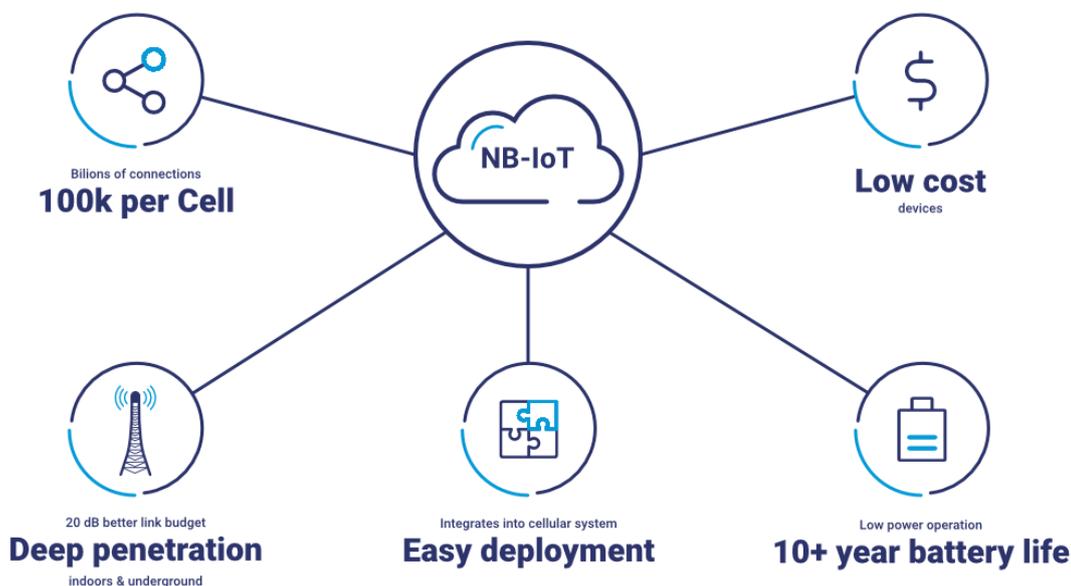


Рисунок 1 – Основні переваги NB-IoT

Однак, разом зі зростанням кількості підключених пристроїв збільшується і вимоги до якості зв'язку в мережах Nb-IoT. Проблеми зі стабільністю та якістю сигналу можуть виникати з різних причин, включаючи географічні особливості місцевості, відстань до базових станцій, а також технічні труднощі.

Зрозуміння якості сигналу та її візуалізація є ключовими елементами для ефективного функціонування мереж Nb-IoT. Необхідність у розробці методів моніторингу та управління якістю зв'язку стає важливою проблемою у контексті розвитку IoT технологій.

Попри значний прогрес у розвитку технологій IoT та мереж Nb-IoT, існують кілька невирішених завдань, пов'язаних з якістю зв'язку в цих мережах. Деякі з основних питань, що залишаються невирішеними, включають:

- Аналіз географічних особливостей. Дослідження впливу географічних факторів, таких як рельєф місцевості, зони покриття, густина населення на якість зв'язку в мережах Nb-IoT.

- Ефективні методи візуалізації даних. Розробка інструментів візуалізації, які дозволять операторам мереж і кінцевим користувачам зрозуміти якість сигналу і приймати швидкі та обґрунтовані рішення щодо його покращення.

- Інтеграція з ГІС технологіями. Розробка методів інтеграції з ГІС технологіями для відображення просторових даних якості сигналу на картографічних сервісах та мапах.

Ці не вирішені завдання становлять ключові виклики у розробці ефективних та стабільних мереж Nb-IoT, і вирішення їх може сприяти подальшому розвитку та впровадженню IoT технологій.

**Аналіз останніх досліджень.** Останні дослідження в галузі якості сигналу в мережах Nb-IoT [2] та її візуалізації на базі ГІС технологій зосереджуються на кількох ключових аспектах:

- Географічні впливи на якість сигналу: було встановлено, що географічні особливості, такі як рельєф місцевості, типи будівель, ландшафт та інші, мають значний вплив на якість сигналу в мережах Nb-IoT. Деякі з цих досліджень розглядали методи врахування географічних факторів у вимірюванні та аналізі якості сигналу.

- Використання ГІС для візуалізації даних: останні дослідження активно досліджують можливості використання ГІС технологій для візуалізації даних якості сигналу в мережах Nb-IoT. Ці дослідження вказують на потенціал ГІС для аналізу просторових даних та надають нові можливості для візуалізації та розуміння якості сигналу на різних територіях.

- Оптимізація мереж: деякі дослідження присвячені розробці методів оптимізації мереж Nb-IoT на основі отриманих даних про якість сигналу. Ці дослідження вказують на потенціал використання отриманих даних для покращення продуктивності та ефективності мереж.

Загальний аналіз показує, що в галузі якості сигналу в мережах Nb-IoT вже було проведено значні дослідження, проте існують можливості для подальших вдосконалень і розширення області застосування цих методів.

**Формулювання мети.** Мета дослідження полягає в розробці ефективного інструменту візуалізації даних якості сигналу мережі Nb-IoT з використанням ГІС-технологій. Зокрема, визначити фактори, що впливають на якість сигналу, урахувавши географічні особливості, та розробити методи візуалізації, що дозволяють аналізувати ці дані у просторовому контексті.

**Основна частина.** Для реалізації програмного забезпечення для візуалізації даних якості сигналу Nb-IoT були використані сучасні технології та інструменти розробки. Основний акцент був зроблений на забезпечення ефективної та зручної інтерактивної візуалізації даних для користувачів.

На рівні бекенду використовувався Python, основний мовний інструмент для програмування. Для реалізації веб-додатку використовувався фреймворк Django, який надає зручні засоби для розробки веб-додатків та вбудовану адміністративну панель для керування даними.

На фронтенді використовувалися сучасні технології, зокрема JavaScript [3] та бібліотека React. React надає можливості для створення інтерактивного та динамічного користувацького інтерфейсу, що дозволяє зручно взаємодіяти з даними та візуалізацією. Leaflet.js є потужною бібліотекою JavaScript для відображення інтерактивних карт на веб-сайтах. Вона дозволяє легко вбудовувати карти та підтримує різні типи шарів, включаючи теплові карти для візуалізації густини даних. Використання Leaflet.js [4] дозволить користувачам зручно навігувати по мапі та взаємодіяти з даними, представленими на тепловій карті, зробивши процес аналізу даних більш інтерактивним і зручним.

Окрім того, використання бази даних PostgreSQL дозволило забезпечити ефективне зберігання та доступ до великих обсягів даних про якість сигналу та геопросторову інформацію.

Увесь процес розробки відбувався з урахуванням сучасних практик програмування, зокрема принципів об'єктно-орієнтованого програмування, архітектурних паттернів та методів тестування програмного забезпечення. Такий підхід дозволив забезпечити якісну та стабільну реалізацію програмного забезпечення для візуалізації даних якості сигналу Nb-

IoT.

**Висновки.** Розвиток інтернету речей (IoT) вимагає уваги до якості зв'язку в мережах з низьким енергоспоживанням, зокрема мережах Narrowband IoT (Nb-IoT). Використання геоінформаційних систем (ГІС) разом з технологіями візуалізації даних є важливим етапом у моніторингу та управлінні якістю зв'язку в мережах Nb-IoT. Недоліки в якості зв'язку можуть виникати через різноманітні фактори, такі як географічні умови, перешкоди у середовищі та технічні аспекти.

Програмна реалізація додатку для візуалізації даних якості сигналу Nb-IoT на базі ГІС технологій використовує фронтенд на React.js, бекенд на Python (фреймворк Django) та базу даних PostgreSQL. Використання теплових карт на основі Leaflet.js дозволяє зручно аналізувати та візуалізувати дані про якість сигналу з пристроїв IoT.

Розроблений додаток може бути використаний у різних сферах, включаючи медицину, транспорт та енергетику, для підвищення ефективності та надійності мереж IoT. Дослідження в області візуалізації даних якості сигналу Nb-IoT має великий потенціал для подальшого розвитку і вдосконалення методів моніторингу та управління мережами IoT.

**Перелік посилань:**

1. Gus Vos. What is Narrowband IoT (NB-IoT). URL: <https://blog.sierrawireless.com/what-is-nb-iot> (дата звернення: 09.03.2024)
2. Kamil Staniec, Michał Kucharzak, Zbigniew Jóskiewicz and Bartłomiej Chowanski. Measurement-Based Investigations of the NB-IoT Uplink Performance at Boundary Propagation Conditions. URL: [https://mdpi-res.com/d\\_attachment/electronics/electronics-09-01947/article\\_deploy/electronics-09-01947.pdf?version=1605701111](https://mdpi-res.com/d_attachment/electronics/electronics-09-01947/article_deploy/electronics-09-01947.pdf?version=1605701111) (дата звернення: 10.03.2024)
3. Nicholas C. Zakas. Understanding ECMAScript 6. San Francisco: No Starch Press, Inc., 2016. 355 с
4. Документація Leaflet.js. URL: <https://leafletjs.com/reference.html> (дата звернення: 12.03.2024)

<sup>1</sup> Магістрант 1 курсу Тютюнник О.Г.

<sup>1</sup> Доц., к.е.н. Гусєва І.І.

[https://scholar.google.com.ua/citations?hl=en&user=y5Zdo\\_YAAAAJ](https://scholar.google.com.ua/citations?hl=en&user=y5Zdo_YAAAAJ)

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ПРОГРАМНИЙ ЗАСТОСУНОК ВЗАЄМОДІЇ УЧАСНИКІВ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

**Постановка проблеми та її актуальність.** Використання смартфонів під час керування транспортним засобом стає серйозною загрозою безпеці на дорозі в Україні, що може призвести до серйозних аварій і травм. Дослідження показують, що відволікання водіїв та пішоходів на телефонні повідомлення або інтернет-серфінг призводить до значного зниження концентрації та реакції на дорозі в Україні. У зв'язку з цим, запускається національна інформаційна кампанія H-Road з метою привернення уваги суспільства до проблеми використання смартфонів на дорозі та покращення культури водіння для того, щоб українські дороги стали безпечнішими [1]. Використання мобільних телефонів під час переходу доріг може мати серйозні наслідки для безпеки на дорозі та вимагає негайних заходів для протидії.

**Аналіз останніх досліджень.** Попередні дослідження в області безпеки на дорогах вказують на потребу у впровадженні технологій інтелектуальних транспортних систем та мобільних додатків для підвищення уваги та взаємодії між водіями та іншими учасниками дорожнього руху [2].

Існуючі системи безпеки, які базуються на використанні камер чи інших систем, що це аналізують, не завжди ефективно реагують на потенційно небезпечні ситуації та не забезпечують своєчасного попередження учасників руху про можливі аварії. Тому необхідно розробити програмний застосунок, який використовуватиме новий підхід до виявлення небезпеки на дорозі.

Основними методами, які використовуються в розробці застосунку, є обчислення можливості зіткнення на основі часу руху між машинами та пішоходами, генерація попереджень та оптимізація споживаної енергії. Також використовуються технології, такі як Wi-Fi, DSRC, для забезпечення інтероперабельності між телефонами та автомобілями.

**Формулювання мети.** Мета полягає у розробці та реалізації програмного застосунку для покращення безпеки на дорозі шляхом активного виявлення небезпечних ситуацій та надання своєчасних попереджень учасникам дорожнього руху. Цей застосунок має здатність аналізувати взаємодію між учасниками дорожнього руху та загальну ситуацію на дорозі з метою надання рекомендацій для попередження та мінімізації ризику аварій.

**Основна частина.** При розробці мобільного застосунку для попередження аварій та нещасних випадків між машинами або між пішоходом та машиною, основною ідеєю є створення двох акаунтів: для водія та для пішохода. Застосунок буде мати загальні функції, такі як побудова маршрутів та пошук місць, але особливістю буде можливість отримувати попередження про наявність машини або пішохода поруч, що свідчить про підвищену небезпеку. Водіям та пішоходам буде рекомендовано бути уважними та знижувати швидкість у таких ситуаціях.

Унікальність застосунку полягатиме в тому, що розпізнавання людей та машин поруч відбуватиметься за допомогою сигналів та сенсорів усіх телефонів, що знаходяться поблизу. Це означає створення мережі телефонних сигналів навколо, яка дозволить виявляти потенційні небезпеки на дорозі без використання камер чи інших аналітичних систем. Такий підхід сприятиме оперативному та ефективному сповіщенню учасників дорожнього руху про можливі ризики та допоможе зменшити кількість дорожніх пригод.

Зазначено, що технологія DSRC може використовуватись у реалізації подібних

програм, що додатково підкреслює перспективність та актуальність даного напрямку досліджень та розробок [3]. Це дослідження спрямоване на розробку та оцінку різних систем безпеки в рамках комунікацій між транспортними засобами.

У першій системі, яка обговорюється, використовується система попередження про наближення зіткнення (Forward Collision Warning, FCW) на основі технології Dedicated Shortrange Communications (DSRC). Основна мета полягає в підвищенні безпеки водіння та зменшенні дорожніх пригод за допомогою надання своєчасних сповіщень водіям у випадку небезпеки зіткнення. Механізм попередження передбачає як аудіовізуальні сигнали для ефективного привертання уваги водія. Для підтвердження ефективності та надійності системи FCW було проведено серію попередніх експериментів, оцінюючи параметри, такі як точність диференційної GPS (DGPS), якість комунікації DSRC та реакцію системи FCW, що врешті-решт підтвердило її функціональність [4].

Ще одна система, запропонована в цьому дослідженні, стосується ситуацій на «артеріальних» дорогах з розв'язками та спрямована на зменшення ризиків зіткнень за допомогою алгоритму попередження про наближення часу до зіткнення (Time-to-Collision, TTC) в умовах підключеного середовища. Цей алгоритм ґрунтується на комунікації Транспорт-Інфраструктура (Vehicle-to-Infrastructure, V2I), щоб зібрати важливу інформацію про транспортні засоби, зокрема про їхнє розташування, напрямок руху та швидкість [5]. Шляхом оцінки часу до зіткнення між транспортними засобами на артеріальних дорогах та розв'язках, своєчасні повідомлення про наближення часу до зіткнення можуть бути розповсюджені на транспортні засоби в межах зони зв'язку із пристроями, що поруч. Це дозволяє зменшити ризик зіткнення та підвищити загальний рівень безпеки дорожнього руху.

Цікавим методом, який можна застосувати в даній роботі, є модуль прогнозування зіткнень (Collision Prediction Module, CPM), що використовує методи з області обчислювальної геометрії для формулювання та вирішення проблем прогнозування зіткнень. Для реалізації модуля в реальному часі ми шукаємо нові способи представлення ознак перехрестя у вигляді геометричних об'єктів і класифікуємо їх як фіксовані, тимчасові або рухомі перешкоди в залежності від характеру реальних об'єктів [6]. Цей модуль використовує простий масив вершин для представлення кожного геометричного об'єкта. Дана класифікація перешкод допомагає оптимізувати процес прогнозування зіткнень, ідентифікуючи класи, які не повинні перевірятися між собою. Цей підхід використовує алгоритм обрізки полігонів для виявлення можливих зіткнень між перешкодами.

Крім того, дослідження розглядає проблему відсутності систем безпеки для вразливих учасників дорожнього руху (Vulnerable Road Users, VRUs) в рамках технологій Транспорт-Транспорт (Vehicle-to-Vehicle, V2V). Використовуючи досягнення в області Wi-Fi Direct та смартфонів з DSRC, дослідження пропонує новий фреймворк для розширення безпекових переваг на VRUs. Цей фреймворк сприяє взаємодії між транспортними засобами та портативними пристроями з DSRC через персональне повідомлення про безпеку (Personal Safety Message, PSM). Звертається особлива увага на унікальну динаміку руху, час реакції та сценарії аварій, що пов'язані з VRUs, що призводить до пропозиції комплексного фреймворку для безпекових застосувань для VRUs з описом алгоритмів класифікації цілей та виявлення зіткнень [7]. Такі методи важливо включити в дану роботу, адже тема вразливих учасників дорожнього руху є актуальною для українського сьогодення, адже багато людей наразі отримують поранення та травми через воєнні дії, тому це важливо враховувати при проектуванні мобільного застосунку.

**Висновки.** Підсумовуючи, для створення застосунку зі сповіщеннями учасникам дорожнього руху доцільно використовувати технології Wi-Fi та DSRC. Технологія DSRC дозволяє реалізувати системи попередження про наближення зіткнення (FCW) та алгоритми попередження про наближення часу до зіткнення (TTC) на автомагістралях. Додатково, модуль прогнозування зіткнень використовує методи обчислювальної геометрії для прогнозування можливих зіткнень.

### **Перелік посилань:**

1. Квітко Л. Смартфон за кермом частіше призводить до аварій, ніж алкоголь: дослідження. *Перший канал соціальних новин*. URL: <https://pershyj.com/p-smartfon-za-kermom-chastishe-prizvodit-do-avarii-nizh-alkogol-doslidzhennya-29002> (дата звернення: 11.03.2024).
2. D. Smith and W. Najm, "Analysis of crossing path crashes." Volpe Center Technical Report, 1999.
3. A. Tahmasbi-Sarvestani, H. Kazemi, Y.P. Fallah, M. Naserian et al., "System architecture for cooperative vehicle-pedestrian safety applications using DSRC communication", *SAE Tech. Paper 2015-01-0290*, 2015.
4. Q. Xu, T. Mak, J. Ko, and R. Sengupta, "Vehicle-to-Vehicle Safety Messaging in DSRC", Proceedings of the 1st ACM International Workshop on Vehicular Ad Hoc Networks, pp. 19-28, 2004.
5. T. Penney. "Intersection collision warning system." Pub. No. FHWA-RD-99-103, 1999.
6. P. Gupta, R. Janardan, and M. Smid. "Fast algorithms for collision and proximity problems involving moving geometric objects." *Computational Geometry: Theory and Applications*, 371(6), 1996.
7. C. K. Harnett, "Open Wireless Sensor Network Telemetry Platform for Mobile Phones", *IEEE Sensors Journal*, vol. 10, no. 6, pp. 1082-1084, June 2010.

<sup>1</sup> Магістрант 1 курсу Фернець В.П.

<sup>1</sup> Проф., д.е.н. Сігайов А.О.

<https://scholar.google.com.ua/citations?hl=en&user=074MFz0AAAAAJ>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## РОЗРОБКА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АГЕНТА ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТА УПРАВЛІННЯ ТЕПЛОВИМ НАСОСОМ

**Постановка проблеми та її актуальність.** У контексті зростання потреб у енергоефективності систем опалення, виникає необхідність у розробці передових методів моніторингу та управління енергоспоживанням, зокрема у системах з тепловими насосами. Розробка інтелектуального агента для моніторингу та управління тепловим насосом стає важливим кроком для підвищення енергетичної ефективності та покращення використання енергоресурсів [1]. Необхідність у таких інноваціях обумовлена вузькогалузевим характером і складністю формалізації існуючих методів, що ускладнює розробку універсальних рішень [2].

**Аналіз останніх досліджень.** Наразі існують різноманітні підходи для моніторингу та управління енергоспоживанням, однак мало хто з них фокусується на використанні інтелектуальних агентів для покращення роботи теплових насосів. Це створює великий простір для досліджень і розробок у цій сфері, з метою створення більш ефективних і гнучких рішень [3].

**Формулювання мети.** Головною метою є розробка методів формування сценаріїв для аналізу та покращення роботи теплового насоса за допомогою інтелектуального агента. Це включає в себе вивчення та розробку алгоритмів моніторингу та управління, які дозволять автоматизувати процеси та підвищити загальну ефективність системи [4].

### **Основна частина.**

Сучасна енергетика вимагає впровадження інноваційних підходів до моніторингу та управління енергоспоживанням, зокрема у системах з тепловими насосами [5]. Інтелектуальний агент, вмонтований у програмне забезпечення, становить основу цього новаторства, забезпечуючи ефективність та адаптивність в управлінні енергоспоживанням.

Програмне забезпечення, розроблене для моніторингу та управління тепловим насосом, є комплексним інструментом, який інтегрує в себе збір, аналіз та візуалізацію даних [2]. На першому етапі, система автоматично збирає дані з теплового насоса, включаючи інформацію про поточні робочі параметри та показники ефективності. Ця інформація використовується для створення детальної картини енергоспоживання, дозволяючи агенту ідентифікувати можливості для покращення енергозбереження [3].

Програмний продукт аналізує отримані дані, використовуючи алгоритми для ідентифікації шаблонів споживання та визначення оптимальних режимів роботи насоса. Цей аналіз допомагає передбачити майбутнє споживання та впливати на нього, адаптуючи роботу насоса до змінних умов і потреб користувача.

Особливу увагу програмне забезпечення приділяє візуалізації даних. Користувачі можуть легко ознайомитися з інформацією через інтуїтивно зрозумілі дашборди та звіти, які відображають ключові показники ефективності та рекомендації щодо покращень роботи [4]. Це дозволяє користувачам не лише моніторити стан системи, а й активно керувати енергоспоживанням, здійснюючи обґрунтовані рішення на основі наданих даних.

Таким чином, програмне забезпечення функціонує як повноцінний інтелектуальний помічник, що допомагає максимально ефективно використовувати тепловий насос, знижуючи енергоспоживання та покращуючи роботу системи в цілому.

**Висновки.** Отже, застосування програмного забезпечення, яке інтегрує

інтелектуального агента для моніторингу та управління тепловим насосом, є вирішальним для підвищення ефективності енергоспоживання. Спроможність системи аналізувати великі обсяги даних, ідентифікувати шаблони споживання та автоматично адаптувати робочі параметри насосу до змінних умов, відкриває нові можливості для покращення енергетичних систем. Ця інноваційна технологія не лише сприяє зниженню витрат енергії, але й надає користувачам потужний інструмент для контролю та управління енергоспоживанням, підвищуючи загальну ефективність та надійність системи опалення.

**Перелік посилань:**

1. International Energy Agency (IEA). The Future of Heat Pumps – Analysis. URL: <https://www.iea.org/reports/the-future-of-heat-pumps> (дата звернення 03.03.2024)
2. U.S. Energy Information Administration (EIA). Efficiency requirements for residential central AC and heat pumps to rise in 2023 URL: <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=40232> (дата звернення 03.03.2024)
3. Department of Energy (DOE). Meet DOE’s Newest Research Projects from BENEFIT 22-23 URL: <https://www.energy.gov/eere/buildings/articles/meet-does-newest-research-projects-benefit-22-23> (дата звернення 03.03.2024)
4. Dr. Marek Miara Fraunhofer ISE. Heat Pumps – A Key Technology for the Energy Transition. URL: <https://www.ise.fraunhofer.de/en/key-topics/heat-pumps.html> (дата звернення 03.03.2024)
5. Liu, X., Aute, V., Radermacher, R., & Wang, Y. (2019). Intelligent control system for the electric vehicle heat pump air conditioner based on machine learning. *Energy Conversion and Management*, 196, 1319-1332.

<sup>1</sup> Магістрант 1 курсу Фернець В.П.

<sup>1</sup> Доц., д.т.н. Федорова Н.В.

<https://scholar.google.com.ua/citations?hl=en&user=uRvUNAcAAAAJ>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ПРОГРАМНИЙ ЗАСІБ МОНІТОРИНГУ КОМПОНЕНТ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

**Постановка проблеми та її актуальність.** У контексті постійного зростання споживання електроенергії, виникає важливе завдання її ефективного моніторингу та управління в будинках [1]. Інформаційно-аналітичні системи, що здійснюють моніторинг компонентів споживання електроенергії, стають ключовими інструментами у досягненні високої енергоефективності [2]. Актуальність дослідження посилюється потребою у вдосконаленні методів аналізу споживання електроенергії для створення детальних та ефективних програмних засобів моніторингу.

**Аналіз останніх досліджень.** Сучасні дослідження у галузі моніторингу електроенергії зосереджені на розробці вдосконалених інформаційно-аналітичних систем, які дозволяють точно вимірювати та аналізувати споживання на рівні окремих електроприладів [3]. Це дозволяє користувачам не лише отримувати дані про загальне споживання, але й ідентифікувати конкретні ділянки неефективності [4].

**Формулювання мети.** Потрібно застосувати методологічні основи для формування сценаріїв аналізу та контролю споживання електроенергії через програмний засіб. Це включає в себе інноваційні методи обробки та аналізу даних, що спрямовані на підвищення ефективності моніторингу та управління енергоресурсами [2].

**Основна частина.** Програмне забезпечення є інструментом, який інтегрує в собі декілька ключових компонентів для ефективного збору, аналізу, візуалізації та управління даними про енергоспоживання. На початковому етапі, система збирає дані від різноманітних джерел, зокрема, від IoT-пристроїв та смарт-лічильників, які встановлені на електроприладах або у розподільчих точках електроенергії в будинку [3]. Ці пристрої надсилають дані про споживання електроенергії, що дозволяє системі отримувати актуальну інформацію. Після збору даних, програмне забезпечення обробляє та аналізує їх, використовуючи передові алгоритми [1]. Це включає виявлення шаблонів споживання, ідентифікацію піків навантаження, прогнозування майбутнього споживання та визначення можливостей для ефективнішого використання електроенергії. На основі аналізу даних, програмне забезпечення може автоматично генерувати рекомендації споживання в певних межах, застосовуючи заздалегідь задані правила для зниження непотрібного споживання та покращення загальної ефективності [5]. Користувачі можуть переглядати зібрані та оброблені дані через графічний інтерфейс користувача, який надає зручний доступ до інформації через візуалізації, графіки та звіти [3]. Це дозволяє їм легко розуміти поточний стан споживання, виявляти можливі проблемні зони та приймати обґрунтовані рішення щодо управління енергоспоживанням [4]. Також програмне забезпечення може підтримувати різні рівні доступу та управління, дозволяючи різним користувачам, від домовласників до адміністраторів житлових комплексів, налаштовувати та контролювати систему відповідно до їхніх потреб та прав [1].

**Висновки.** Підсумовуючи, застосування програмного забезпечення для моніторингу та управління енергоспоживанням виявляється ефективним рішенням для покращення використання електроенергії в будинках. Інтеграція розширених аналітичних інструментів із інтерактивними користувацькими інтерфейсами дозволяє не лише точно відстежувати споживання, а й виявляти можливості для енергозбереження.

**Перелік посилань:**

1. International Energy Agency (IEA). "Energy Efficiency 2020 – Analysis and key findings." Веб-сайт IEA, 2020 URL: <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2020> (дата звернення 03.03.2024)
2. Urjanet. "The Ultimate Guide to Energy Management." Urjanet, 2019 URL: <https://surple.co.uk/energy-management-guide/> (дата звернення 03.03.2024)
3. . Gellings, Clark W. "The smart grid: enabling energy efficiency and demand response." The Fairmont Press, Inc., 2009.
4. Palensky, Peter, and Dietmar Dietrich. "Demand side management: Demand response, intelligent energy systems, and smart loads." IEEE transactions on industrial informatics 7.3 (2011): 381-388.
5. Chou, Jui-Sheng, and Nguyen Nhat Nam. "Smart energy management system for controlling electrical consumption in the residential sector." Journal of Cleaner Production 223 (2019): 207-221.

<sup>1</sup> Магістрант 1 курсу Черноусов Д.І.

<sup>1</sup> Ст.викл., д.ф.-м.н. Бандурка О.І.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=RpEaGJwAAAAJ>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ПРОГРАМНІ ЗАСТОСУНКИ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ДОДАТКІВ

**Постановка проблеми та її актуальність.** В сучасному цифровому світі, де програмне забезпечення відіграє ключову роль у практично кожній сфері життя, виникає необхідність надійного контролю та моніторингу його функціонування. Програмне забезпечення для моніторингу програмного забезпечення (Monitoring Software) стає невід'ємною складовою сучасних ІТ-інфраструктур.

Воно забезпечує компаніям та організаціям можливість не лише контролювати ефективність роботи їх програм, але й оперативно реагувати на будь-які проблеми та несправності. Програмне забезпечення для моніторингу програмного забезпечення дозволяє збирати, аналізувати та візуалізувати дані про роботу програмних продуктів у реальному часі. Воно надає зручний інтерфейс для перегляду ключових метрик, виявлення аномалій та вирішення проблем шляхом автоматизованих або ручних дій.

**Аналіз останніх досліджень.** Умовно програмне забезпечення для моніторингу можна розділити за платформами на мобільне та серверне. Серед мобільного програмного забезпечення безумовним лідером є Firebase Crashlytics та Firebase Performance. Обидва ці сервіси можуть інтегруватися з іншими сервісами Firebase, що робить їх ще більш потужними та зручними для використання в розробці мобільних додатків.

**Формулювання мети.** Метою роботи є детальний аналіз та порівняння існуючого програмного забезпечення для моніторингу додатків.

**Основна частина.** Firebase Crashlytics - це потужний інструмент для збору, відстеження та звітності про падіння мобільних додатків у реальному часі. Однією з його основних функцій є автоматичне виявлення падінь у додатках[1]. Кожен звіт про падіння, містить значну кількість корисної інформації, такої як стек викликів, інформація про пристрій та анонімні дані користувача при падінні. Приклад такої інформації, що отримує користувач зображено на рисунку 1. Firebase Crashlytics автоматично оцінює та ранжує падіння за їх серйозністю та впливом на користувачів. Цей сервіс може надсилати сповіщення про виявлення падіння через різноманітні канали, такі як електронна пошта або повідомлення у Slack. Крім того, можна виключити деякі помилки або вид помилок з індексації, тобто ігнорувати їх. Прикладом застосування є вимкнення будь-яких помилок користувача при відсутності інтернет з'єднання.

Firebase Performance - це інструмент, який надає розробникам можливість моніторити та оптимізувати продуктивність їх мобільних додатків. Сервіс дозволяє розробникам вимірювати та аналізувати різні ключові метрики продуктивності, такі як час завантаження сторінки, час відгуку інтерфейсу користувача, час виконання запитів до сервера, і багато інших. Firebase Performance надає інструменти для виявлення проблем, що впливають на продуктивність додатків. Сервіс надає зручні інструменти для візуалізації даних щодо продуктивності мобільного додатка.

Для серверного програмного забезпечення існує безліч програм для моніторингу. Деякі з них спеціалізуються на певних аспектах моніторингу, таких як моніторинг мережі, моніторинг відомостей про продуктивність, моніторинг безпеки тощо. Слід виділити двох найвідоміших представників: Sentry та Prometheus, та визначити їх відмінності.

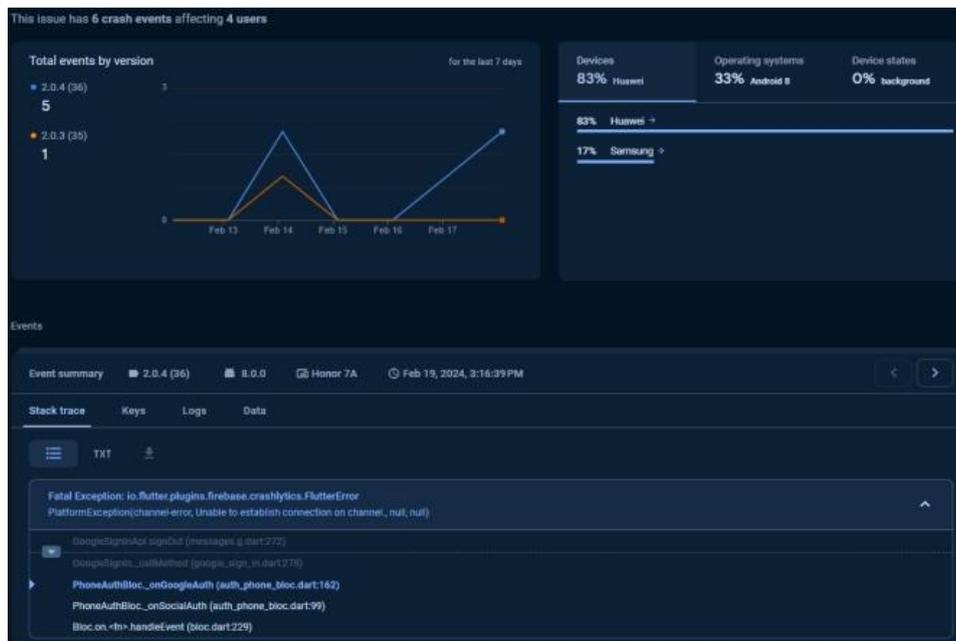


Рисунок 1 – приклад інформації, що отримує користувач через Firebase Crashlytics

Сфера застосування. Sentry зазвичай використовується для відстеження помилок та проблем в програмному коді. Він спеціалізується на виявленні, реєстрації та відлагодженні помилок та виключень у програмному забезпеченні [2]. Prometheus зазвичай використовується для моніторингу і вимірювання продуктивності систем та інфраструктури. Він збирає та аналізує метрики процесів, ресурсів та додатків, що дозволяє операторам отримувати інформацію про стан системи в реальному часі[3].

Збір та аналіз даних. Sentry збирає інформацію про помилки, що виникають у програмному коді, такі як стеки викликів, трасування стеку та інші дані, щоб розробники могли легко виявляти та виправляти проблеми. Prometheus збирає дані про продуктивність системи, такі як навантаження CPU, використання пам'яті, час відповіді сервера тощо, для аналізу та моніторингу стану системи [4].

Особливості. Sentry надає можливість швидко та просто налаштувати сповіщення про виниклі помилки та проблеми у програмному коді за допомогою пошти або месенджерів. Prometheus використовує мову запитів PromQL [5] для агрегації, фільтрації та аналізу метричних даних, що може використати Grafana. Це інструмент для візуалізації та моніторингу даних з різних джерел. Він надає можливість створення красивих та інтерактивних графіків, таблиць та інших візуальних елементів, що демонструють навантаження на сервери і не тільки. Приклад таких графіків на рисунку 2.



Рисунок 2 – приклад графіків, серед них навантаження на центральний процесор та інші

**Висновки.** Розглянуто програми для моніторингу програмного забезпечення. Завдяки ним, компанії можуть значно підвищити надійність, продуктивність та безпеку своїх програмних продуктів. Це дозволяє зменшити витрати на технічне обслуговування, уникнути втрат при збоях в роботі системи та забезпечити задоволення клієнтів високоякісними послугами. Програмне забезпечення для моніторингу стає невід'ємним інструментом для будь-якої компанії, що прагне залишатися конкурентоспроможною та успішною на ринку.

**Перелік посилань:**

1. “Crash-Proof Your Android App: A Complete Guide to Firebase Crashlytics”. URL: <https://clouddevs.com/android/firebase-crashlytics/> (дата звернення 19.02.2024)

2. “End-to-end monitoring for web and mobile applications with Sentry”. URL: <https://cloud.google.com/blog/topics/partners/using-sentry-to-monitor-web-and-mobile-apps> (дата звернення 20.02.2023)

3. Prometheus Monitoring: Use Cases, Metrics, and Best Practices”. URL: <https://www.tigera.io/learn/guides/prometheus-monitoring/>. (дата звернення 19.02.2024)

4. “Prometheus vs Sentry: What are the differences?”. URL: <https://stackshare.io/stackups/prometheus-vs-sentry>. (дата звернення 19.02.2024)

5. Brazil B. Prometheus: Up & Running: Infrastructure and Application Performance Monitoring 1st Edition. Packt Publishing - ebooks Account, 2018. 178 с.

<sup>1</sup> Магістрант 1 курсу Ярмач Д.О.

<sup>1</sup> Доц., к.т.н. Варава І.А.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=nbGdH3wAAAAJ&hl=en>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ЗАСОБИ ФОРМУВАННЯ СЦЕНАРІЇВ ДИНАМІЧНИХ ГІДРОАКУСТИЧНИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ

**Постановка проблеми та її актуальність.** Динамічні гідроакустичні експерименти є важливою складовою сучасної науки та технологій, оскільки вони використовуються для вирішення різних завдань з дослідженням підводного середовища, виявлення та відстеження підводних об'єктів і багатьох інших. Однак засоби формування сценаріїв для таких експериментів є недостатньо розвиненими і не ефективно використовують можливості сучасних обчислювальних та акустичних технологій. Через що створення сценарію вимагало великої кількості зусиль та часу. Зокрема, важливо мати можливість створювати реалістичні експерименти, які відображають різні гідродинамічні умови, топографію дна та інші фактори, що впливають на поширення звуку в підводному середовищі [1]. Це дозволить покращити якість експериментів та забезпечити більш точні та надійні результати.

**Аналіз останніх досліджень.** Підводні джерела звуку стають все більш цікавими для науковців, адже їх вивчення дає можливість оцінити стан підводного середовища та здійснювати моніторинг підводних об'єктів. Останніми роками все більше уваги приділяється дослідженню підводного середовища та розвитку технологій, що цьому сприяють. Прикладом є компанія Ocean Infinity [2], що впроваджує застосування роботизованих кораблів для дослідження морського середовища та виконання морських операцій на відстані. Окрім цього створення нового типу гідроакустичної станції, яка зможе виявляти підводні об'єкти на більшій відстані [3], що дозволить ефективніше досліджувати підводне середовище з літака. Також слід відмітити розробку нового методу зв'язку під водою за допомогою квантових зв'язків, що дозволить встановлювати надійний зв'язок навіть у зашумлених гідроакустичних середовищах [4].

У цьому контексті динамічні гідроакустичні експерименти відіграють важливу роль, забезпечуючи збір та аналіз даних про акустичні властивості підводного середовища. Розробка нових інструментів для формування сценаріїв динамічних гідроакустичних експериментів стає надзвичайно важливою задачею. Завдяки розробленим засобам з'явиться можливість суттєво підвищити якість та точність досліджень, стимулювати науковий прогрес для вирішення складних завдань у сфері акустичних досліджень підводних середовищ.

**Формулювання мети.** Метою є дослідження методології проведення динамічних гідроакустичних експериментів на основі підготовки сценаріїв, які дозволять ефективно відтворювати їх у різноманітних гідроакустичних умовах, проектування архітектури та розробка програмного забезпечення для формування сценаріїв динамічних гідроакустичних експериментів, важливою складовою якого буде інтегрована геоінформаційна система.

**Основна частина.** Сценарії комп'ютерних динамічних гідроакустичних експериментів стають дедалі складнішими, адже до уваги береться все більша кількість змінних, що входить до моделей розповсюдження звуку. Це робить засоби для формування експериментів важливим інструментом для сучасних наукових досліджень.

В ході даного дослідження розглядається створення інтерфейсу, який включає в себе представлення об'єктів у вигляді дерева, що дозволяє користувачеві розуміти які об'єкти розміщені на карті та їх взаємодію один з одним, переглядати та редагувати параметри

певного об'єкта та його розміщення на карті.

Основним викликом таких досліджень є точне відтворення реальних умов підводного середовища. В даному випадку для вирішення цього питання розглядається створення карти, яка реалізується завдяки інтеграції з геоінформаційною системою (ГІС) (рис. 1) [5].

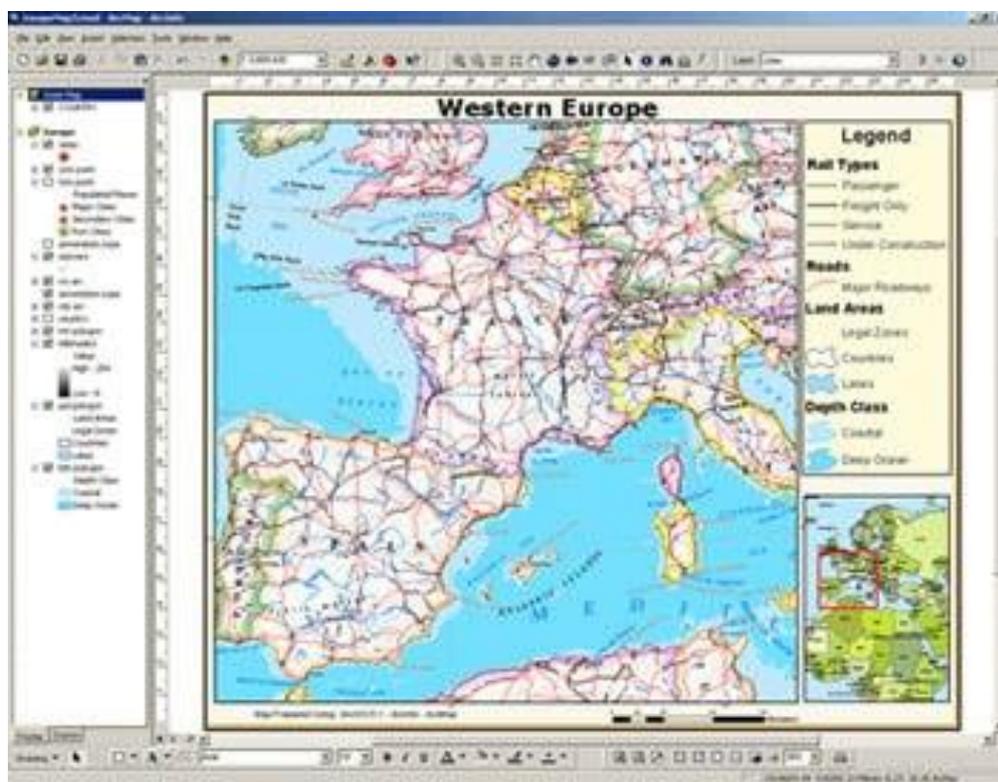


Рисунок 1 – Геоінформаційна система

Це дозволить відобразити дані на картах, що в свою чергу дає можливість враховувати географічні аспекти при формуванні сценаріїв, спрощуючи визначення місць проведення гідроакустичних експериментів, накопичувати та аналізувати дані про гідроакустичні експерименти у єдиному інформаційному просторі та отримувати доступ до даних про навколишнє середовище.

Не менш важливою складовою є менеджер шарів, який дозволяє користувачам керувати відображенням різних елементів на карті (морські об'єкти, сцени, гідроакустичні сенсори та інше). Це включає в себе можливість встановлення пріоритетів шарів, фільтрацію та приховання об'єктів, що сприяє зручному аналізу та взаємодії з об'єктами в гідроакустичних дослідженнях.

Розглядається створення довідників об'єктів, що містять перелік доступних об'єктів для експериментів, включаючи судна, гідроакустичні датчики тощо. В довіднику можуть міститися геометричні, фізичні, географічні дані, що дозволить користувачу визначити та конфігурувати властивості об'єкта та визначити місце для проведення експерименту. Якщо в переліку нема необхідного об'єкту, то має бути можливість створити новий об'єкт та конфігурувати його. Для заповнення координат має використовуватись карта, яка дозволить переглянути аспекти географії та визначитись з розташуванням.

**Висновки.** Комп'ютерні динамічні гідроакустичні експерименти відіграють дозволяють вивчати підводне середовище на основі математичних моделей розповсюдження звуку. Створення необхідних засобів для формування сценаріїв комп'ютерних динамічних гідроакустичних експериментів є важливим завданням. Одним з ключових компонентів таких засобів є геоінформаційна система, яка дозволяє створювати детальні цифрові моделі географічних об'єктів, які потім використовуються для імітації

реальних умов під час проведення комп'ютерних експериментів.

**Перелік посилань:**

1. Konami, Shizuro, and Takao Nishiumi. Hydraulic control systems: Theory and practice. World Scientific Publishing Company, 2016.
2. Ocean Infinity. URL: <https://oceaninfinity.com/science-research/> (дата звернення 11.3.2024)
3. New Sonar Sees Underwater From The Air, Promising To Transform Anti-Submarine Warfare. URL: <https://www.forbes.com/sites/davidhambling/2021/02/04/new-sonar-sees-underwater-from-aircraft/?sh=156bda569eb9> (дата звернення 11.3.2024)
4. Scientists Explore Underwater Quantum Links for Submarines. URL: <https://spectrum.ieee.org/quantum-water> (дата звернення 11.3.2024)
5. Геоінформаційні системи. URL: <http://www.geoguide.com.ua/survey/survey.php?part=gis> (дата звернення 25.2.2024)

<sup>1</sup> Аспірант 2 курсу Бочок В.О.

<sup>1</sup> Доц., д.т.н. Федорова Н.В.

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ВИЗНАЧЕННЯ ЯКІСНОЇ ТА КІЛЬКІСНОЇ РІЗНИЦІ В ДОСВІДІ АГЕНТІВ ДЛЯ ЙОГО ПЕРЕДАЧІ

**Постановка проблеми та її актуальність.** Багато завдань у різних галузях науки та техніки розв'язують за допомогою багатоагентних систем. Такі системи відзначаються стабільністю та стійкістю до відмов [1], хоч і можуть поступатися ефективністю роботи кожного окремого агента. Багатоагентні системи не розглядають складну систему, як неподільну і централізовану. Кожен агент в ній має власну ціль, але не знає загальну мету. Проте, разом частини володіють властивістю самоорганізації та розв'язання кінцевої проблеми всієї системи [2].

Процес самооптимізації роботи агентів часто базується на механізмі навчання, де агент в ході взаємодії з системою поступово оновлює свою модель прийняття рішень. Зазвичай, цей процес є повільним і нестабільним. Тому логічним є бажання пришвидшити навчання, чи зробити його більш стабільним.

**Аналіз останніх досліджень.** Ідея навчання не тільки на власному, але й досвіді інших агентів достатньо мало вивчена. Для прикладу, в статті [3] запропонували модифікацію MADDPG із застосуванням Knowledge Distillation механізму до актору. Автори показали, що розділяючи досвід між агентами у вигляді «порад» їм вдалося покращити результат. Більш того, агенти приходили до свого найкращого результату швидше. Що характерно в їх дослідженні, чим більше агенти ділилися досвідом, тим краще.

В своїй роботі автори розглянули багатоагентне середовище. Було зазначено, що такі середовища можуть бути нестационарними, тобто, дії одного агента можуть змінити середовище для іншого. Тому, алгоритми, що направлені на навчання одного агента такі як Q-learning чи DDPG, демонструють порівняно погані результати через нестачу комунікації та кооперації. Проте, багатоагентне середовище не обов'язково є нестационарним. Дії інших агентів можуть справляти настільки мінімальний вплив, що можуть бути проігнорованими. Наприклад, дії агента, що торгує в середовищі для трейдингу, за умови відносно невеликих сум операції, ніяк не впливають на глобальний ринок, адже інші учасники в сумі мають абсолютну більшість ресурсу, до того ж стан і дії всіх інших учасників є невідомими, що робить використання MADDPG нерелевантним.

**Формулювання мети.** Дослідити як механізм обміну знаннями між агентами з Deep Q-learning моделями, визначити як кількісна та якісна різниця в досвіді між агентом вчителя та учня впливає на загальну оцінку дій агента з часом. Дослідити наведені ефекти, на механізмі Knowledge Distillation для моделі класифікації, де легко визначити якісну різницю в досвіді.

**Основна частина.** Зазвичай багатоагентну систему розглядають як «Марковський процес» (MDP - Markov decision process) можлива винагорода в поточному стані не залежить від дій в минулому. В цьому випадку, оптимальним рішенням системи є набір таких дій, залежно від стану, що максимізує сумарно зібрану нагороду. Механізм навчання агентів багато в чому зумовлений особливостями багатоагентних систем, задачею та контекстом виконання. Основним механізмом є Reinforcement learning.

Запропонована схема обміну знаннями наведена на рис. 1.

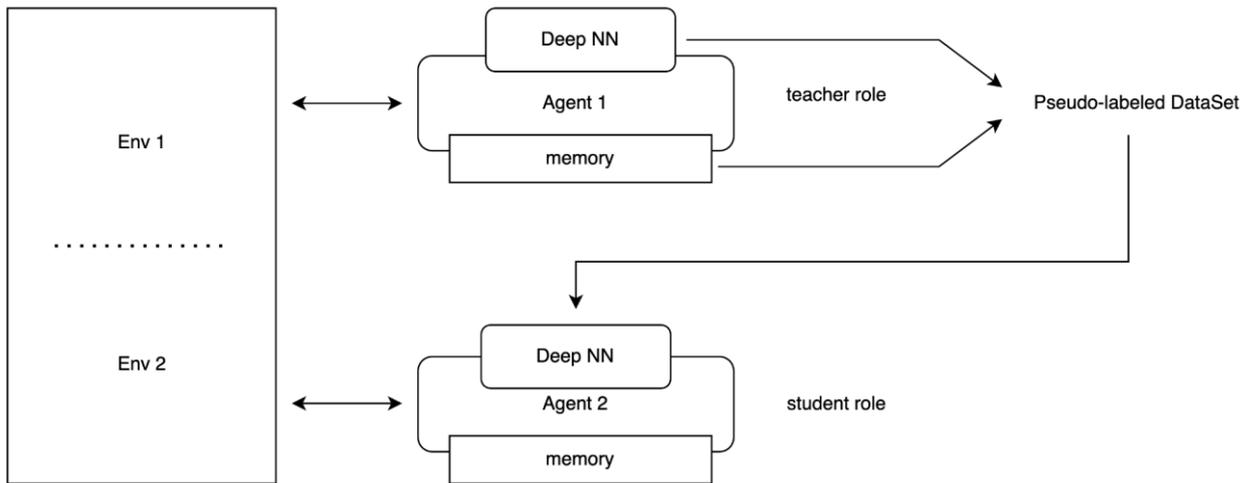


Рисунок 1 – Схема обміну знаннями між агентами

Було проведено експеримент з DeepQ-learning моделями в CartPole-v1 середовищі. В ході проведення експерименту з трьома агентами, та одним контрольним, було визначено, що передача знань від агента, що під час останнього епізоду набрав сумарно найбільшу нагороду, до інших, такі агенти стабільно мають кращий результат, ніж контрольний агент. Особливо різницю видно, коли кількість епох навчання для учня залежить від різниці в досвіді (рис. 2).

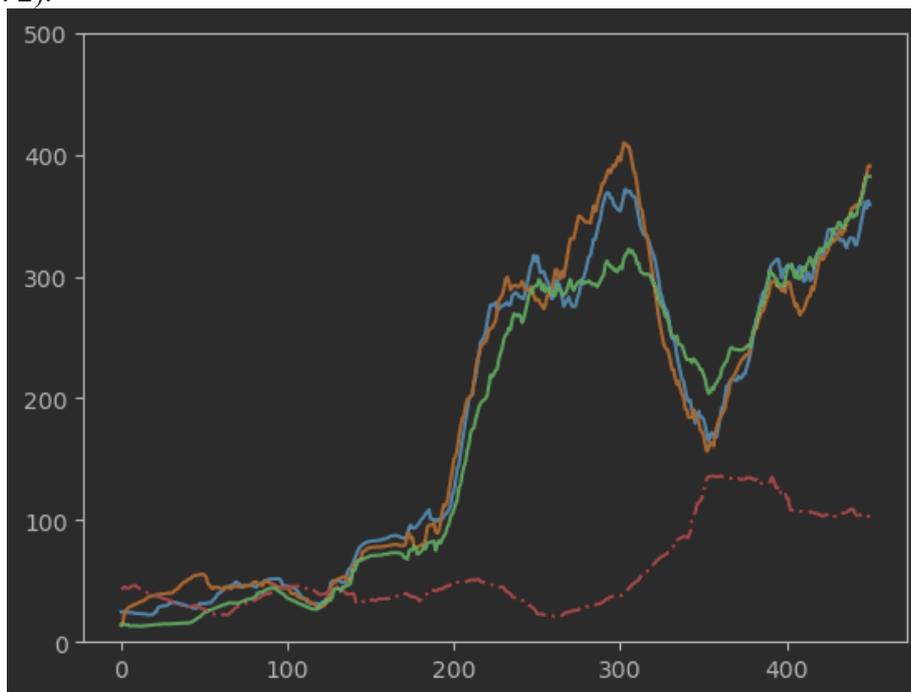


Рисунок 2 – MovingAverage(50) змін набраної винагороди агента за епізод

На рис. 2 пунктиром наведений контрольний агент, що не брав участі в обміні знань. Обмін даними почався з 100-го епізоду, а до того агенти використовувати стратегію випадкового вибору для набору досвіду в локальну пам'ять. Кількість епох для передачі знань було визначено, як 3 помножити на відношення між нагороди вчителя до нагороди учня. А цьому випадку агенти не доходили до повного узгодження (що видно на графіку) і мали різні стартові точки для подальшого навчання, що теоретично застерігало від застрягання в локальному мінімумі всіх агентів.

Перший експеримент демонструє кількісну різницю в досвіді (сума набраної нагороди). Для розуміння і оцінки якісної ж різниці, було згенеровано тестові дані, для багатокласової класифікації, що представлені точками у чотирьох вимірному просторі, що

належать одному з трьох класів (рис. 3).

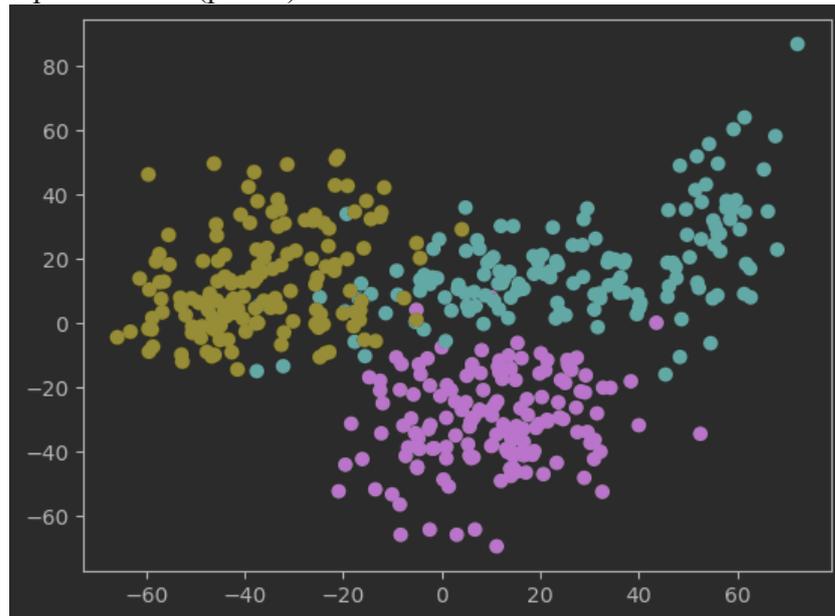


Рисунок 3 – Представлення набору даних в двовимірному просторі (РСА).

Було виявлено, що, якщо модель вчитель (Knowledge Distillation) має гірші показники  $f1\_score$  метрики, і навчалась на таких самих даних (співвідношення кількості точок різних класів), то учень деградує під час процесу. Проте, у випадку, коли вчитель мав показник  $f1\_score$  0.17, а учень – 0.80, за перші 15 епох, показник учня виріс до 0.94 максимум, а потім почав спадати. Якісна різниця в досвіді представлена як:

- Учень (10 точок першого класу, 50 другого, 50 третього)
- Вчитель (50 точок першого класу)

**Висновки.** Процес обміну знань між моделями здатний значно покращити роботу агентів. Проте, процес обміну вимагає правильного визначення вчителя та учня, а також кількості знань для передачі. Для правильного визначення цих характеристик необхідно враховувати кількісну характеристику успішності моделі, у випадку, коли досвід якісно розподілений рівномірно між моделями. Проте, за наявності дисбалансу, модель з кількісно меншим показником успішності все ще може виступити вчителем і покращити результати учня.

**Перелік посилань:**

1. M. Brambilla, E. Ferrante, M. Birattari and M. Dorigo, "Swarm robotics: A review from the swarm engineering perspective", *Swarm Intell.*, vol. 7, no. 1, pp. 1-41, 2013.
2. M. Dorigo, G. Theraulaz and V. Trianni, "Reflections on the future of swarm robotics", *Sci. Robot.*, vol. 5, no. 49, 2020.
3. Gao Z., Xu K., Ding B., Wang H., Li Y., Jia H. KnowSR: Knowledge Sharing among Homogeneous Agents in Multi-agent Reinforcement Learning. 2021. (arXiv preprint arXiv:2105.11611).

<sup>1</sup> Аспірант 2 курсу Голець В.О.

<sup>1</sup> Проф., д.т.н. Коваль О.В.

<https://scholar.google.com/citations?hl=uk&user=zI4-oasAAAAJ>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО РОЗРОБКИ ЦИФРОВОГО ДВІЙНИКА ТЕПЛООВОГО НАСОСУ

**Постановка проблеми та її актуальність.** Потреба скорочення викидів CO<sub>2</sub> призводить до пошуку нових системних рішень у галузі теплоенергетики. Наразі подібні розробки зосереджені на впровадженні технології теплових насосів та технології паливних елементів. У технології теплових насосів великим попитом користуються системи «повітря-вода».

Використання технології цифрових двійників дозволяє відобразити та дослідити поведінку теплонасосних систем. Цифрове дублювання агрегату повністю демонструє фізичні процеси всередині, та надає змогу симулювати роботу, зокрема за критичних умов, та у випадку несправності певних його елементів.

**Аналіз останніх досліджень.** Kai Zhang та ін. проводили комплексне дослідження [1] щодо забезпечення задачі прогнозування цифрового двійника для теплового насосу. Проведене дослідження демонструє способи побудови цифрового двійника, для конкретного теплового насосу, з ціллю керування ним, та подальшої інтелектуалізації пристрою.

З іншого боку, Thomas Savage та ін. у своєму дослідженні [2]. Розбирають можливий вплив використання теплонасосів на соціальну нерівність через нераціональну витрату ресурсів на забезпечення комфорту. Це дослідження також послуговується технологіями цифрових двійників, як інструментом дослідження витрат ресурсів, для визначення ефективних способів керування кліматичним обладнанням у регіонах, де існують пролеми з генерацією та/або постачанням енергоресурсів.

**Формулювання мети.** Для побудови цифрового двійника теплового насосу необхідно визначити технічні вимоги, що описують прилад, його вплив на оточуючу інфраструктуру та ресурс.

**Основна частина.** Цифрові двійники теплових насосів використовуються для досягнення наступних цілей, таких як:

- Моделювання - цифрові двійники можна використовувати для моделювання поведінки реального об'єкта, тобто моделювання різних сценаріїв роботи для пошуку найбільш екологічних режимів експлуатації.

- Оптимізація - цифровий двійник теплового насосу може допомогти оптимізувати роботу теплового насоса, підбираючи найефективніші режими роботи залежно від умов навколишнього середовища та потреб користувача. Можливість віртуального тестування різних конфігурацій та налаштувань допоможе знайти оптимальні параметри роботи теплового насосу для конкретного об'єкта.

- Прогнозування - прогнозування енергоспоживання теплового насосу дозволить краще управляти витратами та економити кошти на рахунках за енергоресурси. Цифровий двійник може відстежувати ключові параметри роботи теплового насоса, такі як температура, тиск, вібрація, рівень масла, та прогнозувати ймовірність виникнення несправностей. Це дозволить вчасно вживати заходів для запобігання поломкам, мінімізувати час простою та ймовірність виникнення аварійних ситуацій. Моніторинг роботи в режимі реального часу допоможе оперативно реагувати на будь-які відхилення від нормальних параметрів.

- Покращення обслуговування та експлуатації - цифровий двійник може допомогти в ранньому виявленні та діагностиці несправностей теплового насосу, щоб запобігти їх серйозним наслідкам. Моделювання зношення компонентів дозволяє прогнозувати термін служби теплового насосу та заздалегідь планувати його ремонт або заміну.

- Збільшення часу безперебійної роботи - завдяки прогнозуванню несправностей та плановому ремонту можна мінімізувати час простою теплового насосу та забезпечити його безперебійну роботу.

- Навчання - цифрові двійники можна використовувати для навчання людей тому, як працюють реальні об'єкти, процеси або системи. Це може допомогти вам підвищити кваліфікацію своїх співробітників і покращити обслуговування клієнтів.

На основі цих задач було сформульовано такі конструктивні вимоги:

- Модульність – модельовані елементи мають бути відокремлені, це надасть змогу розширювати та адаптувати систему під конкретні потреби користувачів. Серед основних модулів теплового насосу можна перелічити наступні: випарник, компресор, конденсатор, дросельний клапан, холодоагент, акумулятор холоду, теплообмінник, циркуляційний насос, розширювальний бак.

- Масштабованість – система має бути придатна для моделювання теплового насосу будь-якої потужності та складності. Модель має ефективно використовувати обчислювальні ресурси в залежності від поставлених завдань.

- Інтеграція – цифровий двійник має інтегруватися з системами управління будівлею (BMS) та іншими системами автоматизації. Модель має отримувати дані з датчиків теплового насосу та інших джерел інформації в режимі реального часу.

- Доступність - цифровий двійник має бути доступним для користувачів з будь-якого пристрою з підключенням до Інтернету. Інтерфейс користувача має бути зрозумілим та зручним для використання.

- Безпека - цифровий двійник має відповідати вимогам кібербезпеки для захисту даних користувачів. Доступ до моделі має бути обмежений уповноваженими користувачами. Наразі наявні декілька способів аутентифікації та авторизації користувачів, у тому числі за допомогою технології блокчейн.

**Висновки.** Проведений аналіз досліджень, та огляд специфіки функціонування системи теплового насосу показали, що застосування технології цифрових двійників для відтворення процесів у теплових насосах є необхідним для забезпечення їх тривалої служби, та підтримки високого рівня енерго-ефективності. Сформовані тут вимоги є основою для подальшої роботи у напрямку створення цифрового двійника теплового насосу.

#### **Перелік посилань:**

1. Intelligent Optimal Control Strategy of Heat Pump System Based on Digital Twins / K. Zhang et al. Journal of Physics: Conference Series. 2023. Vol. 2452, no. 1. P. 012029. URL: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2452/1/012029> .

2. Universal Digital Twin – the impact of heat pumps on social inequality / T. Savage et al. Advances in Applied Energy. 2022. Vol. 5. P. 100079. URL: <https://doi.org/10.1016/j.adapen.2021.100079> .

<sup>1</sup> Аспірант 2 курсу Єзгор В.С.

<sup>1</sup> Доц., к.т.н. Гусєва І.І.

[https://scholar.google.com.ua/citations?hl=en&user=y5Zdo\\_YAAAAJ](https://scholar.google.com.ua/citations?hl=en&user=y5Zdo_YAAAAJ)

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ФІЛЬТРАЦІЯ ТА ОБРОБКА СИГНАЛІВ З СЕНСОРІВ НАВІГАЦІЙНИХ ПРИБОРІВ

**Постановка проблеми та її актуальність.** Безперервний розвиток транспортних систем залежить від точності та надійності навігаційних пристроїв. Технології Глобальної системи позиціонування (GPS) та різноманітні сенсорні навігаційні системи стали універсальними, підвищуючи ефективність та безпеку транспортування [1]. Незважаючи на їх прогрес, ці системи схильні до неточностей через перешкоди сигналу, багатошляхове поширення та екологічні фактори. Це вимагає впровадження надійних методів обробки сигналів та фільтрації для забезпечення надійності навігаційних даних. У даній роботі досліджується значення цих методів, зокрема застосування фільтру Калмана для підвищення точності даних GPS [2].

**Аналіз останніх досліджень.** Супутникова навігаційна система (GPS) представляє собою комплекс, що базується у космічному просторі та забезпечує можливість глобального визначення положення та швидкості транспортних засобів, а також точної синхронізації часу. Точна навігація має ключове значення в транспортних системах, де навіть незначні розбіжності можуть призвести до значних наслідків. Однак, сигнали, отримані з навігаційних пристроїв, часто бувають викривлені через різні фактори, що призводить до помилок у визначенні положення, швидкості та напрямку руху. Це ставить критичне питання: як можна забезпечити точність та надійність навігаційних систем на тлі таких викликів?

**Формулювання мети.** Незважаючи на розробку кількох стратегій для обробки сигналів та фільтрації, залишається нерозкритим потенціал у інтеграції передових алгоритмів фільтрації з корекцією даних в реальному часі, спеціально адаптованих для динамічних та складних транспортних середовищ. Останні дослідження підкреслюють ефективність фільтру Калмана в обробці сигналів GPS, демонструючи його здатність зменшувати помилки та покращувати точність відстеження розташування. Однак інтеграція таких передових алгоритмів фільтрації з реальними, сенсорними навігаційними системами в транспорті залишається малодослідженою.

**Основна частина.** Фільтр Калмана — це послідовний ітеративний метод, який здійснює оцінку станів динамічних систем на основі встановленої моделі їх поведінки. Він покращує ці оцінки в реальному часі, враховуючи кожне нове вимірювання, що надходить із часом. Цей алгоритм широко використовується для управління різноманітними складними системами завдяки своєму математичному механізму, який дозволяє оптимізувати інформацію на ходу без потреби зберігання даних для подальшого аналізу. У ситуаціях, коли пряме вимірювання всіх керованих змінних не є можливим, фільтр Калмана надає можливість реконструювати невідомі параметри на основі доступних, але не завжди точних даних. Окрім того, фільтр Калмана застосовується для уточнення інформації отриманої з сенсорів та інших вимірювальних приладів, що часто містять шуми та помилки. Він ефективно відфільтровує випадкові відхилення, дозволяючи отримати найбільш достовірний огляд ходу процесів, усереднюючи флуктуації та видаляючи аномалії.

Веб-додаток, що був створений, має клієнтську частину, розроблену за допомогою чистого JavaScript (використовуючи HTML та CSS), а також серверну частину, побудовану на основі Python та фреймворку Streamlit [3]. Спочатку користувач вибирає точку

призначення, після цього програма формує маршрут та демонструє його на екрані. Якщо запропонований маршрут влаштовує користувача, включається функція відстеження для навігації.

Функція `watchPosition` є частиною Geolocation API веб-браузерів і використовується для отримання і відстеження геопросторових даних пристрою користувача в реальному часі [4]. З активацією параметра `enableHighAccuracy`, ця функція намагається використати найбільш точні доступні засоби для визначення місцезнаходження, такі як GPS-адаптери в смартфонах. Коли веб-додаток викликає `watchPosition`, браузер запитує дозвіл у користувача на доступ до його геолокаційних даних. Якщо користувач надає дозвіл, функція починає надсилати оновлення про місцезнаходження користувача кожного разу, коли воно змінюється. Ці дані містять широту та довготу — основні координати, які визначають географічне положення. Крім основних координат, також можуть бути надані додаткові дані: точність визначення місцезнаходження, висота над рівнем моря, точність висоти, напрямок руху та швидкість, забезпечені відповідною часовою міткою, яка фіксує точний час отримання даних. Ця інформація здебільшого залежить від GPS-адаптера пристрою, який приймає сирі сигнали з супутників і розраховує положення на основі їх часових затримок, але в умовах слабого сигналу GPS або в приміщенні, можуть використовуватися інші технології, такі як Wi-Fi позиціонування чи мобільні вежі. Параметр `enableHighAccuracy` вказує на необхідність використання найточніших доступних методів для визначення положення, що може вимагати більше енергії та часу для отримання даних.

Крім того, через протокол WebRTC у програму транлюється відеопотік з задньої камери телефону. Сервер аналізує ці відеодані, і з допомогою технологій доповненої реальності на відео накладаються навігаційні підказки, які допомагають користувачеві слідувати до пункту призначення. Ці вказівки проєктуються назад на клієнтську сторону, надаючи водію візуальні орієнтири для оптимізації маршруту до місця призначення.

На рисунку 1 відображено інтерфейс розробленої системи.

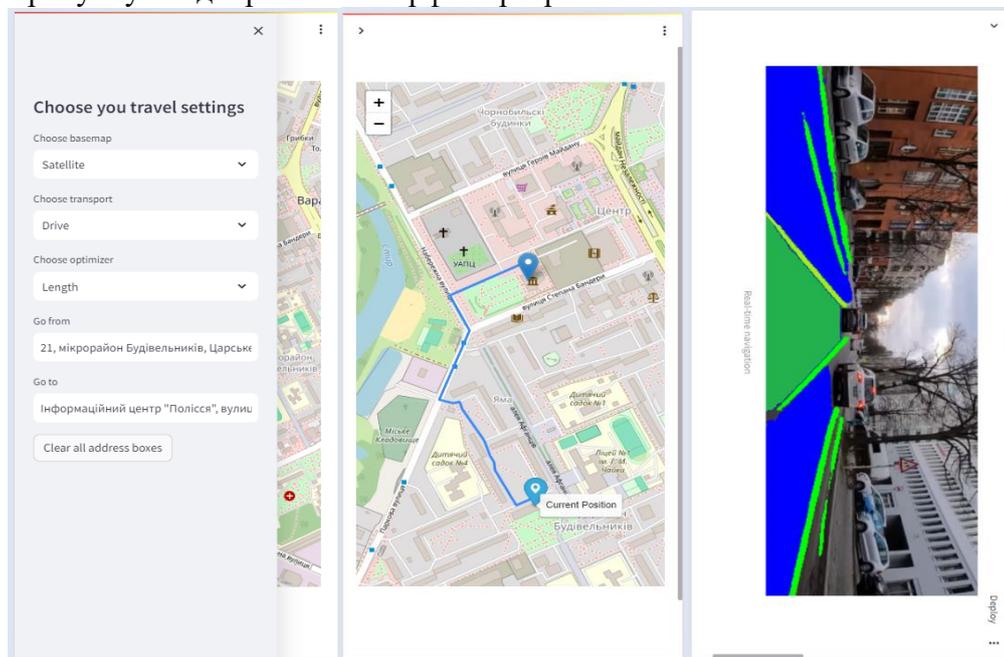


Рисунок 1 - Інтерфейс розробленої системи

**Висновки.** У розробленій системі для оптимізації та підвищення точності відстеження місцеположення користувача застосовується фільтр Калмана. Під час проведення експерименту у вечірній час та в умовах дощу, за допомогою смартфона було зібрано первинні GPS-дані. На рисунку 2 представлено результати цього експерименту: червона лінія демонструє первинні дані, а зелена — дані після застосування фільтра

Калмана. В результаті фільтрації Калмана було отримано значно точніший маршрут, що краще відображає реальність.



Рисунок 2 - Застосування Калман фільтру

Така обробка даних значно покращує навігацію та підвищує надійність використання GPS-трекінгу у системі. Цей фільтр ефективно виправляє можливі відхилення та шуми в GPS-даних, надаючи змогу отримати більш гладкий і точний маршрут.

**Перелік посилань:**

1. Офіційна інформація уряду США про глобальну систему позиціонування (GPS) та пов'язані з нею теми. URL: <https://www.gps.gov/systems/gps/> (дата звернення 03.03.2024)
2. Peter W. Sarunic, Development of GPS Receiver Kalman Filter Algorithms for Stationary, Low-Dynamics, and High-Dynamics Applications, Cyber and Electronic Warfare Division Defence Science and Technology Group, 2016, 57p URL: <https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/AD1010622.pdf>
3. Streamlit фреймворк. URL: <https://github.com/streamlit> (дата звернення 03.03.2024)
4. Опис функції watchPosition. URL: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/Geolocation/watchPosition> (дата звернення 03.03.2024)

<sup>1</sup> Магістрант 2 курсу Терещенко М.С.

<sup>1</sup> Проф., д.т.н. Федорова Н.В.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=uRvUNAcAAAAJ&hl=en>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ОСНОВНІ ЕЛЕМЕНТИ РУШІЯ СИМУЛЯЦІЇ КІБЕР-ЕНЕРГЕТИЧНОЇ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВОЇ ЛАБОРАТОРІЇ

**Постановка проблеми та її актуальність.** Кібер-енергетичні системи складаються з великої кількості взаємопов'язаних елементів, які мають різні поведінкові моделі, різні шляхи взаємодії та комунікації й принцип роботи яких може суттєво змінюватись у відповідь на навколишні чинники [1]. З часом, якість розуміння, покращення та супроводу таких систем може погіршуватись й призводити до помилкових або неоптимальних рішень. Одним з можливих рішень є створення програмного комплексу здатного одночасно моделювати та візуалізувати бажані кібер-енергетичні процеси, що дозволило б у простий та швидкий спосіб зорієнтуватись в усіх важливих елементах цільової системи.

**Формулювання мети.** Створення рушія симуляції роботи елементів кібер-енергетичних лабораторій може відбуватись різними шляхами. Використання компонентно-орієнтованого підходу дозволить зробити рушій симуляції гнучким й досягти більшої наближеності до реальних систем.

**Основна частина.** Незалежно від розміру кібер-енергетичної системи, в її основу завжди покладена відносно невелика частина загальних компонентів – «будівельних блоків», користуючись якими можливо побудувати систему довільної складності. Розуміючи це, в основу рушія симуляції покладено компонентно-орієнтований підхід Entity-Component-System [2], який дозволяє будувати симуляції як набір практично незалежних підсистем, кожна з яких має знання лише про необхідні їй компоненти. Зокрема, рушій симуляції пропонує чотири узагальнених кібер-фізичних компоненти:

- Сенсор – Надає обраній сутності властивості сенсора, що дозволяє отримувати інформацію про стан навколишнього середовища. Користувач має змогу задати конкретний тип сенсора й налаштувати відповідні параметри. Наприклад, датчик наближеності дозволяє задати максимальну відстань спрацьовування.

- Актуатор – Перетворює обрану сутність в актуатор й, тим самим, дозволяє змінювати стан навколишнього середовища. Подібно до сенсора, дозволяє обрати конкретний тип й встановити бажані параметри.

- Програмований пристрій – Дозволяє встановлювати на обрану сутність користувацьку програму написану на мові C++. Зміст програми необмежений, але повинен бути зосереджений на контролюванні інших елементів віртуального світу. Прикладами таких програм є система реагування на пожежу, система розумного споживання енергії або робот-пилосос.

- Мережевий міст – Дозволяє обраній сутності отримувати й передавати інформацію за вказаним тегом. Передача інформації здійснюється за допомогою протоколу MQTT на основі бібліотеки Paho MQTT [3]. Цей компонент виконує об'єднувальну роль й дозволяє сенсорам, актуаторам та програмованим пристроям спілкуватись один з одним, подібно до справжніх систем Інтернету речей.

Завдяки протоколу MQTT, рушій симуляції дозволяє поєднувати справжні та віртуальні об'єкти в єдину систему, що відкриває нові можливості. Зокрема, це дозволяє синхронізувати та коригувати змодельовані дані, а також виконувати контролювання справжніх фізичних елементів з уявного віртуального простору. Сутність може мати декілька компонентів одночасно й виконувати декілька дій. Тим не менш, сутність не може

мати один й той самий компонент два і більше рази. В разі якщо така необхідність є, користувач повинен створити нову сутність, надати їй бажаний компонент й встановити її як дочірню.

Віртуальний світ складається з певної множини станів, кожен з яких може мати довільний характер. Головною вимогою до фізичного стану є реалізація базового спільного програмного інтерфейсу. Більше того, завдяки системі плагінів [4], реалізація станів може забезпечуватись третіми особами й постачатись як окремі бібліотеки. Фізичні стани необхідні для забезпечення роботи сенсорів та акuatorів. На алгоритм симуляції стану не накладається жодних обмежень й їх процеси можуть поєднуватись, за необхідності, з іншими станами. За замовчуванням, рушій симуляції пропонує три фізичні стани:

- Заповненість – Дозволяє визначити наявність твердого тіла в довільній точці віртуального світу.

- Температура – Зберігає значення температури в кожній точці віртуального світу. Розповсюдження температури відбувається з імітацією явища конвекції та горизонтального руху, з використанням оптимального алгоритму на основі клітинних автоматів [5]. Завдяки стану фізичної заповненості, розповсюдження температури враховує наявність оточуючої геометрії: стін, дверей, вікон тощо. Візуалізацію розповсюдження температури в пустому віртуальному середовищі представлено на рисунку 1.

- Рух твердих тіл – Дозволяє зімітувати рух твердих тіл в кімнаті, змодельовати зіткнення та обертання. Цей стан є особливо важливим для акuatorів та сенсорів, оскільки дозволяє в природній спосіб реалізувати такі дії як відчинення дверей або перевірку на наявність об'єктів попереду.

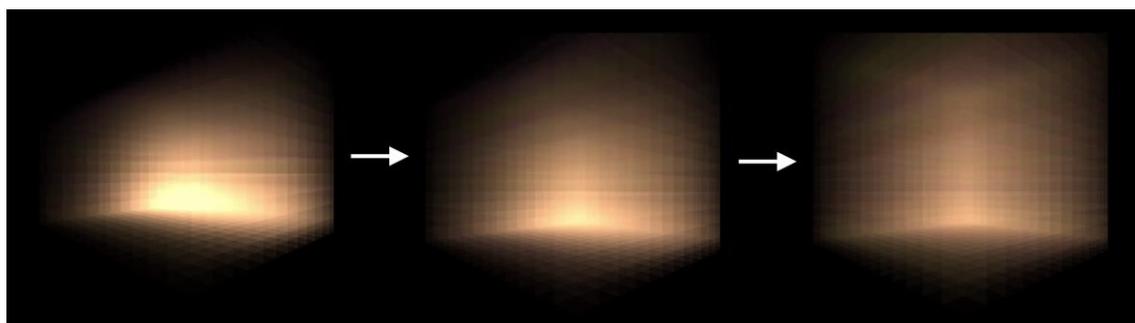


Рисунок 1 – Візуалізація розповсюдження температури в пустому віртуальному середовищі. Світліший колір відповідає вищій температурі.

**Висновки.** Завдяки використанню компонентно-орієнтованого підходу до моделювання кібер-енергетичних систем, вдалось створити розширюваний й простий в супроводі рушій симуляції з підтримкою базових кібер-фізичних компонентів. Застосування протоколу MQTT дозволило інтегрувати реальні та віртуальні об'єкти, відкриваючи нові можливості для управління та синхронізації даних.

#### **Перелік посилань:**

1. Walid M. Taha, Abd-Elhamid M. Taha, J. Thunberg. Cyber-Physical Systems: A Model-based Approach. Springer, 1st ed. 2021. 210 p.
2. Entity Component System FAQ – URL: <https://github.com/SanderMertens/ecs-faq>
3. Paho MQTT C – URL: <https://github.com/eclipse/paho.mqtt.c>
4. Plugin Architecture – URL: <http://blog.nuclex-games.com/tutorials/cxx/plugin-architecture/>
5. Was J., Karp. A, Lukasik S. and Palka D., Modeling of fire spread including different heat transfer mechanisms using cellular automata. Computational Science – ICCS 2020, pages 445–458, Cham, 2020. Springer Internationa

<sup>1</sup> Аспірант 2 курсу Хоменко О.М.; <sup>2</sup> Сенченко В.Р.

<sup>1</sup> Проф., д.т.н. Коваль О.В.

<https://scholar.google.com/citations?hl=uk&user=zI4-oasAAAAJ>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

<sup>2</sup> Старший науковий співробітник ІПРІ НАНУ

## ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ АНАЛІЗУ КАСКАДНИХ ЕФЕКТІВ В КРИТИЧНІЙ ІНФРАСТРУКТУРІ

**Постановка проблеми та її актуальність.** Програмне забезпечення, яке є сховищем знань та інструментом керування ними, впроваджується в різних сферах для забезпечення роботи критичної інфраструктури, яка необхідна для функціонування суспільства. Об'єкти критичної інфраструктури утворюють взаємозв'язані системи, де збій компонента чи компонентів в мережі може породити ланцюг збоїв, виникне каскадний ефект, який може призвести до масштабних перебоїв у функціонуванні системи. Структурування знань про предметну область полегшує процес розробки програмного забезпечення і є важливою задачею в інженерії програмного забезпечення [1,2,3]. Для семантичного представлення знань (опис об'єктів, властивостей, зв'язків) і виведення нових знань у межах домену використовують онтології, які є одним із способів вирішення поточної задачі. Також онтології можуть використовуватися для обміну і повторного використання знань.

**Аналіз останніх досліджень.** У статті [4] наведено визначення **онтології** - явна специфікація концептуалізації, де концептуалізація - це абстрактний, спрощений погляд на світ, який ми хочемо представити з певною метою. Кожна база знань, система, заснована на знаннях, або агент рівня знань зобов'язані певній концептуалізації, явно чи неявно. У статті [5] **онтологія** визначається як загальний словник для дослідників, яким потрібно обмінюватися інформацією в домені, який включає машинно-інтерпретовані визначення основних понять у домені та зв'язки між ними. Отже, онтологія - це формальна модель знань, за допомогою якої описують концепції та зв'язки та забезпечують інтеграцію даних.

У статті [5] наведено **перелік переваг** розробки онтології: обмін спільним розумінням структури інформації між людьми або програмними агентами; можливість повторного використання знань домену; створення явних припущень домену; відокремлення знань предметної області від оперативних знань; аналіз знань домену.

Знання в онтології формалізуються за допомогою наступних **компонентів** [6]:

- Класи або поняття (classes / concepts): інкапсують атрибути та описи, можуть мати підкласи та суперкласи.
- Відношення (relations): описують взаємодії між поняттями предметної області.
- Функції (functions): певний тип зв'язків, у яких n-й елемент зв'язку є унікальним для n-1 попередніх елементів.
- Аксиоми: використовуються для моделювання речень, які завжди істинні.
- Екземпляри: представляють базові компоненти онтології, використовуються для представлення елементів.

**Типи онтологій** описані у роботі [6]:

- Онтології представлення знань (Knowledge Representation).
- Загальні онтології (General/Common ontologies).
- Онтології верхнього рівня (Top-Level Ontologies).
- Метаонтології (Meta-ontologies).
- Онтології домену (Domain ontologies).
- Ілюстративні лінгвістичні онтології (Illustrative linguistic ontologies).
- Онтології завдань (Task ontologies).

- Онтології «Домен-Завдання» (Domain-Task ontologies).
- Онтології методів (Method ontologies).
- Онтології додатків (Application ontologies).

За допомогою онтології можливо представити та ідентифікувати явні та неявні залежності, зв'язки між даними в базі знань. Різні мови онтології підтримують різні типи функцій, використовують різну термінологію для їх опису. OWL - це версія мови веб-онтології DAML+OIL, яка є частиною стеку технологій W3C Semantic Web, який включає RDF, RDFS, SPARQL тощо і має більше можливостей для вираження значення та семантики, ніж XML, RDF та RDF-S [7]. Створювати та редагувати онтології можливо за допомогою різних програм, найпопулярнішою є Protégé - безкоштовний редактор онтології з відкритим кодом, система управління знаннями з графічним інтерфейсом користувача [8].

У статті [5] описано ітеративний підхід до розробки онтології, який складається з наступних кроків:

- Визначити домен і область онтології.
- Розглянути можливість повторного використання існуючих онтологій.
- Перелічити важливі терміни онтології.
- Визначити класи та ієрархію класів.
- Визначити властивості класів - слотів.
- Визначити грані слотів.
- Створити екземпляри.

**Основна частина.** Побудова онтології критичної інфраструктури (енергосистеми та комунального підприємства). Об'єкти критичної інфраструктури відносяться до сектору та підсектору і надають послуги, які наведені і утворюють мережу із визначеними зв'язками, які зображено на рисунку 1. Для характеристики об'єктів визначено метрики, які встановлюються експертами:

- Категорія критичності, інтервал [0 – 1].
- Ризик виникнення події, інтервал [0 – 1].

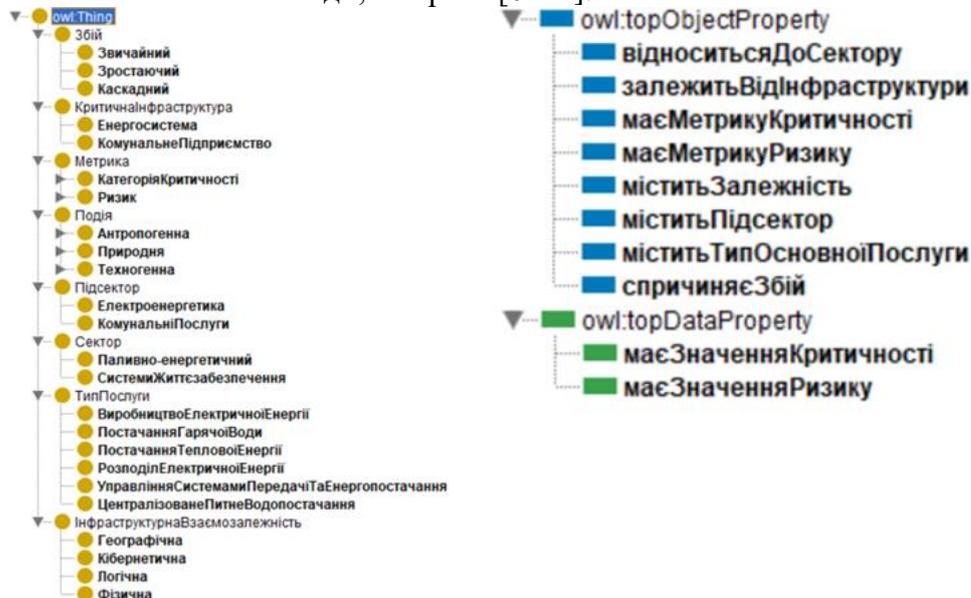


Рисунок 1 – Онтологія критичної інфраструктури

Між об'єктами критичної інфраструктури існують взаємозалежності [9]:

- Фізичний: стан однієї інфраструктурної системи залежить від матеріальних результатів іншої інфраструктурної системи.
- Кібернетичний: стан однієї інфраструктурної системи залежить від інформації, що передається через інформаційну інфраструктуру.

- Географічний: локальна екологічна подія може спричинити зміни стану в усіх інфраструктурах.

- Логічний: стан однієї системи інфраструктури залежить від стану інших через механізм, який не є фізичним, кібернетичним або географічним.

Небезпечні події, які можуть мати негативний вплив на критичну інфраструктуру, можуть бути викликані різними чинниками: природні (геологічні: цунамі, землетруси), погодні (повені, буревій), техногенні (пожежа, вибух), антропогенні (атака, помилка (людський фактор)).

Ці події можуть ініціювати різні типи збоїв [9]: звичайний (компоненти в мережі виходять з ладу через певну загальну причину), зростаючий (збій в одній інфраструктурі посилює збій в іншій), каскадний (спричиняється збій в інших інфраструктурах).

В результаті було створено граф онтології, який відображає зв'язки між класами і зображений на рисунку 1. За допомогою графа можливо дослідити зв'язки між об'єктами, зробити припущення щодо можливого сценарію розвитку події.

**Висновки.** За допомогою онтології можливо структурувати, доповнювати інформацію про предметну область для подальшого дослідження. Використання онтології дозволяє представити та ідентифікувати явні та неявні залежності, зв'язки між даними в базі знань, а за допомогою SPARQL можливо отримати нові знання.

#### **Перелік посилань:**

1. Коваль О.В. Методи та засоби комп'ютерного моделювання сценаріїв аналітичної діяльності: дис. ... д-ра техн. наук: 01.05.02. Київ: Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, 2021. 440 с.

2. Коваль О.В., Додонов О.Г., Сенченко В.Р., Путятін В.Г., Бойченко А.В. Методологічні та технологічні аспекти комп'ютерного моделювання сценаріїв прийняття рішень. Математичні машини і системи. Київ, ПІММС НАН України, 2023. № 3. С. 65–88. ISSN 1028-9763. <https://doi.org/10.34121/1028-9763-2023-3-65-88>

3. Коваль О.В., Додонов О. Г., Сенченко В.Р., Бойченко А.В. Моделювання сценаріїв аналітичної діяльності на основі нотації BPMN OWL Реєстрація, зберігання і обробка даних, Київ, ПІПІ НАН України, 2020. № 1(22). С. 31–48. ISSN 1560-9189 <https://doi.org/10.35681/1560-9189.2020.1.1.207782>

4. Thomas R. Gruber. A translation approach to portable ontology specifications. Knowledge Acquisition, Knowledge Acquisition, 5(2):199-220, 1993. [Електронний ресурс]. URL: <https://tomgruber.org/writing/ontolingua-kaj-1993.pdf>

5. Natalya F. Noy, Deborah L. McGuinness. Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology. 2001. [Електронний ресурс]. URL: [https://protege.stanford.edu/publications/ontology\\_development/ontology101.pdf](https://protege.stanford.edu/publications/ontology_development/ontology101.pdf)

6. Asuncion Gomez Perez, V. Richard Benjamins. Overview of Knowledge Sharing and Reuse Components: Ontologies and Problem-Solving Methods. 1999. URL: [https://www.researchgate.net/publication/2505095\\_Overview\\_of\\_Knowledge\\_Sharing\\_and\\_Reuse\\_Components\\_Ontologies\\_and\\_Problem-Solving\\_Methods](https://www.researchgate.net/publication/2505095_Overview_of_Knowledge_Sharing_and_Reuse_Components_Ontologies_and_Problem-Solving_Methods)

7. Deborah L. McGuinness, Frank van Harmelen. OWL Web Ontology Language Overview. W3C Recommendation, W3C. 2004. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.w3.org/TR/owl-features/> (дата звернення 02.03.2024)

8. Protégé (software). URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Prot%C3%A9g%C3%A9\\_\(software\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Prot%C3%A9g%C3%A9_(software)) (дата звернення 02.03.2024)

9. Steven M. Rinaldi, James P. Peerenboom, and Terrence K. Kelly. Identifying, understanding, and analyzing critical infrastructure interdependencies. IEEE Control System Magazine 21(6):11–25, 2001. URL: [https://www.researchgate.net/publication/3206740\\_Identifying\\_understanding\\_and\\_analyzing\\_critical\\_infrastructure\\_interdependencies](https://www.researchgate.net/publication/3206740_Identifying_understanding_and_analyzing_critical_infrastructure_interdependencies) (дата звернення 02.03.2024)

<sup>1</sup> Postgraduate 4th year Melnychenko A.V.; <sup>1</sup> Young scientist Shaldenko O.V.

<sup>1</sup> Prof., doc.eng.sc. Nedashkivskiy O.L.

<https://scholar.google.com.ua/citations?hl=en&user=qT72SMYAAAAJ>

<sup>1</sup> Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

## MODERN METHODS OF INCREASING INFERENCE SPEED OF NEURAL NETWORKS USING SPARSE MATRICIES

**Statement of the problem and its relevance.** Neural networks have become an important technology, but their computational complexity and resource intensity make it difficult to deploy them in real-world scenarios. The large number of parameters and deep architectures of neural models require significant computing power and energy consumption, which is harmful to the environment. This complexity presents a challenge when using neural networks in Internet of Things (IoT) devices, as these devices have limited computing resources, especially in terms of memory. This shortage of resources can lead to unacceptable latency and delays in tasks that require real-time decision-making, such as autonomous control systems [1].

**Analysis of the latest research.** One of the methods to reduce computational complexity of the deep neural networks is neural network pruning. Neural network pruning, a key method of neural network optimization, is based on the concept of simplifying complex mathematical models while maintaining or improving their performance. Pruning involves systematically removing less significant parameters of a neural network, such as weights or connections, thus reducing the model size and computational complexity. While structured pruning by itself can reduce the computational complexity of the model, unstructured pruning can show better results while requiring additional steps to gain speedup.

**Goal formulation.** To gain maximum speedup after applying unstructured pruning algorithms, while keeping adequate performance of the model, sparse matrices can be used, to boost computations and reduce memory requirements on modern GPUs. One of the methods is 2:4 sparse matrix format.

**Main part.** Deep neural networks are a sequence of computing units organized into several layers that interact with each other. The computational cost of performing arithmetic operations can be quantified using floating point operations (FLOPs). Thus, the speed of a deep learning algorithm will depend on how many floating point operations per second the hardware can perform. This information is usually denoted as FLOPS (FLOPs per Second) and is one of the main performance differences between CPUs and GPUs, making GPUs more suitable for processing deep learning operations [2].

In the course of research into the efficiency of using sparse matrices on modern GPUs, a new data storage format, the 2:4 sparse matrix, was developed to solve the problems associated with using sparse matrices to increase performance. The 2:4 sparse format implies that for each group of 4 values, at least 2 must be zero. This results in a 50% sparsity, which makes maintaining accuracy without excessive parameter removal much more practical than, for example, with 80% sparsity [3]. When applied to a matrix, the 2:4 pattern has the following advantages over alternative sparsity approaches

- efficient memory access;
- compressed format with low overhead;
- 2X increase in mathematical performance on NVIDIA Ampere GPUs.
- When applying this method, it becomes possible to use the results of weight estimates to apply a hybrid approach to weight pruning and accelerate network training.

Since various pruning algorithm assign an salience criterion to each weight in the network, it is possible to develop an adapted pruning algorithm that will select the weights for sparse matrices with the highest criterion values (Fig. 1) [4].

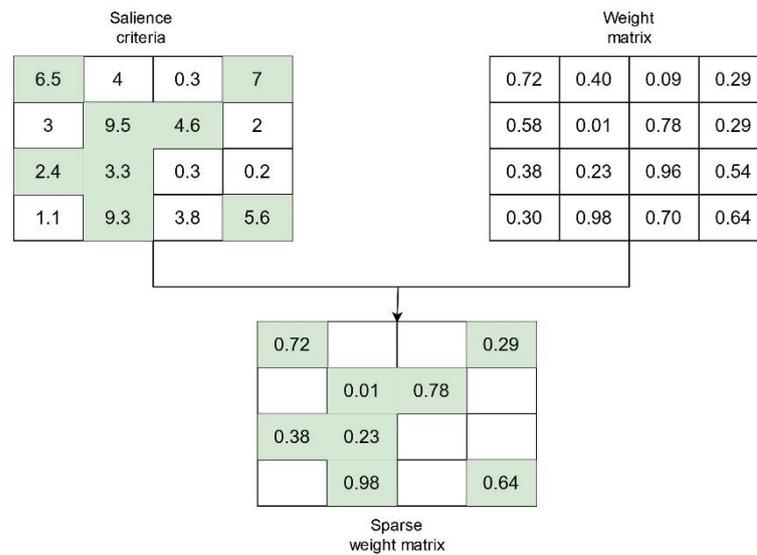


Figure 1 – Using sparse matrices with the salience scores

According to the measurements of the performance of individual elements and operations of the typical transformer model, 85.80% of operations are matrix multiplications (Fig. 2). Accordingly, for variations in transformer architectures, the use of this modification of the pruning algorithm can lead to an increase in performance from 20 to 65%, depending on the GPU.

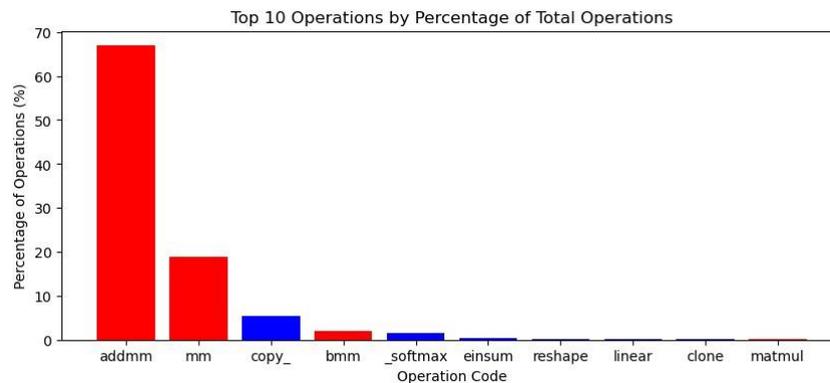


Figure 2 – Operations in neural network execution (red – matrix multiplication)

**Conclusions.** The use of sparse matrices is able to improve neural network performance after pruning. It was found that matrix multiplication, which takes up 85% of computing time, is involved in most neural network operations. An approach to using sparse matrices of 2:4 format in conjunction with the pruning algorithm was proposed to increase speed by up to 65%.

**References:**

1. Zikria Y.B., Afzal M.K., Kim S.W., Marin A., Guizani, M. Deep learning for intelligent IoT: Opportunities, challenges and solutions. Computer Communications, December 2020, Vol. 164, P. 50-53.
2. Wang Y. E., Wei G. Y., Brooks D. Benchmarking TPU, GPU, and CPU platforms for deep learning. arXiv preprint arXiv:1907.10701, 24 July 2019.
3. Mishra A., Latorre J. A., Pool J., Stosic D., Stosic D., Venkatesh G., Yu C., Micikevicius P. Accelerating Sparse Deep Neural Networks. arXiv preprint arXiv:2104.08378, 16 Apr 2021.
4. Melnychenko, A., Zdor K. Incorporating attention score to improve foresight pruning on transformer models. Computer Science and Applied Mathematics, 2023, №2, P. 18-22

<sup>1</sup> Бакалаврант 4 курсу Дем'яник Д.М.

<sup>1</sup> Доц., к.т.н. Кузьмініх В.О.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=xtZ1iBwAAAAJ&hl=en>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## БІБЛІОГРАФІЧНІ МЕНЕДЖЕРИ УКРАЇНИ

**Постановка проблеми та її актуальність.** В Усі науковці мають приблизний план дослідження: створення проблеми, пошук подібних до проблеми досліджень, створення гіпотези, експеримент, аналіз отриманих даних. В даний момент на дворі 21 століття, вже створено багато досліджень, в майбутньому їх кількість буде лише збільшуватись. Постає проблема ефективного пошуку потрібної інформації з використанням фільтрів та сортування за доцільністю, часом. Також варто приділити увагу надійності досліджень. Актуальність дослідження обумовлюється збільшенням спеціалізованих бібліографічних баз даних, що потребує додаткового вивчення їх схожості і відмінностей [1].

**Аналіз останніх досліджень.** Такі менеджери корисно мати не тільки науковцям, але й студентам, оскільки ті окрім знаходження інформації також можуть допомогти цитувати джерела, причому спростивши процес до автоматизму [2].

Даний матеріал зверне вашу увагу на саме українські бази даних і менеджери з нинішніх [3].

**Формулювання мети.** Українські бази даних хоч і менші, у них є перевага у вигляді відсутності мовного бар'єру, що є перевагою у деяких випадках. Водночас деякі вітчизняні дослідження, що можуть знаходитись лише у наших баз даних, будуть більш актуальними ніж іноземні, оскільки у них розв'язуються саме проблеми нашого середовища. З часом ці бібліографічні менеджери зростатимуть, не в останню чергу через попит на них. В майбутньому з'являться нові, зараз достатньо дослідити і ознайомитись з наявними. Мета даного дослідження якраз полягає в цьому.

**Основна частина.** Для початку варто ознайомитись із термінами.

Бібліографічні бази даних — різновид документографічних баз даних, що містять упорядковану за певними правилами сукупність відомостей про документи.

Бібліографічний менеджер - це програма, розроблена для зберігання бібліографічних даних, повних текстів і оформлення посилань та списків літератури.

Бібліографічні бази даних можуть самі по собі працювати, для отримання інформації з них достатньо надати запит. Проте для зручності створюються менеджери, які тримають у собі бази даних, а також виконують додаткові завдання:

- імпорт - автоматичне перетягування інформації з інших баз даних, веб-сторінок у власну;

- цитування - послуга автоматичного додавання цитати з джерела у матеріал, згенерувавши при цьому елемент у список літератури;

- пошук - можливість знаходити потрібні дослідження з використанням фільтрів та сортування;

- можливість створити власну локальну базу даних.

Менеджери не обов'язково повинні мати усі пункти, деякі можуть мати й інші послуги.

У дослідженні будуть розглядатись лише українські менеджери і бази даних.

Найпоширенішими є такі бази даних:

- ELAKPI - інституційний репозитарій університету КПІ ім. Ігоря Сікорського [4].

Цей архів накопичує, зберігає, розповсюджує та забезпечує довготривалий, постійний та надійний доступ через Інтернет до наукових та освітніх матеріалів професорсько-

викладацького складу, співробітників, студентів, аспірантів та докторантів даного університету;

- НБУВ - Національна Бібліотека України імені В. І. Вернадського [5]. Має статус науково-дослідної установи і досліджує проблеми бібліотекознавства, бібліографознавства і так далі, історії книжкової культури, інформатики, соціальних комунікацій, збереження, консервації і реставрації документів й організації створення національної бібліографії України, повних бібліографій документів національних меншин України; формування і збереження національного бібліотечного фонду України; удосконалення бібліотечно-бібліографічної класифікації, каталогізації, розвитку комп'ютерних технологій інформаційно-бібліотечної діяльності;

- ResearchUA - бібліотечна цифрова платформа підтримки наукових досліджень в Україні [6]. Є новим цифровим проектом НБУВ, орієнтована на розвиток електронної дослідницької інфраструктури України та формування всеукраїнського цифрового наукового простору, а саме акумуляцію, інтеграцію, ефективне використання і вхідження наукових електронних бібліотечно-інформаційних ресурсів України до сучасних світових цифрових комунікацій;

- eSSUIR - Електронний архів Сумського державного університету[7]. наповнюється наступними матеріалами: наукові публікації працівників та студентів, статті з наукових журналів, навчально-методичні розробки;

- Портал відкритих даних - Єдиний державний веб-портал відкритих даних [8]. Портал призначений для забезпечення надання доступу до публічної інформації у формі відкритих даних та передбачає доступ до інформації органів влади з можливістю її наступного використання;

- Наукова періодика України - це загальнодержавна технологічна платформа на базі Open Journal Systems (OJS), яка забезпечує для наукових періодичних видань України процеси редакційного опрацювання, публікації та післяпублікаційної підтримки [9].

Більшість архівів є архівами власних університетів, окрім порталу відкритих даних, бібліотеки В. І. Вернадського і проекту "Наукова періодика України". Ці бази даних є лише найпоширеніші, в нашому регіоні є інші.

Даний матеріал варто прочитати кожному студенту при написанні курсової роботи, дипломної роботи, дисертації та інших наукових робіт, оскільки описані бази даних надають велику кількість матеріалу, при вивченні яких можна вдосконалити власну роботу, перевірити її на оригінальність та просто поглибити знання.

**Висновки.** Підсумовуючи, минулі покоління науковців встигли лишити по собі великий слід у вигляді досліджень, які варто зорганізувати, класифікувати, стандартизувати, розробити зрозумілі менеджери, які надаватимуть потрібну інформацію користувачеві. І в цьому можуть допомогти перелічені менеджери.

#### **Перелік посилань:**

1. Чуканова, С. (2021). Бібліографічні менеджери як допоміжні інструменти цитування джерел.

2. Гузенко С. І. Бібліографічні менеджери. URL: <https://www.calameo.com/read/006161570b8aa0cfe898b>

3. Основи академічного письма. Робота з науковими джерелами. URL: [https://elearning.sumdu.edu.ua/free\\_content/lectured:40e485aecd9c375448e4927947e5c4c5e43d113c/20200327102201/721571/index.html](https://elearning.sumdu.edu.ua/free_content/lectured:40e485aecd9c375448e4927947e5c4c5e43d113c/20200327102201/721571/index.html) (дата звернення 07.03.2024)

4. ELAKPI. URL - <https://ela.kpi.ua> (дата звернення 07.03.2024)

5. НБУВ. URL — <http://nbuv.gov.ua> (дата звернення 07.03.2024)

6. ResearchUA. URL — <http://research.nbuv.gov.ua> (дата звернення 07.03.2024)

7. eSSUIR. URL - <https://essuir.sumdu.edu.ua> (дата звернення 07.03.2024)

8. Портал відкритих даних. URL - <https://data.gov.ua> (дата звернення 07.03.2024)

9. Наукова періодика України. URL - <https://journals.uran.ua> (дата звернення 07.03.2024)

<sup>1</sup> Бакалаврант 4 курсу Дудкін О.М.

<sup>1</sup> Проф., д.т.н. Мусяченко А.П.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=EvdJcxsAAAAJ&hl=uk&oi=sra>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

**Постановка проблеми та її актуальність.** Інформаційна система – це система сукупність технічних та організаційних засобів, для збирання, обробки, збереження та розповсюдження різноманітної необхідної для користувачів інформації. Більша кількість таких системах, особливо в умовах реального світу, є досить складними і в умовах швидкого розвитку сучасних технологій, такі структури можуть потребувати більше затрат на оновлення апаратної складової або програмного забезпечення, чи навіть заходів щодо технічного персоналу (звільнення, наймання чи перекваліфікація). Найголовніший аспект, що розраховується ще на етапі моделювання системи – це виконуваних вимог, тобто функціональна стійкість [1]. Такі поняття, як «функціональна стійкість», «надійність», «живучість» та «відмовостійкість» пов'язані між собою, однак під терміном «функціональна стійкість» мають на увазі не зниження кількості порушень, а забезпечення виконання якомога більше функцій вже після відмови певної складової [2].

Існує досить багато різноманітних методів, які дозволяють оцінити функціональну надійність системи згідно з початковими даними. Для того, щоб з'ясувати, який метод буде найменш затратним за ресурсами і найбільш точним, треба виконати порівняльний аналіз, тобто визначити плюси та мінуси кожного методу і на фоні цього зробити висновок відносно кожного методу оцінки та ситуації, при якій варто метод використати.

**Аналіз останніх досліджень.** Інформаційні системи найчастіше задаються у вигляді неорієнтованого графу, для якого його важлива характеристика – це ймовірність справності усіх його шляхів, тобто надійність ( $p$ ) кожного елемента графа.

Іноді, щоб провести кількісну оцінку функціональної стійкості, достатньо проаналізувати зовнішній вигляд графу: структура є функціонально стійкою, якщо граф даної системи є однокомпонентним (зв'язним) і не має мостів. Проте для розгалужених та багато вершинних графів, розрахувати оцінку важко та затратно за ресурсами і часом. Тому для кількісної оцінки функціональної стійкості складної системи вводять наступні три показники функціональної стійкості [3]:

- показник вершинної зв'язності  $\chi(G)$  – це мінімальна кількість вершин графа, видалення яких (разом з їх ребрами) призводить до утворення незв'язного чи взагалі одновершинного графа системи;

- показник реберної зв'язності  $\lambda(G)$  – це найменша кількість усіх ребер графа, видалення яких теж призводить до утворення незв'язного графа;

- імовірність зв'язності  $P_{ij}(t)$  — це імовірність того, що інформація з вершини  $i$  у вершину  $j$  буде передана за час, не більший від вказаного  $t$ .

Саме розрахунки імовірності зв'язності графа системи визначають як складну задачу, яка додатково може ускладнюватися в залежності від початкових умов.

Порівняльний аналіз виконується для різних методів та моделей, однак тут, для прикладу, розглядатимуться наступні три методи для оцінки функціональної надійності: метод (повного) перебору станів, метод Езар-Прошана, та метод Литвака-Ушакова [4].

**Формулювання мети.** Для того, щоб визначити підхід, коли яку оцінку функціональної стійкості потрібно використати, потрібно здійснити порівняльний аналіз методів перебору станів, Езар-Прошана та Литвака-Ушакова. За рахунок демонстрації даних методів та визначення переваг

і недоліків кожного методу, можна буде з'ясувати, який метод більше вживаний, які ситуації зумовлюють використання певного підходу та яке їх практичне використання в реальному світі.

**Основна частина.** Перед тим, як почати розглядати кожен метод окремо, варто зазначити, що в усіх трьох методах буде розглядатися граф, який містить 5 елементів (Рис. 1). Даний граф називається, або «містковий» (від слова міст).

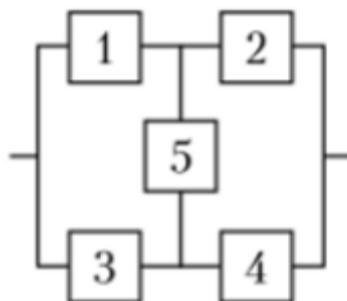


Рисунок 1 – «місткова» схема

Дана схема є найпростішою загальною структурою, що не зводиться до паралельно-послідовного з'єднання елементів. Оцінка ймовірності безвідмовної роботи системи для місткової схеми знаходиться за формулою (1):

$$\begin{aligned}
 P = & p_1 p_2 p_3 p_4 p_5 + p_1 p_2 p_3 p_4 q_5 + p_1 p_2 p_3 q_4 p_5 + p_1 p_2 q_3 p_4 p_5 \\
 & + p_1 q_2 p_3 p_4 p_5 + q_1 p_2 p_3 p_4 p_5 + p_1 p_2 q_3 p_4 q_5 + p_1 q_2 p_3 p_4 q_5 \\
 & + q_1 p_2 p_3 p_4 q_5 + p_1 p_2 q_3 q_4 p_5 + p_1 q_2 p_3 q_4 p_5 + q_1 p_2 p_3 q_4 p_5 \\
 & + p_1 q_2 q_3 p_4 p_5 + q_1 p_2 q_3 p_4 p_5 + q_1 q_2 q_3 p_4 p_5 + p_1 q_2 q_3 p_4 q_5,
 \end{aligned} \tag{1}$$

де  $p_i$  – ймовірність справності окремого елемента;

$q_i$  – ймовірність відмови,  $q = 1 - p$ ;

$P$  – ймовірність безвідмовної роботи усієї системи.

Для більш зручного розрахунку покладемо, що всі ребра графа мають справну надійність і дорівнюють  $p$ , тобто  $p_1 = p_2 = p_3 = p_4 = p_5 = p$ .

Отже, розпочнемо мову про точний метод перебору станів. Метод перебору станів, або метод повного перебору – це оцінка надійності, яка передбачає перебір усіх станів з підрахунком працездатних станів при визначенні у кожного їх ймовірностей. Рівняння (2) описує пошук головної оцінки надійності за цим методом:

$$P_s = p^5 + 5p^4q + 8p^3q^2 + 2p^2q = 2p^5 - 5p^4 + 2p^3 + 2p, \tag{2}$$

де  $p$  – ймовірність справності кожного ребра;

$q_i$  – ймовірність відмови кожного ребра,  $q = 1 - p$ ;

$P_s$  – ймовірність безвідмовної роботи, фактично оцінка функціональної стійкості.

Навіть з самої назви (перебирання усіх варіантів) видно, що сильна сторона цього методу – універсальність, у той час як вада перебору – це громіздкість. Обчислювальна складність  $O(2^n)$ , а тому для великих та розгалужених систем даний метод не є оптимальним. Враховуючи недолік перебору, варто вказати, що для зменшення складності обчислень використовують наближені методи оцінки. Наступні два методи, які будуть розглянуті, належать до категорії наближених методів оцінки функціональної стійкості.

Другий метод – це метод Езар-Прошана [5]. Метод мінімальних шляхів і мінімальних перетинів, або метод Езар-Прошана (Езарі-Прошана) – це метод, який дозволяє отримати наближену нижню та верхню оцінку надійності системи. Граничних значень усього дві, і вони вказують верхню та нижню межі (3) для ймовірності надійності усієї системи:

$$(1 - p^2)^2(1 - p^3)^2 \leq P_s \leq 1 - (1 - p^2)^2(1 - p^3)^2 \tag{3}$$

Усі параметри, які фігурують у формулі (3) вже описані були до формули (2) попереднього точного методу.

Третій метод Литвака-Ушакова загалом є удосконаленням методу Езар-Прошана. Граничні значення Езарі-Прошана мають недолік: вони означають визначення всіх зв'язкових підграф для розрахунку верхньої межі і мінімальних розрізів для нижньої, що само по собі нетривіально. Граничні значення Литвака-Ушакова натомість таких недоліків не мають. Формула (4) дуже схожа на формулу (3):

$$\text{Max}\{1 - (1 - p^2)^2, p^3\} \leq P_s \leq \text{Min}\{(1 - p^2)^2, (1 - p^3)\} \quad (4)$$

Існує також метод композиції Езар-Прошана та Литвака-Ушакова, який як раз вказує на вади обох методів: метод Литвака-Ушакова при малій кількості часу (t) вже дає похибку, а метод Езар-Прошана за великої кількості може сильно відхилитися від реального значення.

Отже, увесь порівняльний аналіз, був занесений таблицю 1, у якій можна порівняти усі плюси та мінуси розглянутих трьох методів.

Таблиця 1 – Методи оцінки функціональної стійкості системи: переваги та недоліки

Метод оцінки	Перевага	Недолік
Метод повного перебору	Універсальність, точність	Громіздкість, велика обчислювальна складність
Езар-Прошана	Зменшення складності обчислення	Сильна похибка при великій кількості часу
Литвака-Ушакова	Зменшення складності обчислення	Також наявність похибки, збільшена кількість розрахунків у порівнянні з Езар-Прошана

З таблиці 1 можна побачити, що методи зокрема залежать від кількості вершин графа системи та від граничного часу для ймовірності зв'язності.

**Висновки.** Підсумовуючи усе вище сказане, можна визначити, що використання даних методів залежить від двох аспектів графа інформаційної системи: складність (кількість вершин, розгалуженість) та кількості часу (параметр t ймовірності зв'язності). Якщо система мала, то достатньо буде використати навіть метод перебору. У разі якщо система велика і крім того планує розширяться в майбутньому – варто обрати вже в залежності від вимірюваного часу конкретний метод серед наближених.

#### Перелік посилань:

1. Oleksandr Dodonov, Olena Gorbachyk, Maryna Kuznietsova. Analysis and assessment of functional stability of information systems supporting management processes. International Scientific and Practical Conference “Information Technologies and Security (ITS-2022)”. Ukraine: Kyiv, 2022. p. 1–10.

2. Машков О.А., Самчишин О.В. Концептуальні основи синтезу функціональної стійкості системи радіомоніторингу (інформаційні аспекти). *Моделювання та інформаційні технології: Зб. наук. пр. ІПМЕ ім. Г.Є.Пухова НАН України*, 2010. Вип. 56. С. 136 – 145.

3. Машков О.А., Барабаш О.В. Оцінка функціональної стійкості розподілених інформаційно-керуючих систем. *Фізико-математичне моделювання та інформаційні технології*, 2005. Вип.1. С. 157 – 163.

4. Інформаційні системи і технології. Теорія надійності. Stud. URL: [https://stud.com.ua/164221/informatika/informatsiyni\\_sistemi\\_i\\_tehnologiyi\\_teoriya\\_nadiynosti](https://stud.com.ua/164221/informatika/informatsiyni_sistemi_i_tehnologiyi_teoriya_nadiynosti) (дата звернення: 10.03.2024).

5. Nosov M.B. Method for elimination of mutual crossing of esary-proschan estimates in tasks of analysis of bipolar networks connectivity, 2014. p. 70-76

<sup>1</sup> Бакалаврант 4 курсу Круть К.О.

<sup>1</sup> Асист. Голець В.О.

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## АНАЛІЗ ПРОБЛЕМАТИКИ ВСТАНОВЛЕННЯ ДЖЕРЕЛ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ НА МІСЦЕВОСТІ

**Постановка проблеми та її актуальність.** Сучасні технології все більше впроваджуються в усі сфери життя, і галузь енергетики не є виключенням, що абсолютно виправдано, адже такі системи допомагають управляти виробництвом, вести моніторинг споживання в реальному часі, діагностику обладнання систем, а також допомагати з прогнозуванням ефективності енергетичних установок. В останні десятиліття можна спостерігати, що на фоні загострення екологічних проблем технології виробництва енергії змінюють свій вектор розвитку: відходять від традиційних технологій до “зелених”, екологічно чистих. Багато країн світу активно інвестують в розвиток відновлювальної енергії, серед яких найпопулярнішими є такі технології як сонячна та вітрова. Зараз відновлювальні джерела енергії є сектором виробництва електроенергії з найвищим показником зростання. Проте незважаючи на багато переваг використання цих джерел, відповідно до Міжнародного енергетичного агентства, розвиток цієї галузі енергетики стає більш складним, особливо у економічній площині. У цьому контексті використання сучасних технологій у енергетиці може бути ключовим фактором у забезпеченні розвитку галузі та подолання існуючих труднощів[1].

Використання сучасних технологій у галузі теплоенергетики може бути використано на всіх етапах виробництва електроенергії – від визначення місця для побудови електростанцій та прогнозування ефективності цих станцій на даній території і до розрахунку можливої кількості виробленої електроенергії для приватного домогосподарства.

**Аналіз останніх досліджень.** Як було сказано вище, однією із найпопулярніших технологій відновлювальної енергетики є сонячна електроенергетика. Популярність цієї технології визначаються її загальнодоступністю, невичерпністю джерела виробництва енергії та безпечністю. В останні роки дуже популярним є встановлення сонячних панелей на дахах будівель різного типу – енергетичних підприємств, складських та інших виробничих приміщень, будівлях громадських установ та навіть на дахах приватних будинків. Тенденції в установці сонячних панелей на дахах приватних будинків зараз тільки зростає, лідерами у використанні є Німеччина, Китай та США, що обумовлено не тільки екологічністю технології, а і певними економічними причинами, як наприклад для США, спеціальними податковими умовами. Ще однією критично важливою перевагою установки таких станцій для приватних домогосподарств та підприємств є зменшення залежності від мереж, що стають все більш вразливими в плані відключень та перебоїв, що, наприклад, є дуже актуальним сьогодні для України в умовах війни, коли пошкоджено велику частину електроенергетичної інфраструктури країни та їх частих повторних пошкодженнях[2].

**Формулювання мети.** Незважаючи на всі описані переваги, у цієї технології є і недоліки: через відносно малу величину сонячної постійної, необхідно використання великих площ землі, залежність від погодних умов, притаманних місцевості, та високій ціні на самі панелі[3].

Опираючись на перераховані недоліки, можна прийти до висновку, що вибір правильного місця та планування необхідних ресурсів та потенціалу можливих вироблених є ключовими етапами в установці сонячної електростанції різних розмірів та призначень.

Можна сказати, що ці фактори, як і вибір технології самих панелей, системи моніторингу та підтримки, є визначними – від них залежить ефективність роботи і успіх електростанцій на основі джерела сонячного світла.

**Основна частина.** Зважаючи на потенціал галузі застосування сучасних технологій, таких як ШІ та сучасні алгоритми, в цій сфері є вкрай важливим та може допомогти вирішити описані проблеми – проблеми для аналізу місцевості та прогнозування ефективності. Тобто можна використати ці технології для того, щоб на ранньому етапі проаналізувати придатність певної території для встановлення на ній сонячних електростанцій на основі даних про ландшафт цієї території та статистичних даних про погодні умови[4]. На основі цієї ж інформації про метеорологічні умови можна спрогнозувати можливу кількість виробленої електроенергії на території в різні пори року, або ж навіть для кожного місяця року, що допоможе зробити висновок щодо ефективності установа електростанцій там. У випадку придатності земельної ділянки, використовуючи сучасні технології, можна розрахувати необхідну кількість сонячних панелей для планованої потужності, або навпаки для можливої кількості панелей розрахувати потужність станції та можливий прибуток[5]. Такі функції можуть бути корисними не лише для бізнесу, що спеціалізується на електроенергії, а і для приватних домогосподарств – наприклад, розрахунку сонячних панелей, що можуть бути установлені на даху будинку, вартість установки, покриття потреб використання електроенергії цим домогосподарством та прибутку із продажу виробленої електроенергії.

**Висновки.** Отже, використання сучасних технологій в “зеленій” енергетиці дозволяє вирішити багато проблем цієї галузі, зокрема вибір підходящого місця для установки, прогнозування ефективності роботи, вартості установки та обслуговування електростанцій, прибутку станції на певній місцевості, що тим самим сприяє розвитку бізнесу та галузі в цілому, забезпечує сталий розвиток, збереження природних ресурсів та допомагає у вирішенні екологічних проблем.

#### **Перелік посилань:**

1. Кудря С.О. Відновлювальні джерела енергії, 2020, с. 13, 118-122.
2. Відновлювана енергетика: перспективи України. Радіо свобода. URL: <https://www.radiosvoboda.org/a/25044801.html> (дата звернення: 10.03.2024).
3. Ahmed B., Al Mubarak M., Khouj M. Renewable Technologies: Solar Power and Wind Power Energy Utilization — Advantages and Disadvantages. Internet of Things. Cham, 2023. P. 507—519. URL: [https://doi.org/10.1007/978-3-031-35525-7\\_30](https://doi.org/10.1007/978-3-031-35525-7_30)
4. Economics and environmental impacts of solar energy technologies / A. A. Chand et al. Solar Energy Advancements in Agriculture and Food Production Systems. 2022. P. 391—423. URL: <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-89866-9.00006-7>
5. Norouzi N., Fani M. World on the Road to 100% Renewable Energy. Trends in Renewable Energy. 2021. Vol. 7, no. 1. P. 114—126. URL: <https://doi.org/10.17737/tre.2021.7.1.00132>

<sup>1</sup> Бакалаврант 4 курсу Огреччук П.М.

<sup>1</sup> Асист. Сулім В.О.

<https://scholar.google.com/citations?user=RuYohqoAAAAJ&hl=uk>

<sup>1</sup> Луцький національний технічний університет

## МОЖЛИВОСТІ ВЕБТЕХНОЛОГІЙ ПРИ СТВОРЕННІ ЦИФРОВИХ СЕРЕДОВИЩ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ

**Постановка проблеми та її актуальність.** Розвиток інформаційних технологій відкриває нові можливості комунікації в професійних спільнотах. Інструменти для організації цифрових середовищ ефективно заощаджують час, забезпечуючи зручний доступ до даних [1]. Сучасна комунікація є надзвичайно ефективною завдяки організації обміну інформацією. Віртуальні веб-платформи дозволяють проводити заходи в режимі реального часу з участю фахівців з усього світу. Світові виклики, вимагають швидкого розроблення захисних технологій.

Розробка нового цифрового середовища для віртуальних конференцій за допомогою веб-технологій є важливим кроком для покращення якості таких заходів. Це сприятиме залученню більшої кількості учасників і покращенню їх взаємодії. Розробка інструментів для організації конференцій має прикладні аспекти, що можуть бути використані в інших сферах. Сучасні підходи до цієї розробки також повинні враховувати аспекти інклюзивності для створення сприятливих віртуальних середовищ для обміну інформацією.

**Аналіз останніх досліджень.** Наявні дослідження акцентують увагу на зростанні ефективності комунікаційних процесів, можливості віртуальних платформ для проведення заходів з участю експертів з різних куточків світу та важливість інтеграції інклюзивних підходів у розробці веб-технологій [2]. Дослідницькі роботи також висвітлюють вплив веб-технологій на покращення якості віртуальних середовищ, зокрема підкреслюючи їхню роль у підвищенні доступності і зручності для користувачів.

**Формулювання мети.** Головною метою роботи є розкриття потенціалу веб-технологій для ефективного управління і комунікації в сучасних організаціях, де акцент робиться на реальному часі як стратегічному аспекті робочих процесів. Дослідження спрямоване на ідентифікацію ключових можливостей веб-технологій, їх вплив на підвищення продуктивності та покращення взаємодії в організаційних структурах.

**Основна частина.** Розширення інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) в значній мірі полегшило можливості ефективної комунікації для користувачів, особливо в умовах обмеженого часу. У різних галузях економіки, науки і техніки вибудовують системи для оптимізації та раціонального використання робочого часу за допомогою широкого впровадження ІКТ [3].

Ці процеси стали особливо важливими під час пандемії SARS-CoV-2 та військової агресії росії проти України. Зі зростанням ризиків, постійними тривогами, втратою контролю над територією та нестабільністю енергетичного сектору виникли труднощі в організації освітнього процесу, бізнес- та наукових комунікацій. Це також торкнулось організації конференцій, де глобальна наукова та бізнес-спільнота використовувала різноманітні цифрові середовища та інструменти веб-технологій для їх проведення.

Аналіз використання цифрових середовищ для конференцій у корпоративному секторі свідчить, що у 2019 році Zoom і Skype визначали основним уподобанням користувачів (відповідно 30% та 38%), в той час як MS Teams та інші платформи мали менший відсоток застосування (3% та 8% відповідно - GoToMeeting, Webex, Hopin).

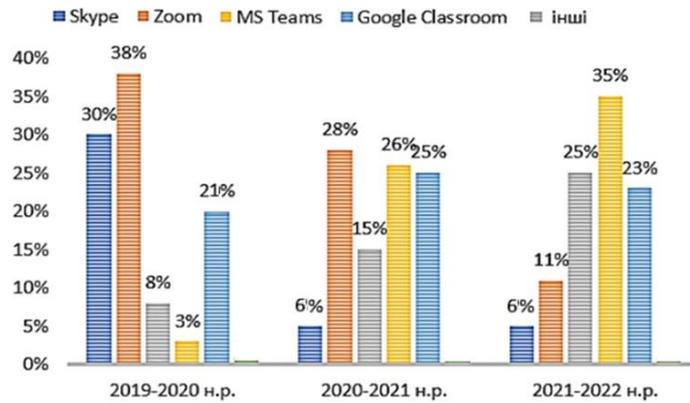


Рисунок 1 – Використання різних цифрових середовищ для відеоконференцій у сфері корпоративних послуг

Протягом останніх трьох років, до 2022 року, спостерігалось значне зменшення користування Zoom на 11% та Skype на 6%. У той же час MS Teams вражаюче набував популярності, зростаючи до 35%, що майже в 12 разів перевищує популярність Zoom та Skype. Інші платформи також демонстрували значний приріст, досягаючи 25%, що в 3 рази перевищує використання Zoom та Skype. Важливо зауважити, що Google Classroom залишалася стабільною та високо популярною платформою, з участю від 21% до 23% (рис.1).



Рисунок 2 – Оцінка ефективності використання цифрових середовищ у відеоконференціях корпоративного сектору

В корпоративному секторі відбувається швидка зміна у виборі цифрових платформ для відеоконференцій через доступність і функціональність. Оцінка ефективності цих рішень є важливим аспектом. За останні три роки спостерігається різкий ріст відсотка користувачів, які вважають відеоконференції ефективними - з 25% в 2019 році до 65% у 2022 році. Таким чином, лише 25% вважають цей метод неефективним (рис. 2).

**Висновки.** Отже, проведений аналіз свідчить про значний потенціал веб-технологій для створення цифрових платформ для онлайн-конференцій. Застосування цих технологій сприяє ефективній взаємодії учасників та забезпечує легкий доступ до різноманітних матеріалів. Однак важливо приділяти увагу технічним та безпековим аспектам для забезпечення успішного та надійного проведення онлайн-конференцій.

#### Перелік посилань:

1. Семеніхіна О. Відкриті цифрові освітні ресурси у галузі ІТ: кількісний аналіз. Інформаційні технології і засоби навчання. 2020. Т. 75, № 1. С. 331–345. URL: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/3114/1616>
2. Трофименко О. Г. Веб-технології та вебдизайн : навч. посібник / О. Г. Трофименко, О. Б. Козін, О. В. Задерейко, О. Є. Плачінда. Одеса : Фенікс, 2019. 284 с.
3. Носенко Ю.Г., Сухіх А.С. Відкрита наука в контексті побудови суспільства знань і цифрових перетворень європейського простору. Фізико-математична освіта. 2020. №4 (26), С. 85-92. URL: doi: 10.31110/2413-1571-2020-026-4-015

<sup>1</sup> Бакалаврант 4 курсу Чукін С.В.

<sup>1</sup> Асист. Голець В.О.

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## **РОЗРОБКА СЕРВІСУ ВЕБ ЗАСТОСУНКУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ОСВІТНЬОЇ ДІЯЛЬНОСТІ КАФЕДРИ З ВИКОРИСТАННЯМ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ НА БАЗІ АПАРАТНИХ ЗАСОБІВ КАФЕДРИ**

**Постановка проблеми та її актуальність.** Сучасне освітнє середовище постійно змінюється під впливом технологічного прогресу та соціокультурних змін. Великі мовні моделі (ВММ) відіграють важливу роль у цьому процесі, дозволяючи залишатися на передньому краї інновацій, автоматизуючи та оптимізуючи різні аспекти, пов'язані з обробкою мови.

Зокрема, важливо враховувати індивідуальні потреби студентів, їхній успіх у навчанні, а також ефективність викладання з боку викладачів.

Також важливо враховувати динамічний характер освітньої системи та змінювані потреби ринку праці. Кафедри повинні бути готові до швидких адаптацій у навчальному процесі та відповідати потребам сучасного суспільства та промисловості.

У сучасному світі, де цифрові технології швидко розвиваються і стають невід'ємною частиною вищої освіти, виникає проблема підвищення якості навчання за допомогою новаторських засобів. Великі мовні моделі (ВММ) відіграють важливу роль у цьому процесі, дозволяючи залишатися на передньому краї інновацій, автоматизуючи та оптимізуючи різні аспекти, пов'язані з обробкою мови[1]. Вони стають ключовим інструментом у спрощенні багатьох завдань в освітній, бізнесовій та інших сферах, роблячи взаємодію з інформацією ефективнішою та доступнішою. Застосування великих мовних моделей розповсюджується на різні галузі, такі як переклад текстів, автоматизація відповідей на запити клієнтів, створення контенту, персоналізація навчального процесу в освіті, аналіз медичних записів у сфері охорони здоров'я, а також аналіз правових документів у сфері юриспруденції та дослідженнях для збору та аналізу даних.

У світлі цього освітні установи постійно досліджують ефективні способи використання технологій для забезпечення високого рівня знань і практичних навичок студентів. Особливу увагу при цьому привертають великі мовні моделі, які можуть стати ключовими учасниками у навчальному процесі та дослідженнях. Однак успішна інтеграція цих моделей вимагає ретельного аналізу можливостей та ризиків, урахування етичних аспектів та розробку стратегій для забезпечення рівного доступу до цих технологій.

На сьогоднішній день питання щодо можливості впровадження великих мовних моделей у навчальний процес кафедр енергетичних спеціальностей з метою покращення якості освітньої діяльності залишається недостатньо дослідженим. Це включає розробку методів використання ВММ для автоматизації створення навчальних матеріалів та підвищення інтерактивності та адаптивності процесу навчання. Останні дослідження акцентують увагу на потенціалі великих мовних моделей в різних галузях, зокрема в освіті, з фокусом на їх здатності генерувати контент для підтримки та покращення навчального процесу.

**Аналіз останніх досліджень.** Останні наукові дослідження в галузі управління якістю освітньої діяльності вказують на кілька ключових напрямків, що визначають сучасні вимоги та проблеми у цій області.

Індивідуалізація та персоналізація навчання: Згідно з дослідженнями, сучасні студенти мають різні стилі навчання, потреби та вимоги. Традиційні методи оцінки та

управління не завжди враховують цю індивідуальність. Дослідники акцентують на необхідності розробки інструментів, які дозволять персоналізувати навчання та оцінку успішності для кожного студента окремо.

Використання технологій у навчальному процесі: Останні дослідження вказують на потужний вплив технологій на освіту. Використання онлайн-ресурсів, інтерактивних платформ та інших інноваційних засобів може покращити доступність навчального матеріалу та зробити навчання більш ефективним [2].

Автоматизація процесів управління якістю: Останні дослідження підкреслюють важливість автоматизації процесів управління якістю в освітній сфері. Використання інформаційних технологій та аналітичних інструментів може значно полегшити збір та аналіз даних, виявлення тенденцій та прийняття ефективних управлінських рішень [3].

**Формулювання мети.** У зв'язку з вищевказаними проблемами та враховуючи останні дослідження, метою цієї роботи є розробка і впровадження сервісу веб-застосунку для забезпечення якості освітньої діяльності на кафедрі. Головним завданням цього проекту є створення інструменту, який дозволить здійснювати комплексний аналіз та контроль якості навчання та викладання, а також забезпечити можливість ефективного управління цим процесом.

Конкретні цілі роботи включають:

- Розробку веб-застосунку, який буде базуватися на сучасних мовних моделях.
- Впровадження інструментів персоналізації та індивідуалізації навчання, що дозволить кожному студенту отримувати навчальний матеріал та оцінки відповідно до його потреб та можливостей.
- Розробку методів об'єктивної та комплексної оцінки якості викладання та навчання з використанням інформаційних технологій та аналітичних інструментів.
- Створення механізмів автоматизації управління якістю, які дозволять керівництву кафедри ефективно реагувати на знайдені в процесі аналізу проблеми та приймати на їх основі обгрунтовані рішення для покращення освітнього процесу.

Отже, основною метою даного дослідження є створення і впровадження інноваційного сервісу, який допоможе покращити якість освітньої діяльності кафедри шляхом застосування сучасних технологій та методів управління якістю.

**Основна частина.** Останні наукові дослідження в галузі управління якістю освітньої діяльності вказують на кілька ключових напрямків, що визначають сучасні вимоги та проблеми у цій області.

Індивідуалізація та персоналізація навчання: Згідно з дослідженнями[4], сучасні студенти мають різні стилі навчання, потреби та вимоги. Традиційні методи оцінки та управління не завжди враховують цю індивідуальність. Дослідники акцентують на необхідності розробки інструментів, які дозволять персоналізувати навчання та оцінку успішності для кожного студента окремо.

Використання технологій у навчальному процесі: Останні дослідження вказують на потужний вплив технологій на освіту. Використання онлайн-ресурсів, інтерактивних платформ та інших інноваційних засобів може покращити доступність навчального матеріалу та зробити навчання більш ефективним.

Оцінка якості викладання та навчання: Сучасні дослідження демонструють значення об'єктивних та комплексних підходів до оцінки якості викладання та навчання[5]. Зокрема, використання різноманітних методів, таких як оцінка відгуків студентів, аналіз успішності та залучення студентів до самооцінки, може допомогти зрозуміти ефективність навчального процесу та виявити його слабкі місця.

Автоматизація процесів управління якістю: Останні дослідження підкреслюють важливість автоматизації процесів управління якістю в освітній сфері. Використання інформаційних технологій та аналітичних інструментів може значно полегшити збір та аналіз даних, виявлення тенденцій та прийняття ефективних управлінських рішень.

**Висновки.** Розроблений сервіс веб-застосунку на базі мовних моделей та апаратних засобів кафедри дозволяє значно покращити процеси управління якістю освітньої

діяльності. Впровадження такого сервісу може сприяти підвищенню ефективності навчального процесу, забезпеченню стабільної якості надання освітніх послуг та підвищенню конкурентоспроможності навчального закладу.

**Перелік посилань:**

1. Що таке велика мовна модель (Large Language Model, LLM)? | TheTransmitted. URL: <https://thetransmitted.com/adlucem/shho-take-velyka-movna-model-large-language-model-llm/> (дата звернення: 27.03.2024).

2. Ai4edu: an innovative conversational ai assistant for teaching and learning/ A.Vacalopoulou et al. *18th international technology, education and development conference*, Valencia, Spain, 6–7 March 2024. 2024. URL: <https://doi.org/10.21125/inted.2024.1877>.

3. Ardelean T.-K., Veres E. Students' perceptions of artificial intelligence in higher education. *10th SWS international scientific conferences on SOCIAL SCIENCES - ISCSSL 2023*, Albena, Bulgaria, 27–29 August 2023. 2023. URL: <https://doi.org/10.35603/sws.iscss.2023/s08.38>

4. Manukyan Z. S. Opportunities for using artificial intelligence in the higher education system (in the field of international relations). *Journal of digital economy research*. 2024. Vol. 1, №4. P. 85–101. URL: <https://doi.org/10.24833/14511791-2023-4-85-101>

5. Practical and ethical challenges of large language models in education: a systematic scoping review / L. Yan et al., *British journal of educational technology*. 2023. URL: <https://doi.org/10.1111/bjet.13370>

## УДК 519.6

<sup>1</sup> Мол. вчений Свичук О.В.

<sup>1</sup> Проф., д.т.н. Барабаш О.В.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=PCPdRKwAAAAJ&hl=uk>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

### ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛІЗУ

**Постановка проблеми та її актуальність.** У сучасному світі, де інформаційні системи відіграють ключову роль у різноманітних сферах життя, забезпечення їхньої функціональної стійкості та безпеки стає важливою проблемою. Функціональна стійкість – це можливість функціонування інформаційної системи протягом вказаного часу під впливом зовнішніх і внутрішніх дестабілізуючих факторів [1]. Під зовнішніми та внутрішніми дестабілізуючими факторами розуміються відмови, збої модулів системи, механічні пошкодження, помилки обслуговуючого персоналу. Систем, які були б повністю захищені від несанкціонованих дій, випадкових відмов, збоїв, помилок персоналу, у реальній дійсності не існує. Основними етапами забезпечення функціональної стійкості є виявлення модуля або декількох модулів, які відмовили в системі з подальшим їхнім діагностуванням та відновлення функціонування інформаційної системи. Отже, процес контролю справного стану та моніторингу параметрів функціонування багатомодульних інформаційних систем в сучасному світі стає досить актуальним завданням. За допомогою такого контролю можна забезпечити підвищення продуктивності праці усіх модулів при зменшенні числа зайнятих у виробництві людей та значному зменшенні частки ручної праці.

Одним із інноваційних та перспективних напрямків у цьому контексті є використання фракталів для забезпечення функціональної стійкості інформаційних систем. Фрактали, як математичні об'єкти, дозволяють вдосконалити методи аналізу та прогнозування динаміки складних систем, які характеризуються великою різноманітністю та динамічністю. Застосування фракталів для визначення показників функціональної стійкості інформаційних систем відкриває широкі перспективи, оскільки цей підхід базується на унікальних математичних властивостях фрактальних структур, які визначаються своєю самоподібністю на різних масштабах, що робить їх особливо ефективними для вивчення таких систем.

**Аналіз останніх досліджень.** Вирішенню проблеми забезпечення функціональної стійкості присвячено низку наукових праць таких науковців, як Машков О.А., Барабаш О.В., Кравченко Ю.В., Обідін Д.М., Собчук В.В., Мусієнко А.П. та інші.

В [2] описано методологію побудови ефективної системи самодіагностики інформаційних систем на прикладі підприємств металургійної та енергетичної промисловості. Наведено методику організації та здійснення самодіагностики, механізми виявлення, а також ідентифікацію та локалізацію несправних модулів. Проведено аналіз застосування ієрархічного підходу для організації засобів забезпечення функціональної стійкості [3]. За результатами розроблено алгоритми, які утворюють дворівневу систему діагностування прихованих відмов [4]. Розглянуто особливості основних положень теорії штучного інтелекту, а саме нейронних мереж для забезпечення функціональної стійкості виробничих процесів промислових підприємств [5].

Останнім часом науковці почали використовувати фрактали для забезпечення функціональної стійкості інформаційних систем, адже їх застосування у проектуванні систем може дозволити створювати структури, які ефективно пристосовуються до змін і залишаються стійкими під впливом зовнішніх і внутрішніх дестабілізуючих факторів. В [6]

досліджується застосування різних математичних методів, включаючи фрактальну геометрію, для моделювання та аналізу складних систем. У статті [7] розглядається застосування фрактальних характеристик для аналізу трафіку в комп'ютерних мережах. У статті [8] автори проводять дослідження застосування фрактальної теорії у бездротових мережах датчиків. В [9] описується використання хаосу у криптографії, аспекти якої можуть бути важливими для інформаційних систем.

Отже, застосування фракталів у проектуванні багатомодульних інформаційних систем може дозволити створювати структури, які ефективно пристосовуються до змін і залишаються стійкими під впливом різних факторів. Фрактальні принципи зможуть допомогти у створенні гнучких та адаптивних інформаційних систем, що забезпечить їхню функціональну стійкість.

**Формулювання мети.** Метою даної роботи є розгляд нових підходів щодо підвищення функціональної стійкості інформаційних систем із застосуванням фракталів.

**Основна частина.** Функціональна стійкість інформаційної системи забезпечується комплексом процесів та механізмів, які здатні підтримувати нормальну роботу системи навіть в умовах виникнення помилок, відмов або негативних впливів. Фрактали можуть також бути корисним інструментом для забезпечення функціональної стійкості, оскільки вони дозволяють враховувати складність та структуру системи на різних рівнях деталізації:

- аналіз складності системи – фрактали дозволяють описувати інтерфейси та взаємодію компонентів системи на різних рівнях. Застосування фрактальних підходів допомагає визначити складність структури системи, враховуючи шари взаємодії;

- виявлення резервів стійкості – фрактальний аналіз виявляє певні закономірності у структурі системи, які можуть вказувати на наявність резервів стійкості, наприклад, виявлення самоподібних структур може вказувати на можливості адаптації та відновлення;

- оцінка динаміки змін у системі – аналіз змін у фрактальних характеристиках може розкрити певні патерни чи аномалії, які можуть бути пов'язані з порушенням стійкості;

- виявлення вразливостей – фрактали допомагають виявляти слабкі місця в системі, наприклад, зміни у фрактальних характеристиках під час інтенсивного використання можуть вказувати на вразливості або нестійкі аспекти системи;

- моніторинг резилієнтності – використання фракталів у моніторингу дозволяє визначити, наскільки добре система відновлюється після виникнення помилок або атак. Аналіз змін у фрактальних характеристиках після подій вказує на ефективність системи у відновленні;

- адаптація до змін – фрактали використовуються для аналізу системи в контексті змін у навколишньому середовищі, допомагають виявляти потреби у змінах та адаптації, щоб підтримувати функціональну стійкість системи.

Для забезпечення функціональної стійкості інформаційних систем можна використовувати різні види фракталів, залежно від конкретних вимог та характеристик системи. Ось кілька типів фракталів, які можна використовувати в цьому контексті:

- фрактали Мандельброта – використовуються для візуалізації структури та складності системи. Аналіз деталей фрактального зображення допомагає виявити взаємозв'язки між різними частинами системи та оцінити параметри функціональної стійкості;

- фрактали Жюліа – використовуються для дослідження локальних аспектів системи, зокрема, виявлення патернів у взаємодії між її складовими частинами;

- фрактали області часу – фрактальні аналізи часових рядів допомагають визначити динаміку системи та оцінювати її резилієнтність до змін та атак;

- фрактали самоподібності – аналіз самоподібності в структурі системи вказує на те, наскільки її частини взаємодіють та адаптуються. Самоподібність може свідчити про певний рівень структурної стійкості;

- фрактальні виміри – вимірювання фрактальних характеристик, таких як фрактальна розмірність чи коефіцієнт Гольдера, надає кількісні показники для оцінки структурної складності системи.

Важливо відзначити, що вибір конкретного типу фракталів залежить від конкретних вимог, особливостей інформаційної системи та мети аналізу. Крім того, може бути корисним комбінувати різні види фракталів та методи аналізу для підвищення показників функціональної стійкості системи.

Фрактальний аналіз також може використовуватися для структурної оптимізації інформаційних систем. Адаптація фрактальних принципів у дизайні та управлінні може покращити ефективність та резистентність системи до зовнішніх та внутрішніх впливів.

**Висновки.** Використання фракталів для забезпечення функціональної стійкості інформаційних систем є актуальним і перспективним напрямком досліджень. Фрактали, завдяки своїй самоподібності та здатності відображати структурні особливості складних систем, відкривають нові можливості для розуміння та прогнозування динаміки інформаційних систем.

Використання фрактального аналізу надає змогу розробляти ефективні стратегії захисту від кібератак, виявляти аномалії в функціонуванні систем та підвищення їхньої функціональної стійкості до різноманітних внутрішніх та зовнішніх впливів. Розвиток цього напрямку досліджень є ключовим для сучасного інформаційного суспільства, де забезпечення безпеки та стабільності інформаційних систем визначає їхню успішність та надійність в умовах постійно зростаючих загроз та викликів.

#### **Перелік посилань:**

1. Собчук В.В., Барабаш О.В., Мусієнко А.П. Основи забезпечення функціональної стійкості інформаційних систем підприємств в умовах впливу дестабілізуючих факторів: монографія. Київ: Міленіум, 2022. 272 с.

2. Собчук А.В., Олімпієва Ю.І. Застосування нейромереж для забезпечення функціональної стійкості виробничих процесів. Телекомунікаційні та інформаційні технології. К.: ДУТ, 2020. № 2 (67). С. 13-28.

3. Sobchuk V., Barabash O., Musienko A., Svyinchuk O. Adaptive accumulation and diagnostic information systems of enterprises in energy and industry sectors. E3S Web of Conferences. 2021. Vol. 250. P. 82-87.

4. Собчук В.В., Мусієнко А.П., Ільїн О.Ю. Аналіз використання ієрархічної структури для забезпечення функціональної стійкості автоматизованої системи управління підприємством. Телекомунікаційні та інформаційні технології. К.: ДУТ, 2018. № 4 (61). С. 53-61.

5. Собчук В.В., Коваль М.О., Мусієнко А.П., Мацько О.Й. Метод діагностування прихованих відмов в інформаційній системі на основі застосування дворівневої системи забезпечення функціональної стійкості. Телекомунікаційні та інформаційні технології. К.: ДУТ, 2019. № 1 (62). С. 22-31.

6. Boccaro N. Modeling Complex Systems. Springer. 2010. 490 p.

7. Zhou Y., He Z. & He J. Fractal Characteristics and Analysis of Computer Network Traffic. In 2017 IEEE 4th International Conference on Cyber Security and Cloud Computing (CSCloud). 2017. P. 267-272.

8. Yu X. & Hu X. Application of fractal theory in wireless sensor networks: A survey. Sensors. 2011. V. 11(1). 917-942.

9. Li W. & Yang S. Chaos-Based Cryptography: A Brief Overview. IEEE Access, 6. 2009. P. 47135-47149.

9. Zhidkov E.P. Computer modeling of magnet systems for physical setups. Computer Research and Modeling. 2009. V. 1, № 2. P. 189–198.

СЕКЦІЯ №9

**Комп'ютерний  
еколого-економічний  
моніторинг та  
геометричне  
моделювання процесів  
і систем**

<sup>1</sup> Магістрант 1 курсу Коваленко І.В.

<sup>1</sup> Проф., д.т.н. Аушева Н.М.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=KSRtRI4AAAAJ&hl=uk>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ОПТИМІЗАЦІЯ КРОСПЛАТФОРМНИХ ІГОР НА РУШІЇ UNITY ЗА ДОПОМОГОЮ OCCLUSION CULLING

**Постановка проблеми та її актуальність.** У зв'язку зі стрімким розвитком індустрії розваг та ігор, оптимізація кросплатформних ігор на рушії Unity стає надзвичайно актуальною. Швидкий темп змін у технологіях та зростаюча конкуренція на ринку вимагають постійної уваги до оптимізаційних методів та стратегій. Напрацювання в галузі оптимізації кросплатформних ігор на Unity дозволить підвищити якість геймплею, знизити витрати ресурсів обчислювальної та графічної підсистем, що є ключовим фактором для успіху в сучасній галузі ігор. Крім того, зростаюча популярність мобільних та вбудованих систем підвищує значення оптимізації, оскільки такі пристрої мають обмежені обчислювальні ресурси, але водночас стають все більш поширеними серед користувачів.

**Аналіз останніх досліджень.** Одним із ефективних методів оптимізації в галузі комп'ютерної графіки є Iterative Occlusion Culling. Автор роботи [1] зазначає, що даний метод дозволив зменшити час відмальовки одного фрейму на сцені із 72 тисячами об'єктів у 2.23 рази порівняно із звичайним рендерингом. На сцені із 2753 об'єктами час зменшився у 3.84 рази. На великих сценах Iterative Occlusion Culling показує найкращі результати серед алгоритмів Raster Occlusion Culling (ROC), Precomputed Ideal Culling. Однак на малих – ROC показує результати у 1.24 рази кращі. Загалом, підсумовуючи результати автор вказує, що ефективність відбракування ІОС нижча, ніж ROC, але його ефективне батч відбракування зрештою покращує загальну продуктивність візуалізації.

**Формулювання мети.** Метою роботи є створення програмного забезпечення для оптимізації процесу вилучення об'єктів на основі технології Occlusion Culling.

**Основна частина.** Реалізація технології Occlusion Culling складається із таких компонентів:

- обчислення областей видимості;
- створення мапи затінення;
- застосування Occlusion Culling під час рендерингу.

Для обчислення областей видимості можна використовувати такі алгоритми: PVS (potentially visible set) та BSP (binary space partitioning) [2].

У PVS для кожного об'єкта у сцені обчислюється його поле видимості. Це включає в себе визначення, які частини простору можуть бути видимими з даного об'єкта. Цей процес може бути виконаний за допомогою порівняння областей та аналізу розташування камери. За допомогою отриманих даних про видимість, формується набір об'єктів, які потенційно можуть бути видимими з кожної точки у сцені.

BSP (Binary Space Partitioning) - це алгоритм, який використовується для побудови просторового дерева, яке допомагає визначити порядок відображення об'єктів у тривимірному просторі. Основна ідея полягає в розділенні простору на дві половини за допомогою площини, яка розділяє об'єкти на дві групи. На рис. 1 відображено процес створення BSP дерева. Після побудови дерева потрібно визначити порядок відображення об'єктів у сцені. Коли камера переглядає сцену, дерево BSP допомагає визначити, які частини сцени можуть бути видимі з поточної позиції камери. Під час рендерингу сцени, дерево BSP використовується для визначення порядку рендерингу об'єктів. Об'єкти, які знаходяться перед площиною поділу, рендеряться першими, тоді як об'єкти, які знаходяться за площиною поділу, рендеряться пізніше.

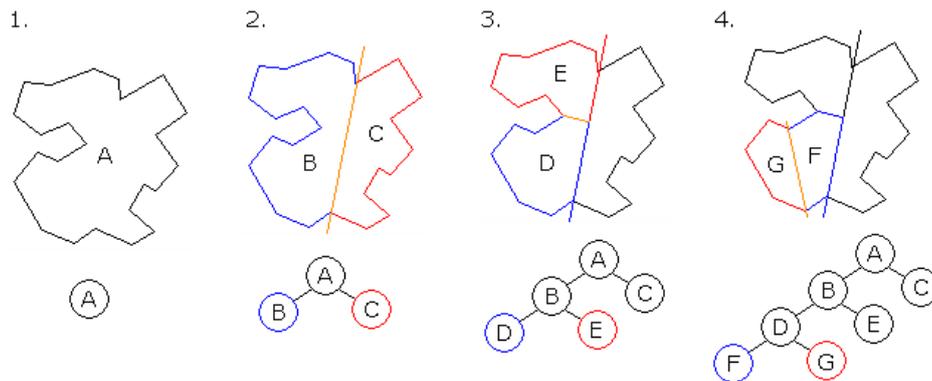


Рисунок 1 – Процес створення BSP дерева

На основі результатів тестування видимості створюється мапа затінення для кожної області видимості. Ця мапа містить інформацію про те, які об'єкти повинні бути приховані в кожній області. Також мапа затінення може бути оптимізована для зменшення розміру та покращення продуктивності. Це відбувається за допомогою компресії та обрізання невикористаних об'єктів. На рис. 2 зображено блок-схему роботи алгоритму Occlusion Culling на основі PVS.

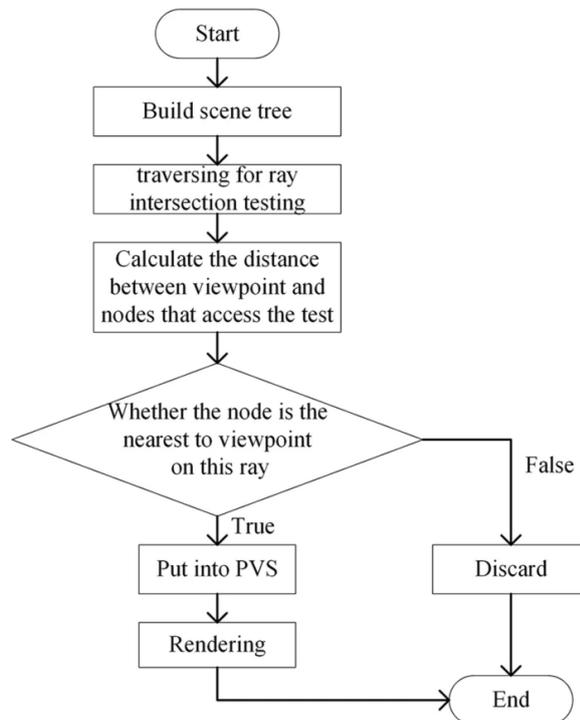


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритму Occlusion Culling

Таблиця 1 – Порівняння швидкодії з увімкненим та вимкненим алгоритмом Occlusion Culling

Occlusion culling	Кадрів за секунду	Час на рендеринг 1 кадру	Кількість трикутників	Кількість вершин	Кількість об'єктів з тінню
Ні	79	4.1 мс	1.6 млн	2.9 млн	304
Так	386	1.2 мс	0.334 млн	0.614 млн	210

Виходячи з даних таблиці 1 можна зробити наступні висновки:

- використовуючи алгоритм Occlusion Culling значно збільшується кількість кадрів на секунду, зменшується час на рендеринг 1 кадру;

- зменшується навантаження гри, що призводить до зменшення необхідних потужностей девайсу та його нагрівання під час гри.

На рис. 3 показано дію методу Occlusion Culling. Зверху зображене вікно сцени із усіма видимими об'єктами, а знизу – вікно гри.

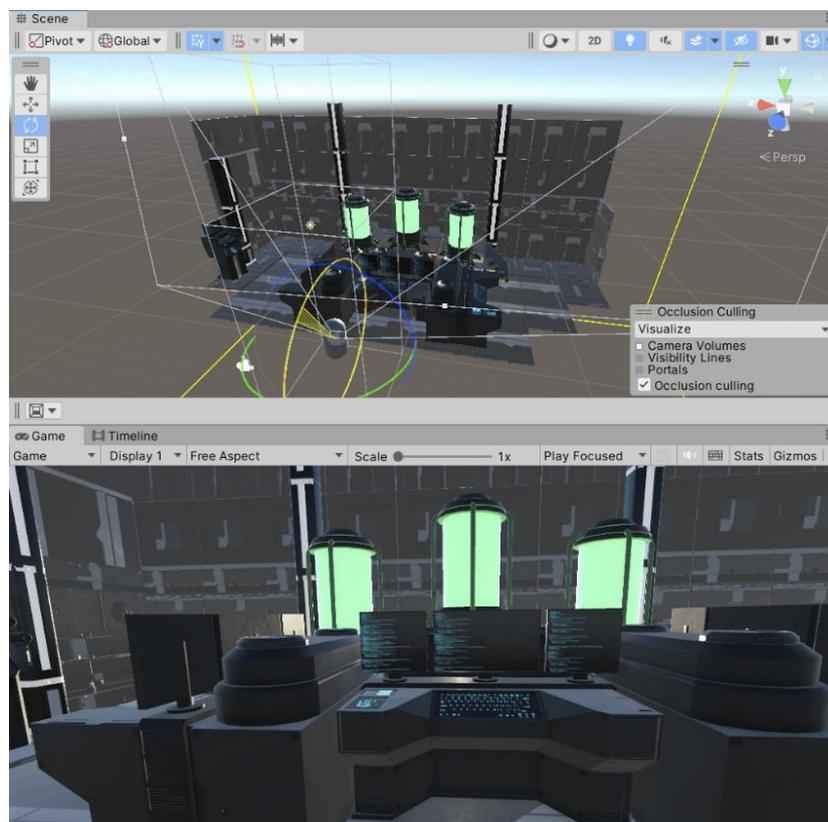


Рисунок 3 – Дія алгоритму Occlusion Culling

**Висновки.** Підсумовуючи, використання Occlusion Culling у рушії Unity є важливим для оптимізації кросплатформних ігор. Цей метод дозволяє ефективно приховувати невидимі об'єкти від камери, зменшуючи навантаження на процесор і графічну пам'ять. Внаслідок цього підвищується продуктивність гри і оптимізується використання ресурсів.

**Перелік посилань:**

1. Lee G. B., Lee S. Iterative GPU occlusion culling with BVH. high performance graphics. URL:

[https://highperformancegraphics.org/posters20/04\\_lee\\_iterative\\_occlusion\\_culling\\_abstract.pdf](https://highperformancegraphics.org/posters20/04_lee_iterative_occlusion_culling_abstract.pdf) (дата звернення: 7.03.2024).

2. Liming Y. 3D Model Occlusion Culling Optimization Method Based on WebGPU Computing Pipeline. semanticscholar.

URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/9319/63992eff3e848e2eafb0b1d0b0c58a90f11e.pdf> (дата звернення: 12.03.2024).

3. Staneker D., Bartz D., Wolfgang S. Occlusion-Driven Scene Sorting for Efficient Culling. *Computer Graphics Forum*. 2006. Т. 25, № 4. С. 699–708. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1467-8659.2006.00992.x> (дата звернення: 10.03.2024).

4. Occlusion Culling Algorithms. *Game Developer | Game Industry News, Deep Dives, and Developer Blogs*. URL: <https://www.gamedeveloper.com/programming/occlusion-culling-algorithms> (дата звернення: 5.03.2024).

5. Working with Occlusion Culling - Unity Learn. *Unity Learn*. URL: <https://learn.unity.com/tutorial/working-with-occlusion-culling> (дата звернення: 7.03.2024).

<sup>1</sup> Магістрант 1 курсу Кривда Д.О.

<sup>1</sup> Доц., к.е.н. Сегеда І.В.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=cTob-AwAAAAAJ&hl=uk>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ОЦІНКА ЗАЛЕЖНОСТІ СПОЖИВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ У МІСТІ

**Постановка проблеми та її актуальність.** У сучасному світі ефективне управління енергетичними ресурсами є однією з ключових проблем, особливо в контексті зростаючої потреби в електроенергії та необхідності зменшення викидів. Одним із чинників, що впливає на споживання електроенергії у місті, є погодний клімат, а саме температура. Дослідження залежності між температурою та споживанням електроенергії у місті має велике значення для розуміння цих процесів та розробки ефективних стратегій управління енергоресурсами.

Наскільки сильно погода впливає на споживання? Зміна температури на 1°C збільшує рівень денного споживання на 600 МВт або на 2,5% від загального споживання України. Різниця потреби в струмі в сонячний і хмарний дні – 500 МВт. Це близько половини енергії, яку виробляє один блок АЕС.

**Аналіз останніх досліджень.** Під час прогнозування попиту на електроенергію необхідно врахувати значну кількість чинників, таких як: святкові та вихідні дні, пори року та метеорологічні параметри. Для пошуку взаємозв'язку між споживанням енергії та метеорологічними параметрами було проведено кореляційний аналіз [2]. В системі що розробляється для аналізу буде використовуватися коефіцієнт Пірсона, оскільки взаємозв'язок температури та енергії є більш лінійним та постійним. Коефіцієнт кореляції Пірсона використовується для вимірювання ступеня лінійного взаємозв'язку між двома змінними. Ми будемо використовувати його для оцінки зв'язку між споживанням електроенергії та метеорологічними параметрами.

**Формулювання мети.** Метою дослідження роботи є оцінка зв'язку між температурою та обсягами споживання електроенергії у місті [1]. Основні задачі, які вирішуються для досягнення заявленої мети:

- Аналіз даних про зміни температури та обсяги споживання електроенергії в місті протягом визначеного періоду.
- Розробка програмного забезпечення для обробки та аналізу зібраних даних.
- Побудова моделі, яка враховує залежність між температурою та обсягами споживання електроенергії.
- Оцінка ступеню впливу температури на обсяги споживання електроенергії та формування рекомендацій щодо ефективного управління електромережами в залежності від погодних умов.

**Основна частина.** Для виконання дослідження оцінки залежності між температурою та споживанням електроенергії у місті будуть застосовані наступні інструменти:

- Мова Python є потужною та популярною мовою програмування, яка має багато бібліотек для аналізу даних.

- Фреймворк Django є високопродуктивним фреймворком для створення веб-додатків на Python. Він надає можливості для реалізації баз даних, роботи з URL-адресами, шаблонами та іншими важливими функціями для веб-додатків.

- Серед інструментів мови Python варто відмити кілька важливих модулів для розробки даного проекту.

- Бібліотека Pandas - це потужна бібліотека для обробки та аналізу даних. Вона надає зручний інтерфейс для роботи з даними, включаючи читання та запис даних, вирізання, фільтрування, групування, та багато іншого.

- Бібліотека NumPy - це бібліотека для наукових обчислень у Python. Вона надає підтримку для масивів та математичних функцій, що є корисними для роботи з великими об'ємами даних.

- Бібліотека Matplotlib - це бібліотека для створення візуалізацій у Python. Вона дозволяє будувати різноманітні графіки, діаграми та інші візуалізації для аналізу результатів дослідження.

- База даних SQLite - легка та компактна система управління базами даних, яка підтримується Python. Вона ідеально підходить для розробки подібних систем та роботи з помірною кількістю файлових даних.

Ці засоби розробки допоможуть нам побудувати веб-додаток на базі Django, який зможе аналізувати дані про споживання електроенергії та метеорологічні параметри, обробляти ці дані за допомогою Pandas та NumPy, побудувати візуалізації з Matplotlib, а також оцінювати ступінь взаємозв'язку за допомогою коефіцієнта кореляції Пірсона [3].

Так Компанія енергетичного сектора НЕК "Укренерго" постійно розміщує на своєму сайті графіки залежності споживання електроенергії від температури, споживання у вихідні дні [4].



Рисунок 1 – Графік споживання електроенергії відповідно до зміни температури та вихідних днів

**Висновки.** Отже - врахування погодних умов, зокрема температури, є важливою складовою яка впливає на управління електроенергією у місті. Розуміння цієї залежності та правильні засоби її аналізу допоможуть оптимізувати витрати електроенергії, а також розробити засоби для її економії.

#### Перелік посилань:

1. Охріменко В. М. "Споживачі електричної енергії", ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2019, С. 284.
2. Juliana A. A, Dr. Lee Chapman, Dr. Catherine L. Muller, " Urban heat and residential electricity consumption: a preliminary study", published by Elsevier. 2019, 34p.
3. Гончаров, А. В. "Прогнозування електроспоживання з урахуванням температурної залежності", 2019, № 12. С.18-23.
4. НЕК "Укренерго" - NPC Ukrenergo URL: <https://www.linkedin.com/company/ukrenergo/>

<sup>1</sup> Магістрант 1 курсу Кривов'язюк М.О.

<sup>1</sup> Доц., к.т.н. Сидоренко Ю.В.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=itusEucAAAAJ&hl>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ВИКОРИСТАННЯ ІНСТРУМЕНТІВ ARCGIS В ПРОЦЕСАХ ВЕРИФІКАЦІЇ ТА ВАЛІДАЦІЇ ГЕОДАНИХ ТА КАРТОГРАФІЧНИХ ВИРОБІВ.

**Постановка проблеми та її актуальність.** У сучасному світі, зростаюча увага до екологічних та економічних проблем змушує звертати увагу на точність та достовірність географічних даних, які використовуються для прийняття стратегічних рішень. Проблема валідації географічних карт стає важливим етапом у процесі аналізу та моделювання явищ, які впливають на навколишнє середовище та економіку.

Важливість валідації полягає в тому, що недостовірні або застарілі дані можуть призвести до неправильних висновків та невдалого прийняття рішень. Наприклад, неправильно визначені межі природно-заповідного фонду можуть призвести до незаконної забудови або знищення природних ресурсів. Точні та актуальні дані є ключовими для розробки ефективних екологічних стратегій та забезпечення сталого розвитку.

**Аналіз останніх досліджень.** Останні дослідження у галузі валідації географічних даних та картографічних виробів вказують на зростаючу потребу у точних та достовірних геопродуктах у зв'язку з екологічними та економічними викликами. Дослідники активно вивчають методи та інструменти для оцінки якості геоданих та виявлення помилок у них. Особлива увага приділяється використанню геоінформаційних систем, таких як ArcGIS, для вирішення цих завдань.

**Формулювання мети.** Метою даного дослідження є розгляд методів та інструментів валідації географічних даних у системі ArcGIS з метою покращення точності та достовірності геопродуктів, що є важливим етапом у процесі прийняття стратегічних рішень з екологічних та економічних питань.

**Основна частина.** Для вирішення проблеми валідації географічних карт і досягнення їхньої актуальності широко використовуються інструменти геоінформаційних систем, зокрема, ArcGIS [4]. Ці інструменти забезпечують комплексні можливості для роботи з географічними даними та їх аналізу.

Для оцінки та покращення якості географічних даних в ArcGIS використовуються різноманітні інструменти, які дозволяють виявляти та виправляти помилки на різних етапах обробки даних.

Спершу йде перевірка взаємозв'язку між атрибутами та геометрією об'єктів. Наприклад, за допомогою інструменту "Check Geometry" можна виявити об'єкти з неправильною геометрією та виправити їх. Далі проводиться аналіз даних на предмет наявності дублікатів та інших невідповідностей. За допомогою інструменту "Find Identical" можна знайти дублікати об'єктів та вирішити цю проблему. Після виявлення помилок можна використовувати інструменти редагування даних для їх виправлення. Наприклад, для переміщення або видалення об'єктів можна використовувати режим редагування в ArcGIS [2].

Аналіз географічних даних в ArcGIS включає в себе різноманітні операції з обробки та інтерпретації географічних даних, що дозволяють розуміти їхні взаємозв'язки та визначати закономірності:

- класифікація географічних об'єктів;
- визначення взаємозв'язків;
- візуалізація результатів;

Аналіз розподілу географічних об'єктів використовує різні методи класифікації, такі як методи кластеризації або методи дискретизації, що дозволяють групувати об'єкти за певними критеріями. За допомогою інструментів геостатистики можна визначати статистичні взаємозв'язки між географічними об'єктами та їх атрибутами. Наприклад, можна використовувати кореляційний аналіз для виявлення зв'язків між різними атрибутами. Після проведення аналізу можна створювати різноманітні картографічні продукти для візуалізації отриманих результатів. Наприклад, за допомогою інструментів створення тематичних карт можна показати розподіл географічних об'єктів за різними критеріями [1] (Рис. 1).

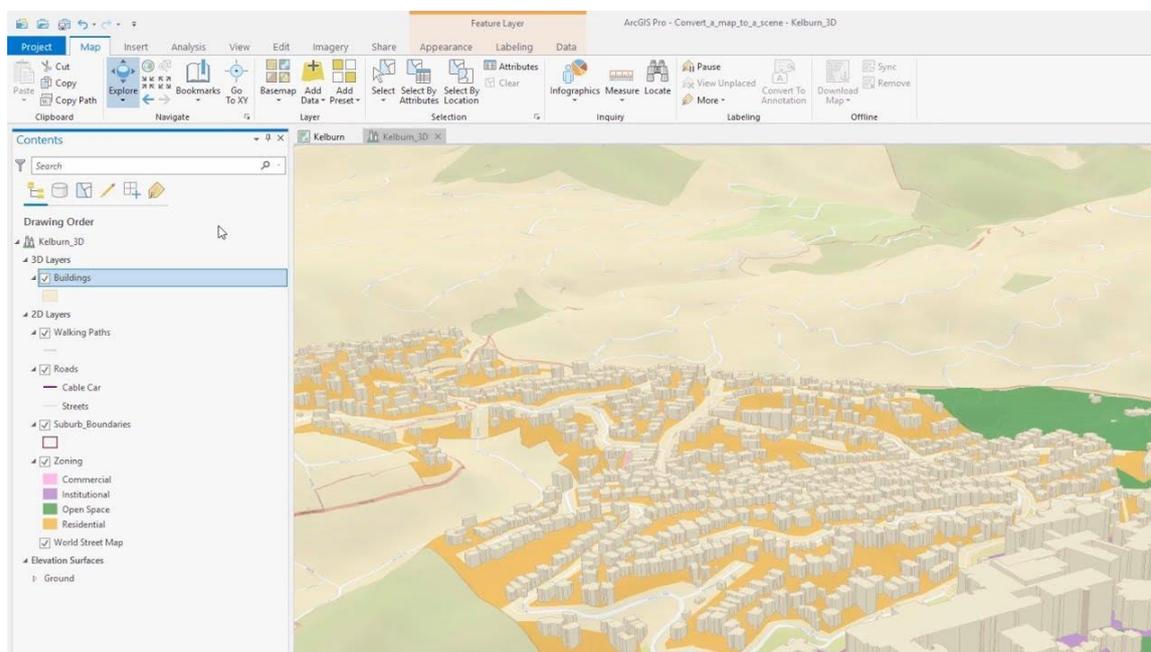


Рисунок 1 – Поділ географічних об'єктів за критеріями

**Висновки.** Використання інструментів ArcGIS для валідації географічних карт виявляється дуже перспективним, оскільки дозволяє забезпечити високу якість географічних даних та точність картографічних продуктів. Ретельний аналіз географічних даних, виявлення помилок, неточностей, створення картографічних продуктів та автоматизація збору, аналізу та візуалізації географічних даних є ключовими перевагами використання ArcGIS[3].

Хоча є певні недоліки: складний інтерфейс, обмеженість функціоналу в базовому використанні та необхідність досвіду для роботи з ним.

Проте, загальний прогнозований результат використання ArcGIS є дуже позитивним. Враховуючи його потужність та можливості, він може стати ключовим інструментом у рішенні різноманітних завдань з аналізу та моделювання географічних даних у сферах екології, економіки та багатьох інших.

Крім того, важливо зазначити, що валідація географічних карт в особистому використанні може призвести до значного покращення якості і точності існуючих картографічних продуктів. Наприклад, користувачі можуть власноруч оновити та актуалізувати дані щодо зміни географічних об'єктів, таких як дороги, будівлі або природні елементи, які можуть зазнати змін у зв'язку з розвитком інфраструктури або природними процесами. Це дозволяє підтримувати актуальність географічних даних на високому рівні та забезпечує користувачам достовірну інформацію для прийняття рішень.

#### **Перелік посилань:**

1. Atsuyuki O. GIS-based Studies in the Humanities and Social Sciences. 2016. CRC Press. 344 p.
2. Markus N, Helena M. Open Source GIS A GRASS GIS Approach. 2013. Springer US. 435 p.
3. Victor M. Integration of GIS and Remote Sensing. 2008. Wiley. 320 p
4. Wilpen L. G., Kristen S. K. GIS Tutorial for ArcGIS Desktop 10.8. 2020. Esri Press. 435 p.

<sup>1</sup> Магістрант 1 курсу Мороз Є.О.

<sup>1</sup> Проф., д.т.н. Шушура О.М.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=beUGko0AAAAJ&hl=uk&oi=sra>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ВИЯВЛЕННЯ АНОМАЛІЙ В ДАНИХ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

**Постановка проблеми та її актуальність.** В умовах стрімкого розвитку сучасних технологій обробки даних актуальності набуває завдання їх аналізу та моніторингу. Одним із ключових аспектів цього процесу є виявлення викидів (аномалій), які можуть свідчити про наявність нерелевантних даних, помилок системи збору даних, шахрайство. Складність виявлення аномальних даних полягає в тому, що такі значення можуть бути замасковані в шумі даних, чи мати схожі характеристики з нормальними даними. Розробка нових методів, комбінування вже наявних та регульований підхід до виявлення викидів допоможе користувачам вчасно реагувати на подібні інциденти та приймати рішення на основі отриманих результатів.

**Аналіз останніх досліджень.** Останнім часом з'явилося багато нових методів та алгоритмів виявлення аномальних значень. Проте найбільш універсальні з них – ті, що використовують алгоритми машинного навчання, оскільки їх можна налаштовувати під потреби користувача та специфіку даних. Комбінуючи різні алгоритми можна розробити модель, що зможе виявляти аномальні значення, які не піддаються виявленню при класичному статистичному аналізі даних [1].

**Формулювання мети.** Метою роботи є створення інформаційної системи у вигляді веб-сервісу для виявлення аномалій в наборах даних за допомогою методів машинного навчання та статистичного аналізу. Одним з поширених методів, що використовується для виявлення аномалій є алгоритм автокодування.

**Основна частина.** Основною метою автокодування є відтворення вхідних даних на виході, зменшуючи їх розмірність у прихованому просторі (Рис. 1).

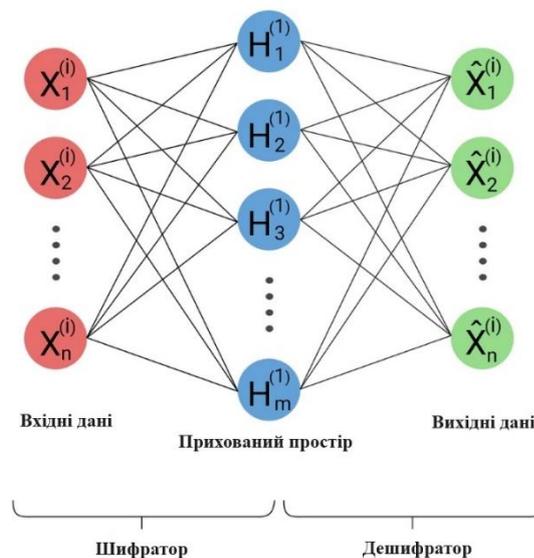


Рисунок 1 – Архітектура зразка автокодування

Шифратор перетворює вхідний набір даних на прихований простір [2], за формулою:

$$H = \sigma(W_{xh}X + b_{xh}), \quad (1)$$

де  $\sigma$  – це функція активації (наприклад сигмоїдна функція);

- $W_{xh}$  – матриця ваги;
- $X$  – вхідний набір даних;
- $b_{xh}$  – вектор зміщення.

До прихованого простору застосовуються подібні дії, при цьому змінюються індекси в багатовимірних структурах за формулою:

$$\hat{X} = \sigma(W_{hx}X + b_{hx}), \quad (2)$$

де  $\sigma$  – це функція активації (наприклад сигмоїдна функція);

- $W_{hx}$  – матриця ваги;
- $X$  – вхідний набір даних;
- $b_{hx}$  – вектор зміщення.

Різниця між вихідним набором даних  $\hat{X}$  та вхідним набором даних  $X$  показує похибку реконструкції  $r$  та визначається формулою:

$$r = \| X - \hat{X} \| \quad (3)$$

Похибка реконструкції  $r$  є критерієм, що визначає аномальні значення. Алгоритм машинного навчання навчений мінімізувати цей показник, вивчаючи зв'язки між ознаками вхідного набору даних [2]. Якщо вхідні дані значною мірою відрізняються від тих, що були застосовані при навчанні алгоритму – похибка буде збільшуватись і саме ці великі значення похибки дозволяють виявляти аномальні значення у вхідному наборі даних. Блок-схема процесу виявлення аномалій може мати такий вигляд (Рис. 2).

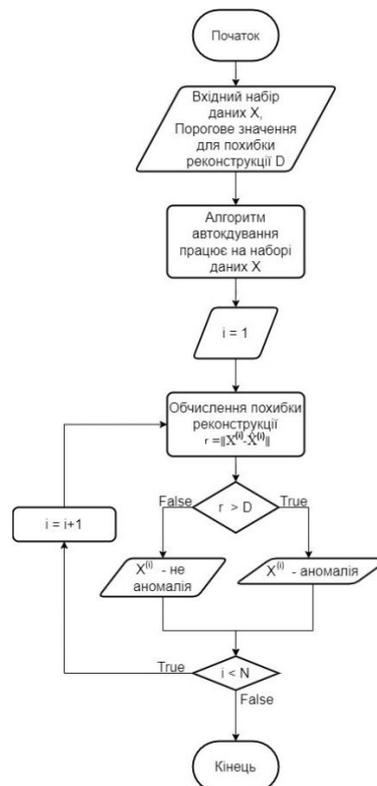


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритму виявлення аномалій

Однією з ключових властивостей алгоритму автокодування є здатність фіксувати базовий розподіл даних. Під час навчання алгоритм представляє нормальні шаблони у прихованому просторі, вчиться шифрувати та дешифрувати звичайні дані та ефективно фільтрує шум та нерелевантні варіації даних.

Коли алгоритм отримує дані в яких міститься аномальне значення – йому важко реконструювати вхідні дані, внаслідок чого похибка реконструкції збільшується.

Користувач має встановити порогове значення для помилки реконструкції – значення при якому різниця між вхідними та вихідними даними буде достатньо значимою та її можна вважати аномалією.

На практиці при використанні цього методу користувачі систем часто регулюють порогове значення, аби на виході отримати задовільний результат

Різниця роботи алгоритму для даних, що можна вважати нормальними та даними, що містять велику кількість аномалій можна зобразити графічно (Рис. 3).



Рисунок 3 – Візуальне представлення результатів роботи алгоритму

Додатковою важливою характеристикою методу є його здатність безперервно навчатись. Оскільки метод не потребує спеціального набору даних із позначеними аномаліями – він може продовжувати навчатись в процесі роботи, адаптуючись до змін у вхідних даних та отримуючи нові знання про нормальні та аномальні закономірності.

**Висновки.** Підсумовуючи, використання алгоритму автокодування можна назвати надійним та універсальним методом виявлення аномалій, а його здатність працювати з різними типами вхідних даних є ключовою перевагою.

#### **Перелік посилань:**

1. Гавриленко С.Ю., Зозуля В. Д. Дослідження методів виявлення аномалій на етапі попередньої обробки даних. *Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць.* 2022. Т. 1, № 67. С. 52–56. URL: <https://doi.org/10.26906/sunz.2022.1.052> (дата звернення: 10.03.2024).

2. Torabi H., Mirtaheri S. L., Greco S. Practical autoencoder based anomaly detection by using vector reconstruction error. *Cybersecurity.* 2023. Т. 6, № 1. URL: <https://doi.org/10.1186/s42400-022-00134-9> (дата звернення: 10.03.2024).

3. Riswanto U. Anomaly detection using the autoencoder technique, how does it's work?. *Medium.* URL: <https://ujangriswanto08.medium.com/anomaly-detection-using-the-autoencoder-technique-how-does-its-work-3853b13f86b6> (дата звернення: 10.03.2024).

4. Аналіз методів виявлення аномалій у даних про споживання електроенергії / М. Братищенко та ін. *Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць.* 2024. Т. 1, № 75. С. 45–49. URL: <https://doi.org/10.26906/sunz.2024.1.045> (дата звернення: 10.03.2024).

<sup>1</sup> Бакалаврант 4 курсу Чуйко Д.С.

<sup>1</sup> Доц., к.ф.-м.н. Тарнавський Ю.А.

<https://scholar.google.com/citations?user=g3-qVSgAAAAAJ&hl=ru>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ПЕРСОНАЛЬНИЙ ІНФОРМАТОР ПАЦІЄНТА ПРО КРИТИЧНІСТЬ СТАНУ ЗАБРУДНЕНОСТІ ПОВІТРЯ

**Постановка проблеми та її актуальність.** З кожним роком екологічні проблеми, зокрема забрудненість повітря стають все більш серйозними, що не може не впливати на здоров'я людей. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), щороку понад 7 мільйонів смертей стається через забруднення повітря. Забруднене повітря може спричиняти різні респіраторні захворювання, такі як астма, бронхіт, пневмонія, а також серцево-судинні захворювання, рак та інші проблеми зі здоров'ям. Діти, люди похилого віку та люди з хронічними захворюваннями особливо вразливі до впливу забрудненого повітря.

Недостатнє інформування про критичність рівня забруднення повітря може призвести до погіршення здоров'я, а при деяких захворюваннях навіть до летальних наслідків. Одним із невирішених завдань у цій галузі є брак персоналізованої інформації про якість повітря для конкретної людини. Наявні інформаційні системи зазвичай надають загальну оцінку якості повітря для регіону або місцевості, але не враховують індивідуальних особливостей людини, такі як стан здоров'я та наявні захворювання, що є доволі важливим фактором для вчасного інформування про підвищення рівня того чи іншого забруднювача в повітрі.

**Формулювання мети.** Ціллю даної роботи є розробка зручного у використанні програмного забезпечення, що буде надавати інформацію про якість повітря у зрозумілому вигляді, та інформувати користувача у разі підвищення показників забруднювачів. Програмний продукт забезпечить повний огляд стану забрудненості повітря, зокрема історичну погодинну інформацію про якість повітря терміном до 30 діб. Крім того, програмний продукт виконуватиме функцію інформатора, надсилаючи push-повідомлення у разі підвищення будь-якого з показників.

**Основна частина.** В якості платформи було обрано мобільні пристрої (Android та IOS) з наступних причин:

- Мобільні додатки дозволяють набагато швидше отримати необхідну інформації, ніж їх веб та настільні аналоги.
- Мобільні пристрої майже завжди знаходяться під рукою, тому шанс того, що користувач швидко зреагує на зміни у стані забрудненості повітря набагато вищі.
- В мобільних додатках є можливість реалізувати функцію push-повідомлень, що дозволяє звернути увагу користувача на погіршення стану забрудненості повітря та якомога швидше вжити необхідних заходів для забезпечення безпеки його здоров'я.

Для розробки мобільного додатку було використано фреймворк Flutter. Головною перевагою фреймворку Flutter та мови Dart, яку він використовує в порівнянні з іншими засобами розробки мобільних додатків (Kotlin, Swift, Java) є кросплатформенність. Він дозволяє створювати мобільні, веб- і настільні додатки із використанням однієї кодової бази, що значно спрощує процес розробки. Також Flutter дозволяє легко створювати зручні у використанні та приємні на вигляд користувацькі інтерфейси за рахунок великої кількості доступних віджетів. Це, зокрема, надає змогу відображати дані у вигляді діаграм, графіків та інших інтерактивних елементів, що значно покращує їх сприйняття.

В програмний продукт було інтегровано Air Quality API від Google Maps Platform, який в реальному часі надає інформацію про стан якості повітря. За допомогою нього

користувач завжди буде отримувати актуальну інформацію про якість повітря в його регіоні, або в будь-якому іншому обраному місці, зокрема конкретні дані про кожний забруднювач. А оновлення даних кожну годину дозволяє швидко повідомити користувача про зміни у стані якості повітря, що є важливим фактором у разі техногенних та природних катастроф, що призводять до викиду в повітря великої кількості шкідливих речовин.

Також програмний продукт реалізує функцію пошуку стану повітря у певному місці за допомогою інтеграції Google Maps з використанням бібліотеки `google_maps_flutter`. Це дозволяє користувачам відслідковувати стан повітря в будь-якому місці по всій планеті, що дуже корисно при плануванні подорожей чи прогулянок. На рис.1 зображений AQI (Air Quality Index) та значення деяких забруднювачів.

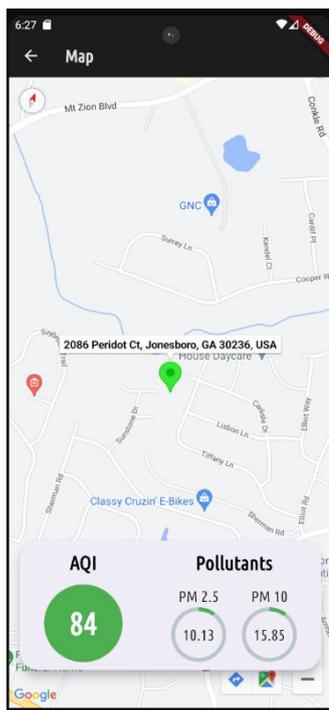


Рисунок 1 – Реалізований пошук стану повітря на карті

**Під час першого запуску програмного продукту користувачу буде запропоновано пройти опитування, щодо наявності серцево-судинних та респіраторних захворювань, результати якого будуть використані задля визначення мінімальних значень показників забруднювачів, при досягненні яких буде надіслано push-повідомлення з попередженням.**

**Висновки. Розроблений програмний продукт може стати корисним інструментом для людей, які мають схильність до серцево-судинних та респіраторних захворювань. Він може допомогти їм приймати більш обґрунтовані рішення щодо свого способу життя та мінімізувати вплив забрудненого повітря на їхнє здоров'я.**

#### **Перелік посилань:**

1. Scott J. Drader 3D Surface Rendering in Postscript. URL: <https://personal.math.ubc.ca/~cass/courses/m308-03b/projects-03b/drader/main.htm> (дата звернення 04.12.2018)
2. Петров О. Г. Криві Безье у промисловості : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 12.00.06. Київ, 2009. 40 с.
3. Пустовіт В. В., Джа І. Л., Якимчук А.С. Побудова кривих : монографія. Харків : ХНПУ, 2017. 348 с.
4. Bangfort B., Bilbro R., Ojeda T. Applied Text Data Analysis in Python. USA: O'Reilly Media. 2018. 332 p.
5. Zhidkov E.P. Computer modeling of magnet systems for physical setups. Computer Research and Modeling. 2009. V. 1, № 2. P. 189–198.

СЕКЦІЯ № 10

**Інформаційні  
технології та  
комп'ютерне  
моделювання**

<sup>1</sup> MS's programme 1st year Varenikov A.V.

<sup>1</sup> Assoc.prof., cand.eng.sc. Shapovalova S.I.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=UgfWon8AAAAJ&hl=en>

<sup>1</sup> Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

## SYSTEM OF EXPERIMENTAL RESEARCH OF CRYPTOGRAPHIC PROTECTION METHODS

**Statement of the problem and its relevance.** Cryptography is an important component of information security. Encrypted communication on the Internet is becoming increasingly important in the face of cybercriminal threats. Cryptography research and development of new encryption methods is an urgent task [1]. To ensure the reliability of encryption systems, it is important to develop mathematical models that meet modern requirements and take into account the dynamics of cyber threats [2]. Combining practical research and theoretical development is key to ensuring effective cryptographic security in today's digital world. The problem of information protection becomes more urgent in the conditions of martial law, because if messages are transmitted without reliable protection, the information can reach the enemy, which can lead to serious consequences.

**Analysis of the latest research.** A comparison of the reliability and stability of existing cryptographic methods against various types of attacks is given in the article [3].

Encryption is based on mathematical models and algorithms that transform data into an unreadable form that can only be decoded by a person with the appropriate decryption keys. This ensures the confidentiality and integrity of data as it travels over the network.

**Goal formulation.** The purpose of the work is to evaluate the effectiveness of cryptographic protection for certain types of cryptosystems, to obtain estimates of their resistance to attacks depending on the conditions in which they function, as well as to use new methods to improve cryptographic information protection systems, taking into account various calculation models and development prospects modern directions of cryptanalysis, means of computer technology.

**Main part.** Modern cryptography is divided into 4 sections (Fig. 1).

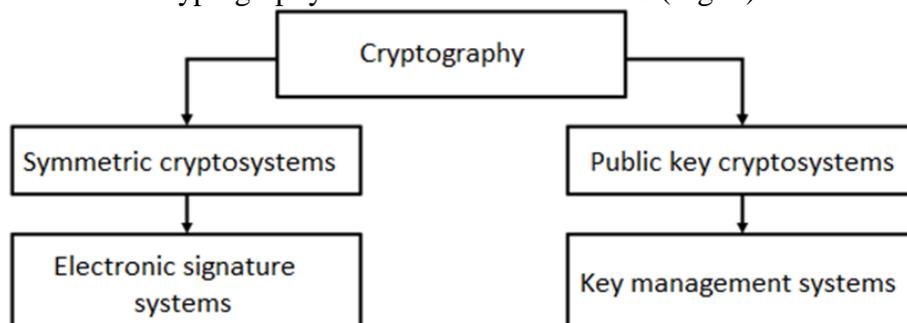


Figure 1 – Sections of modern cryptography

The main areas of use of cryptographic methods are the transmission of confidential information through communication channels (for example, e-mail), establishing the authenticity of the transmission of messages, storing information (documents, databases) on media in an encrypted form. Cryptography methods are divided into two classes: 1) information processing by replacing and moving letters, in which the amount of data does not change (encryption); 2) compression of information through the replacement of selective combinations of letters, phrases, or words (encoding).

Cryptographic methods can be implemented in software and hardware [4]. To protect text information during its transmission over long distances through telecommunication stations, cryptographic methods implemented in hardware are used.

Both hardware and software methods are possible for exchanging information between computers over a telecommunications network, as well as for working with local subscribers. Software methods of encryption and coding are used to store information on magnetic media. Hardware methods of information encryption are used to transmit protected data over a telecommunications network [5].

Existing cryptographic methods differ in their reliability, complexity of implementation, type of encryption, etc. A comparative analysis is given in [3] (Table 1).

Table 1 – Comparative analysis of existing cryptographic methods [3]

Algorithm	Key size	Block size	Round	Structure	Flexible	Features
DES	64 bits	64 bits	16	Festiel	No	Not strong enough
DH	Variable	-	-	Public key	Yes	Good security and low speed
E-DES	1024 bits	128 bits	16	Festiel	-	Good security and fast speed
RSA	1024 to 4096	128 bits	1	Public key	No	Excellent security and low speed
T-DES	112 or 168	64 bits	48	Festiel	Yes	Adequate security and fast
ECC	More than symmetric and variable	Variable	1	Public key	Yes	Excellent security and fast speed
EEE	1024 bits	-	-	Public key	Yes	Enough secured and fast speed
RC4	Variable	40-2048	256	Festiel Stream	Yes	Fast cipher
RC2	8,128,64 bits	64 bits	16	Festiel	-	Good and fast security

Thus: 1) the most reliable and fast is the ECC encryption method; 2) the least reliable and least fast is the DH encryption method; 3) the longest encryption key contains the RSA encryption method.

**Conclusions.** The basic methods of encryption are defined for conducting computational experiments to determine the optimal cryptographic protection.

**References:**

1. Kranakis E., Oorschot P. C. v. Selected Areas in Cryptography : навч.-метод. посібник. Берлін: Springer, 2011. 112 с.
2. A.Nath, S.Ghosh, M.A.Mallik «Key cryptography using random key generator»: Proceedings of International conference on SAM-2010 held at Las Vegas(USA) 12-15 July, 2010, Vol-2, P-239-244.
3. Abood O. G., Guirguis S. K. A Survey on Cryptography Algorithms. International Journal of Scientific and Research Publications (IJSRP). 2018. Vol. 8, no. 7. URL: <https://doi.org/10.29322/ijsrp.8.7.2018.p7978> (date of access: 13.03.2024).
4. Verbickiy O. V. Vstup do kryptologiyi. – L. : VNTL, 1998. – 248 p.
5. Neal Koblitz, «A Course in Number Theory and Cryptography»: Second Edition Published by Springer, Vol-4,P-87-94.

<sup>1</sup> Аспірант 1 курсу Веремійчук І.А.

<sup>1</sup> Проф., д.т.н. Аушева Н.М.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=KSRtRI4AAAAJ&hl=uk>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## УДОСКОНАЛЕННЯ АЛГОРИТМУ ВИРІВНЮВАННЯ СТОМАТОЛОГІЧНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ СКАНУВАННЯ В 3D ПРИНТЕРАХ

**Постановка проблеми та її актуальність.** Розвиток цифрових технологій в стоматології користується великою популярністю. Сканування ротової порожнини і відцефрування даних моделей породжує удосконалення різних методів вирівнювання при обробці шарів сканування. Сканування різних відбитків щелепи в лабораторіях здійснюється за допомогою 3D принтерів [1]. Саме й для цього потрібно використовувати алгоритми вирівнювання і удосконалювати їх до еталонного значення.

**Аналіз останніх досліджень.** Для коректного опрацювання відсканованих моделей компанія 3Shape A/S, яка являється лідером на світовій арені в цифровій стоматології, вимагає чіткий та точний процес обробки шарів в одну цілу модель для максимального наближення до оригіналу. В даній галузі є декілька методів вирівнювання 3D моделей : the best-fit alignment, the landmark alignment, and the reference best fit. Порівняльну характеристику даних алгоритмів було проведено авторами [2]. На прикладі компанії 3Shape (3Shape A/S, Copenhagen, Denmark) яка працює в сфері стоматології, використовують метод the best-fit alignment, який базується на алгоритмі ітераційного зіставлення найближчої точки (ICP) [3].

**Формулювання мети.** Удосконалити алгоритм ітераційного зіставлення для вирівнювання стоматологічних моделей.

### Основана частина.

Загальний вигляд функції вартості для двох сканованих шарів представлений формулою:

$$L_{1,2} = \sum_i (\bar{n}_i \cdot (pt_{1,i} - pt_{2,i}))^2 \quad (1)$$

де  $i$  - окремі точки (які мають відповідні точки в обох шарів сканування );

$\bar{n}_i$  - середня нормаль для пари точок;

$pt_{1,i}, pt_{2,i}$  - індивідуальні точки.

Дослідивши переваги та недоліки даного методу можна відмітити що, застосування даного методу вирівнювання для шарів сканування, збільшує розміри об'єкту, розширяючи сканований об'єкт. Повний механізм цього явища не до кінця досліджений. У найгіршому випадку величина розширення може перевищувати порогове значення в 50  $\mu\text{m}$  (див.рис.1). Це впливає на збільшення розмірів об'єкту від еталонного.

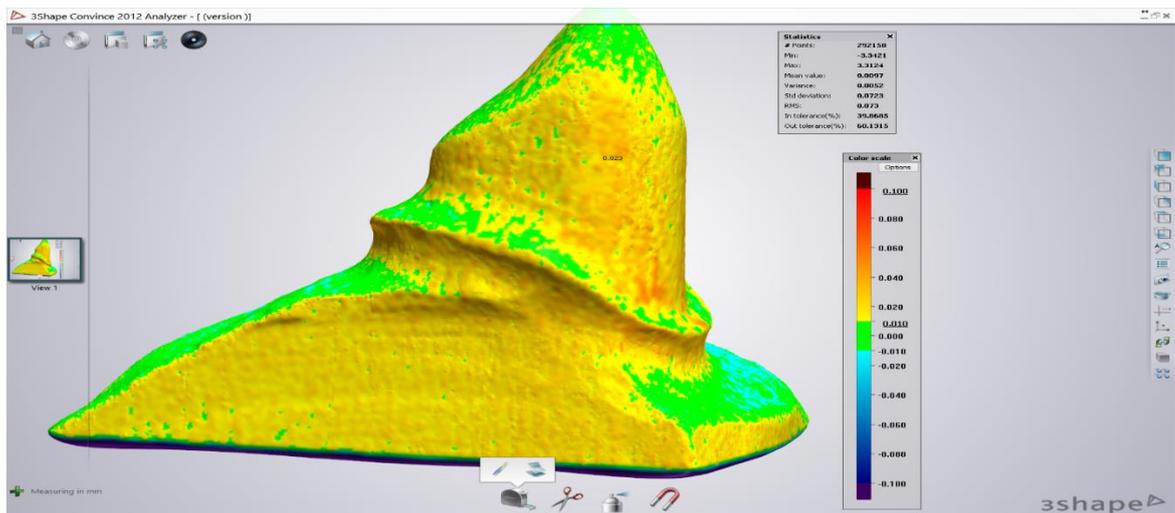


Рисунок.1 - Порівняння об'єкта «золотий кубик», відсканованого за допомогою сканера GOM (еталон), з об'єктом, відсканованим сканером eLab (використовується вільне вирівнювання).

Даний метод потребує удосконалення та покращення точності вирівнювання. В подальшій роботі задача потребує більш детального дослідження множинних наборів точок та знаходження оптимального рішення. Для проведення подальшого дослідження було сформовано наступні завдання:

1. Створити велику кількість сканованих шарів об'єкта для аналізу методу вирівнювання.
2. Проаналізувати набори різних шарів сканування, де виникають розбіжності і перевищують порогове значення .
3. Виявити при яких умовах виникають дані розбіжності.
4. Створити алгоритм оптимізації, який забезпечить більш точне вирівнювання про сканованих шарів

**Висновки.** Дане рішення забезпечить використання, даного алгоритму оптимізації при обробці шарів сканування в 3D принтерах. Допоможе більш точно та ефективно обробляти об'єкти 3D сканування, що дасть змогу представляти відсканованні об'єкти до еталонного.

#### **Перелік посилань:**

1. S. Logozzo, G. Franceschini, A. Kilpelä, M. Caponi , L. Governi ,L. BloisA., A comparative analysis of intraoral 3D digital Scanners for restorative dentistry. 11 p.
2. Loumprinis, N., Michou, S., Rahiotis, C. Different Methods of Scan Alignment in Erosive Tooth Wear Measurements: An In Vitro Study. Dent. J. 2024, 12, 34. <https://doi.org/10.3390/dj12020034>
3. N. Gelfand., L. Ikemoto., S. Rusinkiewicz., M. Levoy., Geometrically Stable Sampling for the ICP Algorithm. Fourth International Conference on 3-D Digital Imaging and Modeling, 2003. 3DIM 2003. Proceedings.
4. Paul J. Besl., Neil D. McKay., "Method for registration of 3-D shapes", (30 April 1992); <https://doi.org/10.1117/12.57955>

<sup>1</sup> Магістрант 1 курсу Жила Д.Ю.

<sup>1</sup> Доц., к.т.н. Дивнич М.П.

[https://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&user=ac\\_P61IAAAAJ](https://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&user=ac_P61IAAAAJ)

<sup>1</sup> Національний Авіаційний Університет

## ЛАЗЕРНИЙ ДОППЛЕРІВСЬКИЙ ВІБРОМЕТР

**Постановка проблеми та її актуальність.** Незважаючи на значний прогрес у технологіях лазерної діагностики, точність вимірювань залишається однією з ключових проблем. Висока точність є важливою для застосувань у наукових дослідженнях, медицині, промисловості тощо. В даний час застосовуються лазерні віброметри, які побудовані на основі лазерного доплерівського вимірювача швидкості диференціального типу. В таких віброметрах до об'єкту вимірювання направляються два лазерних променя [1]. Недоліком даного віброметра є те що, електричний сигнал на виході фотоприймачів залежить від коефіцієнту відбиття лазерних променів від об'єкту, вібрація якого вимірюється. Якщо цей коефіцієнт малий, то віброметр буде мати великі похибки із-за того, що корисний сигнал на виході фотоприймачів буде складно виділити з поміж завад.

**Аналіз останніх досліджень.** Розроблені лазерні віброметри, що вимірюють складову вектора швидкості вібрації направлену вздовж лазерного променя приладу, який направлений до об'єкту досліджень [2,3]. В даних віброметрах реалізована схема лазерного доплерівського вимірювача швидкості з опорним променем.

Недоліком віброметрів таких типів є те, що вони не можуть одночасно вимірювати дві складові вектора швидкості.

**Формулювання мети.** Розробка лазерного віброметра на основі лазерного доплерівського вимірювача швидкості інверсно-диференціального типу.

**Основна частина.** Пропонується лазерний віброметр на основі лазерного доплерівського вимірювача швидкості інверсно-диференціального типу.

В такому приладі лазерний діод розташовується на об'єкті, вібрація якого вимірюється. Перед діодом встановлений за яким розташована діафрагма, що має чотири отвори.

Отвори діафрагми виконані орієнтовані відносно взаємно перпендикулярних напрямків.

За допомогою діафрагми з випромінювання лазерного діоду виділяються дві пари паралельних один одному променя.

Одна пара променів, що знаходиться у площині , дзеркалами направляється на фотоприймач. Для зменшення впливу фонового випромінювання перед фотоприймачем встановлена діафрагма.

За рахунок того, що ці два променя пройшли різну відстань, на поверхні фотоприймача утворюється інтерференційна картина. Випромінювання кожного лазерного променя має зсув за частотою в наслідок ефекту Доплера. Причому цей доплерівський зсув  $\Delta f_d$  має різне значення за рахунок того, що промені розповсюджуються під різними кутами.

В наслідок того, що два променя, які падають на фотоприймач мають різні частоти, інтерференційна картина рухається. В результаті оптичного гетеродинування на виході фотоприймача утворюється електричний сигнал, частота якого пропорційна складовій швидкості вібрації  $V_x$  у напрямку осі  $O_x$ :

$$\Omega_x = \frac{2|v|}{\gamma} \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad (1)$$

Де  $|V|$ : - модуль вектора швидкості вібрації об'єкта;

$\alpha$  – кут між парою лазерних променів, що знаходяться у площині .

Вихід фотоприймача підключений до входу пристрою вимірювання доплерівської частоти сигналу.

Вимірювання  $V_x$  складової вектора швидкості вібрації здійснюється за допомогою другої пари лазерних променів, що розповсюджуються у площині  $Ouz$  .

В приладі додатково встановлюється друга пара дзеркал, які направляють лазерні промені на другий фотоприймач, вихід якого підключений до другого входу пристрою вимірювання доплерівської частоти сигналу.

В результаті оптичного гетеродинамирування двох променів, що розповсюджуються у площині  $Ouz$  на виході фотоприймача утворюється електричний сигнал, частота якого пропорційна  $V_y$  складової швидкості вібрації:

$$\Omega_y = \frac{2|v|}{\gamma} \sin\left(\frac{\beta}{2}\right) \quad (2)$$

де: - модуль вектора швидкості вібрації об'єкта;

$\beta$  – кут між лазерними променями, що знаходяться у площині  $Ouz$ .

Даний прилад може знайти застосування під час випробувань машин та механізмів на віброміцність, а також при дослідженнях характеру вібрації агрегатів енергетичного устаткування, автомобільних двигунів та іншої техніки.

Такий прилад має перевагу перед віброметрами, які зараз застосовуються, в тому що його можна розташовувати на значній відстані від об'єкта вимірювання. У відомих лазерних віброметрах оптичною системою збирається відбите від об'єкта лазерне випромінювання, а у даного приладу на фотоприймачі направляється випромінювання лазерного діоду, яке має більшу інтенсивність.

Інформація про параметри вібрації машин та агрегатів під час проведення випробувань дозволяє підвищити якість їх конструкції та надійність і довговічність під час експлуатації.

**Висновки.** Запропонований лазерний віброметр може бути використаний для перевірки вібростійкості машин і механізмів, а також для дослідження вібраційних властивостей електрообладнання, двигунів автомобілів та іншого обладнання. Він має переваги перед іншими віброметрами в тому, що може розташовуватися на значній відстані від вимірюваного об'єкта і має більш високу інтенсивність випромінювання. Інформація, отримана за допомогою цього пристрою, дозволяє підвищити якість і надійність конструкції машин і агрегатів.

#### **Перелік посилань:**

1. Віброметр Polytec для вимірювання коливань в площині [Електронний ресурс]: Режим доступу: <http://www.medus.com.ua/> (дата звернення 12.03.2024).

2. Лазерний віброметр LV-2 [Електронний ресурс]: Режим доступу: <http://www.lasertechnics.org/> (дата звернення 12.03.2024)

3. Модульний віброметр OFV-525/-5000-S [Електронний ресурс]: Режим доступу: <http://www.medus.com.ua/> (дата звернення 12.03.2024)

4. Пат. на корисну модель 134473 Україна, МПК G01 (2006/1) Н 9/00 Лазерний двокомпонентний віброметр/М.П. Дивнич, В.М. Дивнич. № u 2018 10275; заявл. 16.10.2018; опубл., 27.05.2019, Бюл. №10.2019.

<sup>1</sup> Магістрант 1 курсу Заступайло М.І.

<sup>1</sup> Проф., д.т.н. Шушура О.М.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=beUGko0AAAAJ&hl=en>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## АВТОМАТИЗАЦІЯ КОНВЕРТАЦІЇ БАНКІВСЬКИХ ВИПИСОК ДЛЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ПІДПРИЄМСТВ

**Постановка проблеми та її актуальність.** У сучасному світі, де велика кількість підприємств залежить від швидкості та ефективності обробки фінансової інформації, проблема ручного аналізу та конвертації банківських виписок стає ключовим фактором, що обмежує розвиток та оптимізацію інформаційних систем підприємств. Необхідним є пошук нових підходів та рішень для автоматизації цього процесу та забезпечення його ефективності.

Вирішення цього питання дозволить автоматизувати процеси бухгалтерського та фінансового обліку, зменшити час, що витрачається на ручне введення даних, а також зменшити ризик помилок при обробці фінансових даних.

Незважаючи на переваги розробок, що існують на сучасному етапі, більшість з них мають і значну кількість недоліків, які варто врахувати. Серед потенційних та реальних мінусів багатьох існуючих систем варто зосередити увагу на складності їхньої інтеграції, високих витратах, різноманіття стандартів, які призводять до складнощів при спільній роботі з різними банками або системами, подекуди і ризики щодо безпеки та конфіденційності тощо [1].

Рішенням цих проблем, яке дозволить максимально оптимально автоматизувати конвертацію банківських виписок для інформаційних систем підприємств, є розробка модуля конвертації, який можна інтегрувати в різні системи підприємств, налаштовуючи лише клієнтську і адміністративну частину в самій системі окремо, у той час коли модуль конвертації залишається сталим. Це дозволить імпортувати платіжні виписки з різних банків та їх форматів у систему підприємства з легкістю. Така розробка дозволить завантаження банківських виписок з різних банків і в різних форматах та повертатиме конвертований файл в універсальному форматі для подальшого використання в системі.

**Аналіз останніх досліджень.** Варто зазначити, що розробки у галузі обміну даними з банками загалом, а зокрема саме конвертації платіжних банківських виписок швидко розвиваються, особливо в контексті впровадження відкритого банківського середовища та цифрової трансформації фінансового сектору.

Дослідження, які хоча б частково висвітлюють тему конвертації платіжних банківських виписок для інформаційних систем підприємств, представляють значний обсяг в літературі і наукових роботах. Проте конкретні наукові та практично орієнтовані праці, які б повноцінно висвітлювали тему на сучасному етапі та безпосередньо стосувалися б цього напрямку, дуже часто є обмеженими. Більшість досліджень переважно концентрують увагу на загальних принципах обміну даними між банками та корпоративними системами, при цьому не акцентуючи на пропозиціях та реалізаціях конкретного практичного інтегрування в роботу систем підприємств [2]. А ті дослідження, які мають хоча б якісь практичні рекомендації, зміщують увагу зазвичай на автоматизований аналіз виписок, ніж на демонстрацію конкретних ресурсів для конвертації та впровадження їх в інформаційні системи.

**Формулювання мети.** Метою цього дослідження є вдосконалення та впровадження процесу автоматизованої конвертації банківських виписок та забезпечення швидкого та точного обліку фінансів компанії. *Основним завданням* є підвищення ефективності обміну

даними з банками та зниження кількості помилок завдяки автоматизації конвертації виписок.

Відповідно, серед *основних задач* варто виокремити:

- розроблення модуля конвертації банківських виписок для інформаційних систем підприємств;
- аналіз та розробка механізму взаємодії з інформаційними системами компаній;
- забезпечення можливості аналізу використання модуля конвертації та розробка механізму обмеження доступу;
- розробка користувацького та адміністративного модулів для певної системи підприємства для аналізу інтеграції та роботи автоматичної конвертації.

**Основна частина.** На сучасному етапі інформаційні системи підприємств забезпечують ефективний інформаційно-технічний супровід всіх аспектів функціонування організації з метою досягнення стратегічних та оперативних цілей. Мета використання таких систем полягає в автоматизації та оптимізації бізнес-процесів, створенні конкурентної переваги, забезпеченню якості та інновацій, ефективної комунікації тощо.

Для аналізу поточного стану можливостей автоматизації конвертації банківських виписок для інформаційних систем підприємств було проведено дослідження різних джерел, серед яких документація окремих інформаційних систем, форуми спільнот, розділи документації, присвячені конвертації платіжної інформації тощо. Було виявлено, що в інформаційних систем є часткова можливість конвертації банківських виписок, проте вона зазвичай суттєво обмежена та не дозволяє автоматичного обміну з багатьма банками.

Для реалізації модуля конвертації банківських виписок для інформаційних систем підприємств найоптимальнішими стали такі засоби розробки, як мова програмування Python з бібліотеками [3], база даних PostgreSQL, фреймворк Flask, а також середовище розробки PyCharm. Розробка модуля була проведена з урахуванням потреб користувачів та з метою максимальної автоматизації процесу обміну даними з банками. Задля об'єктивного бачення можливостей модуля та оцінки його практичної доцільності було використано конкретну інформаційну систему підприємств – систему ODOO [4], у яку модуль і було інтегровано.

Першим кроком до реалізації автоматизованої конвертації банківських виписок стало проектування архітектури самого модуля конвертації. Далі на прикладі інформаційної системи ODOO було реалізовано користувацький та адміністративний службові модулі, які є необхідними для інтеграції модуля конвертації до інформаційної системи підприємства. Поєднання модуля конвертації платіжних банківських виписок та службової частини в інформаційній системі підприємства передбачає взаємодію модулів для того, щоб забезпечити автоматичний обмін платіжними виписками та спростити врахування змін у форматах виписок в системі компанії.

Користувацький службовий модуль забезпечує інтерфейс користувача, завдяки якому клієнти можуть завантажити файл платіжної банківської виписки, вказати параметри (банк, формат файлу тощо) та надіслати запит до модуля конвертації. Також він забезпечує відображення результатів конвертації та надає користувачеві конвертований файл в універсальному форматі JSON, який є зручним для використання в системах компаній. Адміністративний службовий модуль також надає інтерфейс, проте уже для адміністраторів, у якому можна відстежувати та аналізувати використання модуля конвертації клієнтами та керувати їх доступом до нього.

Модуль конвертації приймає запити від користувацької та адміністративної частини. У випадку отримання запиту від клієнтської частини модуль перевіряє наявність доступу користувача до нього, щоб далі приступити до аналізу та конвертації файлу з виписками, що прийшов за запитом: модуль перевіряє, чи є клієнт за вказаним токеном в базі даних і чи є у нього доступні конвертації. Після перевірки модуль обробляє файл виписки відповідно до вказаних параметрів, використовуючи правила обробки для відповідного банку та формату файлу. Отримані результати конвертації надсилаються назад до

клієнтської частини для відображення без збереження даних із виписок у модулі (Рис. 1).

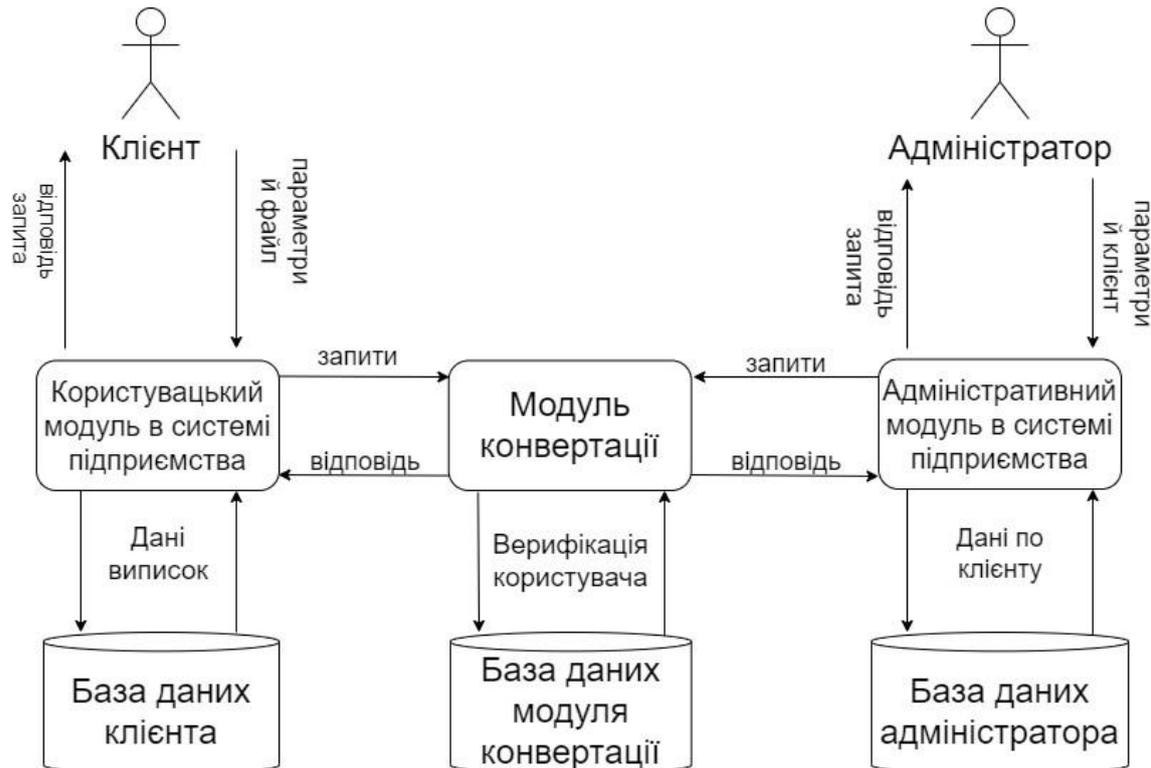


Рисунок 1 – Взаємодія складових

У випадку отримання запиту від адміністративної частини модуль валідує адміністратора та перевіряє токен клієнта, над яким адміністратор хоче виконати дію. Відповідно до змісту запиту модуль може надати дані по використанню свого функціоналу клієнтом, додати чи обмежити кількість доступних конвертацій або взагалі заблокувати доступ користувачу.

**Висновки.** Багато компаній використовують інформаційні системи для обліку та управління своєю діяльністю. Різні банки та платіжні системи можуть використовувати різні формати платіжних виписок. Розробка модуля конвертації дозволяє стандартизувати ці формати та забезпечити їх зрозумілість для інформаційних систем, що спростить обробку та аналіз фінансових даних. Інтеграція модуля конвертації платіжних виписок до інформаційної системи підприємства дозволить покращити обробку фінансових даних та забезпечить уніфікацію інформації в системі.

Отриманий продукт можна успішно використовувати в будь-якому бізнес-секторі за потреби взаємодії з банками та фінансовими установами. Модуль дозволить повноцінно автоматизувати конвертацію банківських виписок, що зробить фінансовий облік більш точним та прозорим.

#### Перелік посилань:

1. Jorge Martinez. 10 Best Bank Statement Converter Software in 2024. *DocuClipper*. URL: <https://www.docuclipper.com/blog/best-bank-statement-converter-software> (дата звернення: 02.03.2024).
2. Financial Reporting Software. *Capterra*. URL: <https://www.capterra.com/financial-reporting-software/#top-20> (дата звернення: 26.02.2024).
3. Sweigart A. Automate the Boring Stuff with Python. Practical Programming for Total Beginners : 2nd edition. NoStarchPress, 2019. 592 p.  
 OdoO Documentation. User Docs, Install and Maintain, Developer, Contributing. URL: <https://www.odoo.com/documentation/16.0/> (дата звернення: 27.02.2024).

<sup>1</sup> Аспірант 1 курсу Кокідько Б.С.

<sup>1</sup> Проф., д.т.н. Шушура О.М.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=beUGko0AAAAJ&hl=en>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ВИКОРИСТАННЯ ГРАФОВИХ БАЗ ДАНИХ ТА НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ДЛЯ АНАЛІЗУ ТА МОДЕЛЮВАННЯ СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖ

**Постановка проблеми та її актуальність.** Аналіз соціальних мереж стає все більш важливим в контексті зростання величезних обсягів даних, генерованих користувачами цих платформ. Специфіка соціальних мереж полягає в складності структури даних, яка вимагає особливого підходу до її обробки та аналізу. Задача аналізу соціальних мереж полягає не лише в зборі та обробці інформації, а й у виявленні закономірностей взаємодії між учасниками мережі, аналізі розподілу інформації, ідентифікації інформаційних каскадів та вивченні соціальних груп і спільнот. Традиційні підходи до аналізу даних часто виявляються неефективними при роботі з гетерогенними та динамічними структурами даних, характерними для соціальних мереж. Застосування графових баз даних виступає як відповідь на виклики, пов'язані зі складністю даних соціальних мереж. Графові бази даних дозволяють ефективно представляти та обробляти складні структури зв'язків між об'єктами, що є характерними для соціальних мереж, де користувачі, їх взаємодії, групи та зміст формують складний соціальний граф. Такий підхід забезпечує більшу гнучкість та швидкість запитів порівняно з традиційними реляційними базами даних, особливо при аналізі зв'язків між великою кількістю об'єктів. Нечітка логіка, в свою чергу, додає важливий вимір в аналіз соціальних мереж, дозволяючи обробляти невизначеність та імпрецизність, яка часто супроводжує соціальні дані [1]. Використання нечіткої логіки в алгоритмах аналізу дозволяє краще враховувати нюанси соціальних взаємодій, такі як сила зв'язку між користувачами або ступінь впливу на розповсюдження інформації. Це, у свою чергу, підвищує точність моделювання соціальних процесів та прогнозування поведінки учасників мережі. Розробка інформаційних технологій, що інтегрують можливості графових баз даних та нечіткої логіки, стає актуальною в задачах аналізу соціальних мереж. Такі технології повинні забезпечувати високу швидкодію, масштабованість та гнучкість у обробці великих обсягів даних [2], дозволяючи ефективно вирішувати специфічні завдання, пов'язані з вивченням соціальних взаємодій, аналізом структури спільнот і динаміки розповсюдження інформації. Таким чином, розробка та впровадження новітніх інформаційних систем для аналізу соціальних мереж з використанням графових баз даних та нечіткої логіки є перспективним напрямком, що відповідає сучасним викликам обробки та аналізу соціальних даних.

**Аналіз останніх досліджень.** Сучасні дослідження в галузі аналізу соціальних мереж розглядають широкий спектр підходів і технологій, серед яких особливе місце займають графові технології та алгоритми нечіткої логіки. В роботі Кофмана, Грінблатта та Маркуса обговорюються графові технології, що застосовуються для аналізу інтелектуальних даних, вказуючи на їх здатність ефективно обробляти великі обсяги даних і визначати складні взаємозв'язки в соціальних мережах. Однак, незважаючи на високу ефективність, такі технології можуть бути обмежені у випадках, коли дані мають велику кількість неточностей або коли важливо врахувати невизначеність відносин між елементами мережі. Дослідження Карлі, Ремінги та Камневої зосереджене на дестабілізації терористичних мереж, використовуючи аналітичні моделі графів, підкреслює важливість структурного аналізу соціальних мереж. Цей підхід демонструє, як через детальний структурний аналіз можливо ідентифікувати ключові вузли та зв'язки, що сприяють

стійкості мережі. Проте, він також вказує на обмеження стосовно динамічних аспектів мереж, де зміни в структурі та взаємодіях можуть швидко впливати на загальну стійкість системи. Бухеггер, Шіюберг, Ву та Датта в своїй роботі "Person:P2P Social Networking" розглядають пірингові соціальні мережі, акцентуючи на можливості розподіленого зберігання та обробки даних. Цей підхід забезпечує високий рівень масштабованості та ефективності, але також вносить додаткову складність у визначенні автентичності та довіри між учасниками мережі. Одним з перспективних напрямів в дослідженнях аналізу соціальних мереж також є поєднання графових технологій з методами машинного навчання. Наприклад, робота Кім та співавторів зосереджується на застосуванні нейронних мереж для виявлення та класифікації паттернів у соціальних мережах. Це дозволяє автоматизувати процес аналізу та отримувати більш точні та надійні результати, особливо в умовах великого обсягу даних.

Крім того, важливим аспектом досліджень є розгляд аспектів приватності та безпеки у соціальних мережах. Робота Лі та колеґ розглядає методи захисту особистої інформації в мережах з урахуванням їхньої топології та характеристик. Це допомагає забезпечити конфіденційність та запобігти можливим атакам на приватні дані користувачів.

**Формулювання мети.** Метою цього дослідження є аналіз інформаційної технології для аналізу соціальних мереж, заснованої на графових базах даних та використанні нечіткої логіки.

**Основна частина.** У цій статті демонструється візуалізація соціальної мережі за допомогою теореми  $k$ -кольорів. Розфарбування громад в основному є топологічною задачею, оскільки залежить від зв'язків між громадами, а не від міцності їхньої спільності [3]. Так само можливо представити кожну особу та громаду через одну точку (вершину), а суміжність між однаковими особами, що належать до різних громад, може бути показана за допомогою лінії (ребра), яка з'єднує ці дві точки. Прийнято, що лінії з'єднання не можуть перетинатися. Такий графік називається планарним графом [4]. Додатковий аспект цікавий з точки зору використання теореми  $k$ -кольорів для розфарбовування громад у соціальних мережах. Цей метод відображає не лише топологічну структуру мережі, а й її соціальні спільноти. Використання кількох кольорів для розмежування груп дозволяє візуально відобразити структуру мережі, а також різноманітність її спільнот та їх зв'язків.

У цій роботі використовується метод нечітких  $k$ -середніх для визначення приналежності користувачів до різних спільнот. Постає закономірне питання, чому було обрано саме нечітку логіку. Нечіткість описує невизначеність у здійсненні події, наприклад, користувач може належати одночасно до кількох спільнот або не належати жодній. Таким чином, функція приналежності визначає, наскільки міцним або слабким є зв'язок між користувачем та спільнотою.

*Теорема K-means.* Скільки різних кольорів потрібно, щоб розфарбувати спільноти таким чином, щоб жодні дві спільноти не мали однакового кольору? Граф називається  $k$ -розфарбовним, якщо можливо призначити один із  $k$  кольорів кожній вершині так, щоб жодні дві з'єднані вершини не мали однакового кольору [5]. Щодо теореми  $K$ -means, вона може бути корисною для визначення не лише кількості спільнот у мережі, але і їх структури. Розфарбовування громад за допомогою цієї теореми дозволяє враховувати взаємозв'язки між ними та розмежовувати різні типи спільнот за допомогою різних кольорів.

Варто представити  $C_1, C_2, C_3, C_4$ , які символізують спільноти у різних кольорах. Жодні два сусідні ребра від  $P_i$  до  $S_k$  не мають одного кольору (де  $i$  та  $k$  - номери). Якщо існує  $k$  спільнот, варто було б використовувати  $k$  різних кольорів для їх представлення. Ми розрізняємо спільноти на основі різних кольорів. Зв'язок між користувачем і спільнотою здійснюється за допомогою ребер від  $P_i$  до  $S_k$ . Кожному ребру призначається вага, на основі якої розраховується приналежність користувача до спільноти. Якщо існує зв'язок між двома спільнотами, тоді вони належать до однієї категорії, наприклад, етнічної, соціальної, освітньої, технологічної тощо [6].

*Кластеризація за допомогою нечітких  $k$ -середніх.* Алгоритм нечітких  $k$ -середніх

(FCM) - це метод кластеризації, який дозволяє одному елементу даних належати до двох або більше кластерів. Цей метод був розроблений Данном у 1973 році та удосконалений Бездеком у 1981 році. Він базується на мінімізації наступної цільової функції(1) [7]:

$$J_m = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^C u_{ij}^m \|x_i - c_j\|^2, \quad 1 \leq m < \infty \quad (1)$$

де  $m$  - будь-яке дійсне число більше 1;  
 $u_{ij}$  - ступінь приналежності  $x_i$  (кількість користувачів) до кластера  $j$ ;  
 $x_i$  -  $i$ -тий елемент даних у  $d$ -вимірному просторі;  
 $c_j$  - центр кластера у  $d$ -вимірному просторі;  
 $\|*\|$  - будь-яка норма, яка виражає схожість між будь-якими вимірними даними та центром.

Нечітке розбиття виконується через ітеративну оптимізацію вказаної цільової функції, з оновленням ступеня приналежності  $u_{ij}$  та центрів кластерів  $c_j$ (2) [7].

$$u_{ij} = \frac{1}{\sum_{k=1}^C \left( \frac{\|x_i - c_j\|}{\|x_i - c_k\|} \right)^{\frac{2}{m-1}}} \quad (2)$$

У цьому виразі  $c_j$  визначається за формулою(3)[7].

$$c_j = \frac{\sum_{i=1}^N u_{ij}^m x_i}{\sum_{i=1}^N u_{ij}^m} \quad (3)$$

**Висновки.** Підсумовуючи вищезазначене дослідження, можна стверджувати, що розроблена інформаційна технологія аналізу соціальних мереж, що базується на графових базах даних та використовує нечітку логіку, виявилася ефективним інструментом для глибокого аналізу та інтерпретації складних мережових структур. Інтеграція графових баз даних забезпечила зручні та гнучкі засоби для представлення та обробки соціальних мереж, дозволяючи ідентифікувати ключові вузли та зв'язки між різними учасниками. Використання нечіткої логіки, в свою чергу, дозволило врахувати невизначеності та неоднозначності у взаємодіях між учасниками соціальних мереж, надаючи можливість для більш точного аналізу їх поведінки та взаємовідносин.

#### **Перелік посилань:**

1. Coffman, Thayne; Greenblatt, Seth; Marcus, Sherry: Graph based technologies for intelligence analysis. In: Commun. ACM, Vol.47(3): pp. 45-47, 2004, ISSN 0001-0782.
2. Carley, K.M., & Reminga, J., & Kamneva, N. Destabilizing terrorist networks. NAACSOS Conference proceedings. Pittsburgh, PA. 2003.
3. S. Buchegger, D. Schioberg, L.H. Vu and A. Datta, "Peerson: P2P Social Networking," in Social Network Systems, 2009.
4. T. Takagi and M. Sugeno, "Fuzzy identification of a system and its application to modeling and control", IEEE Trans. Syst. Man and Cybern., vol.15, pp.116-132, Jan./Feb. 1985.
5. Lotfi Asker Zadeh, "Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, and Fuzzy Systems: Selected Papers", World Scientific, 01-Jan-1996 - Computers - 826 pages.
6. George J. Klir, Bo Yuan, Fuzzy Sets and Fuzzy Logic, Prentice Hall, New Jersey, 1995.
7. J. Mendel. Fuzzy Logic systems for engineers: a tutorial. In Proceedings of the IEEE, volume 83, pages 345-377, March 1995.

<sup>1</sup> Магістрант 1 курсу Нерослик М.Є.

<sup>1</sup> Доц., к.т.н. Шаповалова С.І.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=biglE98AAAAJ&hl=en>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## НЕЙРОМЕРЕЖЕВІ МЕТОДИ ГЕНЕРАЦІЇ ТЕКСТУРИ ЗАДАНОГО МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ТРИВИМІРНИХ МОДЕЛЕЙ

**Постановка проблеми та її актуальність.** У багатьох випадках, коли ставиться завдання комп'ютерного моделювання об'єктів, необхідно не лише створювати їх геометричні форми, але й визначати їх матеріали та текстури. У галузі сучасної комп'ютерної графіки та візуалізації, проблема ефективної генерації реалістичних текстур для тривимірних моделей залишається актуальною та нерозв'язаною в повній мірі. Навіть існуючі методи часто не забезпечують достатньої деталізації та реалістичності, особливо в контексті екзогенних застосувань, таких як віртуальна реальність або відеоігри. Застосування нейромережових підходів є перспективним напрямом, проте їх ефективність у генерації текстур для тривимірних моделей потребує подальших досліджень та удосконалення для досягнення оптимальних результатів [1].

**Аналіз останніх досліджень.** Один із варіантів нейромережового підходу було запропоновано в дослідженні під час розробки структури нейромережі під назвою «TextureGAN» [2]. Зазначена система вирішувала завдання накладання текстури на двовимірний об'єкт. Початковими даними для цієї системи були прозоре або чорно-біле зображення об'єкту, що підлягав подальшому кольоровому забарвленню, та шаблон текстури, який вказував, як саме слід візуально змінити зображення об'єкту [2].

**Мета** – створення системи генерації зображення текстури, заданої параметрами визначення матеріалу. Ця текстура в подальшому може використовуватися для візуалізації матеріалу в двовимірній або тривимірній моделі.

**Основна частина.** Протягом останніх двох років концепція прямого синтезу зображень без використання традиційного конвеєра візуалізації здобула значний інтерес завдяки обіцяним результатам, отриманим за допомогою глибоких мережових архітектур, таких як автокодувальні змінні моделі (Variation Autoencoders, VAE) і генеративно-змагальні мережі (Generative Adversarial Networks, GANs) [2].

Генеративно-змагальні мережі (GAN) є категорією нейромережових алгоритмів, які використовуються в глибокому навчанні без учителя. Ця архітектура нейромережі була представлена відносно недавно, у 2014 році дослідником Яном Гудфелоу. GAN проявили значний потенціал у роботі з обробкою зображень. В даний час існує значна кількість варіацій GAN, які застосовуються для різноманітних завдань, таких як обробка зображень, зміна стилю, генерація зображень та інші. Принцип роботи GAN базується на використанні двох штучних нейронних мереж, які змагаються одна з одною у формі ігри з нульовою сумою. Це означає, що результат кожного попереднього раунду їх змагання не впливає на наступний раунд [3]. Перша мережа, відома як генератор, відповідає за формування зображень, тоді як друга мережа, дискримінатор, відповідає за їхню оцінку. Основним завданням генератора є створення зображень таким чином, щоб дискримінатор не міг відрізнити згенеровані зображення від реальних. У свою чергу, завдання дискримінатора полягає у визначенні того, яке зображення є реальним, а яке – синтетичним. З урахуванням принципів дії та завдань, що стоять перед кожною складовою генеративно-змагальної мережі, можна прогнозувати їхню структуру. Генератор приймає на вхід значення, сформовані на основі певної функції шуму, і розпочинає процес створення майбутнього зображення на основі цих значень. На виході з генератора формується тривимірна матриця,

що містить числові значення для кожного кольорового каналу (червоного, зеленого та синього). Ця матриця подається на вхід дискримінатора. Результатом роботи дискримінатора є одне число, яке вказує, чи є подане зображення згенерованим (значення 0) чи реальним (значення 1). Якщо дискримінатор видає правильний результат, то вважається, що він переміг, і ваги моделі коригуються в користь генератора. У випадку неправильного результату процес корекції відбувається на користь дискримінатора [3]. Структура та принцип дії генеративно-змагальних мереж (GAN) характеризуються певними особливостями. З огляду на те, що в їхній роботі задіяні фактично дві незалежні одна від одної мережі, процес налаштування може бути складним та вимагати значного часу. При цьому GAN проявляє чутливість до гіперпараметрів нейромережі [4].

Ще одним методом, що використовується для вирішення поставленої задачі за допомогою нейромереж, є застосування автодекодера, концепція якого базується на двох основних компонентах: кодувальнику, який перетворює вхідні дані в код, та декодувальнику, мета якого полягає в відтворенні вхідних даних з цього коду. Традиційно автодекодери використовуються для зменшення розмірності даних без втрати якості та для виявлення аномалій. Простою формою автодекодера є нерекурентна нейронна мережа прямого поширення, аналогічна одношаровим перцептронам [5].

Для проведення процесу навчання генеративно-змагальних мереж, подібно до будь-якої іншої нейронної мережі, необхідно мати доступ до датасету – структурованих та класифікованих даних, які використовуються для навчання моделі. Однією з основних проблем, що виникають у процесі створення системи для генерації зображень з потрібною текстурою, є відсутність датасету, що повністю відповідає вимогам завдання. У таких випадках необхідно створювати власний датасет, який буде відповідати конкретній системі та буде складатися з наявних текстур. Для цього потрібно зібрати якнайбільше зображень текстур і класифікувати їх за типами (текстури дерева, каменю, води, трави та інше). Чим більше зображень можна додати до датасету, тим кращі будуть результати навчання мережі.

Використання нейронних мереж для генерації зображень з потрібною текстурою високої якості для визначення матеріалу у двовимірних або тривимірних моделях виявляється перспективним рішенням у зв'язку з їхньою ефективністю та швидкістю в порівнянні з традиційними методами створення текстур.

**Висновки.** Для автоматичної генерації текстур високої якості матеріалів двовимірних та тривимірних моделей обґрунтовано використання таких нейромережових методів: генеративно-змагальні мережі (GAN), автокодувальні змінні моделі (VAE).

#### **Перелік посилань:**

1. Liu X., Aldrich C. Deep learning approaches to image texture analysis in material processing. *Metals*. 2022. Vol. 12, no. 2. P. 355. URL: <https://doi.org/10.3390/met12020355> (date of access: 10.03.2024).
2. Xian W., Sangkloy P., Agrawal V. TextureGAN: controlling deep image synthesis with texture patches. *CVF Open Access*. URL: [https://openaccess.thecvf.com/content\\_cvpr\\_2018/papers/Xian\\_TextureGAN\\_Controller\\_Deep\\_CVPR\\_2018\\_paper.pdf](https://openaccess.thecvf.com/content_cvpr_2018/papers/Xian_TextureGAN_Controller_Deep_CVPR_2018_paper.pdf) (date of access: 10.03.2024).
3. Aggarwal A., Mittal M., Battineni G. Generative adversarial network: an overview of theory and applications. *International journal of information management data insights*. 2021. Vol. 1, no. 1. P. 100004. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jjime.2020.100004> (date of access: 10.03.2024).
4. Leon A. Gatys, Alexander S. Ecker, Matthias Bethge. Texture synthesis using convolutional neural networks. *proceedings.neurips.cc*. URL: <https://proceedings.neurips.cc/paper/2015/file/a5e00132373a7031000fd987a3c9f87b-Paper.pdf> (date of access: 10.03.2024).
5. Stacked sparse autoencoder (SSAE) for nuclei detection on breast cancer histopathology images / J. Xu et al. *IEEE transactions on medical imaging*. 2016. Vol. 35, no. 1. P. 119–130. URL: <https://doi.org/10.1109/tmi.2015.2458702> (date of access: 10.03.2024).

<sup>1</sup> Аспірант 1 курсу Плугової А.О.; <sup>1</sup> Мол. вчений Салімов Р.М.

<sup>1</sup> Проф., к.т.н. Морозова І.В.

<https://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&user=TIIfsFUAAAAAJ>

<sup>1</sup> Національний авіаційний університет

## ПРОБЛЕМИ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ПІДТРИМКИ ЛЬотної ПРИДАТНОСТІ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН З УРАХУВАННЯМ НЕПОВНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПІД ЧАС ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

**Постановка проблеми та її актуальність.** Нові технології підтримки льотної придатності повітряних суден (ПС) включають використання Інтернету речей (IoT).

Інтернет речей (IoT) – це підключення будь-якого пристрою до іншого об'єкта з можливістю передачі даних між собою. Ця технологія в даний час впроваджується для покращення профілактичного обслуговування повітряних суден в авіакомпаніях, щоб підвищити безпеку польотів та удосконалити процес технічного обслуговування (ТО), та удосконалити конструкцію компонентів ПС.

Традиційні методи ТО ПС, на основі відмови та превентивне (на основі часу), стають менш популярними через суму загальних витрат, пов'язаних з необхідністю ремонту компонентів, які або ще працездатні, або відмова була раптовою, що призводить до додаткових витрат та незапланованих простоїв.

Однією з основних особливостей процесу підтримки льотної придатності повітряних суден на основі використання Інтернету речей (IoT) є наявність неповної інформації, тобто прийняття рішень у всіх ланках управління відбувається в умовах різного ступеня невизначеності, що суттєво впливає на якість рішень.

**Аналіз останніх досліджень.** Дослідження, пов'язані з питаннями використання неповної інформації в теорії масового обслуговування [1] [2], нові технології підтримки льотної придатності повітряних суден [3], застосування технологій IoT [4], дозволяє будувати практичні методи математичного моделювання складних систем.

**Формулювання мети.** Побудова формальної теорії синтезу управлінь, яка дозволяє будувати практичні методи математичного моделювання складних систем.

**Основна частина.** Під управління процесами ТО ПС розумітимемо процес організації найкращого функціонування авіаційних систем, що зводиться до вибору раціональних шляхів (оптимальних рішень) досягнення поставлених цілей за наявної інформації.

Побудова моделей складних систем із відновленням викликає необхідність проміжного етапу формалізації, що розглядає процеси із загальних, формально-теоретичних позицій та фіксує у знаковій формі всі основні властивості та зв'язки у складних системах.

Процес функціонування складної системи можна уявити через еволюцію її стану у часі:

$$\mathbf{H} = \{\mathbf{S}, \mathbf{P}, \mathbf{W}, \mathbf{V}\}, \text{ де} \quad (1)$$

$\mathbf{S}$  - вектор структурної будови системи

$\mathbf{P}$  - вектор стану елементів системи,

$\mathbf{W}$  - вектор стану середовища,

$\mathbf{V}$  – вектор управління.

Для дискретного опису процесу зміни стану системи  $\mathbf{H}(\mathbf{n})$  необхідно визначити послідовність зміни цих параметрів кожному « $n+i$ » кроці процесу.

Процес  $\mathbf{H}(\mathbf{n}) \rightarrow \mathbf{H}(\mathbf{n}+1)$  зміни стану та управління  $\mathbf{V}(\mathbf{n}) \rightarrow \mathbf{V}(\mathbf{n}+1)$  системи на  $n+1$  кроці представляється рядом послідовних відображень:  
представляється рядом послідовних відображень:

$$\bar{\mathbf{P}} : \{ \mathbf{P}(\mathbf{n}), \mathbf{S}(\mathbf{n}), \mathbf{W}(\mathbf{n}), \mathbf{V}(\mathbf{n}), \Delta t(\mathbf{n}) \} \rightarrow \mathbf{P}(\mathbf{n}+1);$$

$$\begin{aligned} \bar{W} &: \{ W(n), P(n+1), \Delta t(n) \} \rightarrow W(n+1); \\ \bar{S} &: \{ P(n+1), S(n), W(n+1), V(n), \Delta t(n) \} \rightarrow S(n+1); \\ \bar{V} &: \{ P(n+1), S(n+1), W(n+1), V(n), \Delta t(n) \} \rightarrow V(n+1); \\ \bar{\Delta t} &: \{ P(n+1), S(n+1), W(n+1), V(n+1), \Delta t(n) \} \rightarrow \Delta t(n+1); \end{aligned}$$

де  $\bar{P}$ ,  $\bar{S}$ ,  $\bar{W}$ ,  $\bar{V}$ ,  $\bar{\Delta t}$  - оператори, що реалізують зміну відповідних векторів.

Отримана математична схема відображає структурні та функціональні закономірності розвитку у складній системі і може бути основою її формально-теоретичного опису, предметом аналізу та основою для реалізації математичної моделі.

Для того, щоб загальна формальна схема, наведена вище, стала інструментом дослідження, необхідно синтезувати в ній механізм цілеспрямованої роботи елементів системи. При виборі впливів, що управляють, необхідно відобразити всі ті властивості реальної системи управління, які піддаються формалізації. Це функціональна структура підсистем, взаємозв'язок елементів та його об'єктивні характеристики, і навіть ті принципи та умови, які слід брати до уваги під час прийняття рішень у реальній системі.

При цьому наявність невизначеності визначається як відображення  $\mathbf{R}$  реального стану  $\mathbf{H}$  в інформаційному образі системи  $\mathbf{H}^R$

$$\bar{\mathbf{R}} : \{ \mathbf{H} \} \rightarrow \mathbf{H}^R \quad (2)$$

де  $\mathbf{H}^R : \{ \mathbf{S}^R, \mathbf{W}^R, \mathbf{P}^R \}$

Оператор відображення  $\mathbf{E}$ , реалізує аналіз та узагальнення наявної інформації та визначає гіпотезу про стан системи

$$\mathbf{E} = \{ \mathbf{H}^R, \mathbf{J} \} \rightarrow \mathbf{H}^J \quad (3)$$

$\mathbf{J} = \{ \mathbf{J}_i(\mathbf{r}_i) \}$  - поінформованість про елементи системи та їх взаємозв'язок - гі

Таким чином, послідовність відображень  $\bar{\mathbf{R}}, \bar{\mathbf{E}}$

$$\bar{\mathbf{R}} : \{ \mathbf{H} \} \rightarrow \mathbf{H}^R$$

$$\bar{\mathbf{E}} : \{ \mathbf{H}^R, \mathbf{J} \} \rightarrow \mathbf{H}^J$$

визначають на основі наявної інформації передбачуване стан системи, на основі якого вибирають керуюче рішення

$$\mathbf{C} : \{ \mathbf{H}^J, \mathbf{V}_0 \} \rightarrow \mathbf{V}_i \quad (4)$$

$\mathbf{V}_0$  - координуючий, директивний керуючий вплив.

Вибір проводиться з різних варіантів декомпозиції і з усіх альтернатив вибирається оптимальний варіант.

Схема дає загальну ідею побудови формальної теорії синтезу управлінь та дозволяє будувати практичні методи математичного моделювання складних систем. Вибір критеріїв та обмежень відповідає вибору факторів та характеру дій, за допомогою яких досягається виконання завдань.

**Висновки.** В результаті проведеного дослідження встановлено, що залежність управляючих впливів від достовірності гіпотез відбиває найважливіше властивість системи управління - адаптацію, як дозволу невизначеності. Ця властивість систем керування робить їх гнучким, чутливим інструментом керування будь-якою складною системою.

#### Перелік посилань:

1. Салімов Р.М. Управління процесами технічного обслуговування авіаційної техніки на основі сучасних інформаційних технологій: дисертація канд. техн. наук: 05.22.20. – Київ. міжн. унів. цив. авіації, Київ, 2000 - 74 с.

2. Козлов О.А., Гатушкін О.А., Чехаровський І.Т. Оптимізація режиму обслуговування авіаційної техніки. У сб. Моделювання у забезпеченні безпеки польотів, К.: КПЦА, 1987, 131-138 с.

3. Салімов Р.М. Морозова І.В., Плуговий А.О. Нові технології підтримки льотної придатності повітряних суден АВІА-2023: матеріали XVI міжнар. наук.-техн. конф. (м. Київ, 18–20 квітня 2023 р.). К., 2023. С. 4.4-4.7.

4. Digital twins for aircraft maintenance and operation: A systematic literature review and an IoT-enabled modular architecture

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542660523003141>

<sup>1</sup> Магістрант 1 курсу Харченко Я.Г.; <sup>1</sup> Магістрант 1 курсу Коваленко А.В.

<sup>1</sup> Доц., к.т.н. Кривоносенко О.П.

<https://scholar.google.com/citations?user=ksSb-W8AAAAAJ&hl=uk>

<sup>1</sup> Національний авіаційний університет

## ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МУЛЬТИКОПТЕРІВ ПРИ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ВІТРОГЕНЕРАТОРІВ

**Постановка проблеми та її актуальність:** розширення застосування штучного інтелекту в останній час призвело до популізації та використання майже у всіх галузях життя людини, тому я вважаю доцільним використати його для аналітики мультикоптерів для прикладу я взяв порівняння трикоптера та квадрокоптера. Це два типи багатороторних літальних апаратів, які використовуються для виконання різних завдань, включаючи доставку електрообладнання, моніторинг стану вітрогенераторів, агрокультуру та ін. (Рис. 1).

**Аналіз останніх досліджень:** для створення аналітики можна використовувати різноманітні штучні інтелекти. Одним із поширених штучних інтелектів є GPT.



Рисунок 1 – Класифікація алгоритмів штучного інтелекту

Загальна структура вирішення запиту наступна. Зрозуміння запиту - штучний інтелект аналізує введений текст, щоб зрозуміти його семантику, наміри та контекст. Обробка інформації - після опрацювання запиту штучний інтелект оброблює інформацію, використовуючи алгоритми обробки природної мови (Natural Language Processing, NLP), які допомагають розібратися в тексті та винести ключову інформацію. Аналіз контексту: штучний інтелект враховує контекст запиту, щоб надати більш точну та зрозумілу відповідь. Це може включати урахування попередніх запитів або інформації, яку користувач надавав раніше. Генерація відповіді - за допомогою алгоритмів генерації тексту створює відповідь на запит. Ця відповідь може бути у вигляді прямої відповіді на запитання, пояснення або розгорнутої відповіді на певне запитання. Видача відповіді - згідно з вказівками, які програміст надав, виводить відповідь для користувача у відповідному форматі.

**Формулювання мети:** порівняння їх ефективності є важливим завданням, оскільки воно може допомогти вибрати найкращий тип літального апарату для застосування при моніторингу стану вітрогенераторів. Для такого аналізу візьмемо складний штучний інтелект.

**Основна частина:** при програмному аналізі шляхом моделювання штучний інтелект показав різницю в стабільності мультикоптерів (Рис. 2,3).

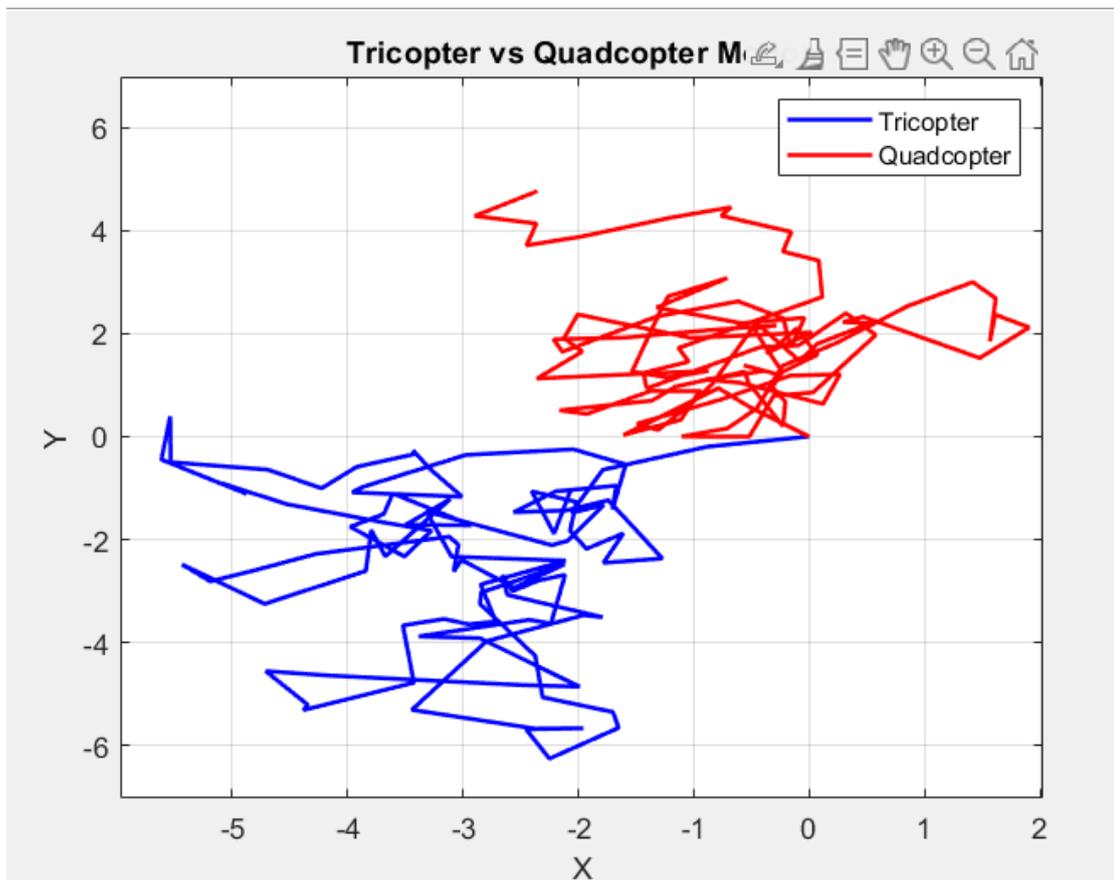


Рисунок 2 – Різниця в керованості трикоптера і квадрокоптера за однакових умов

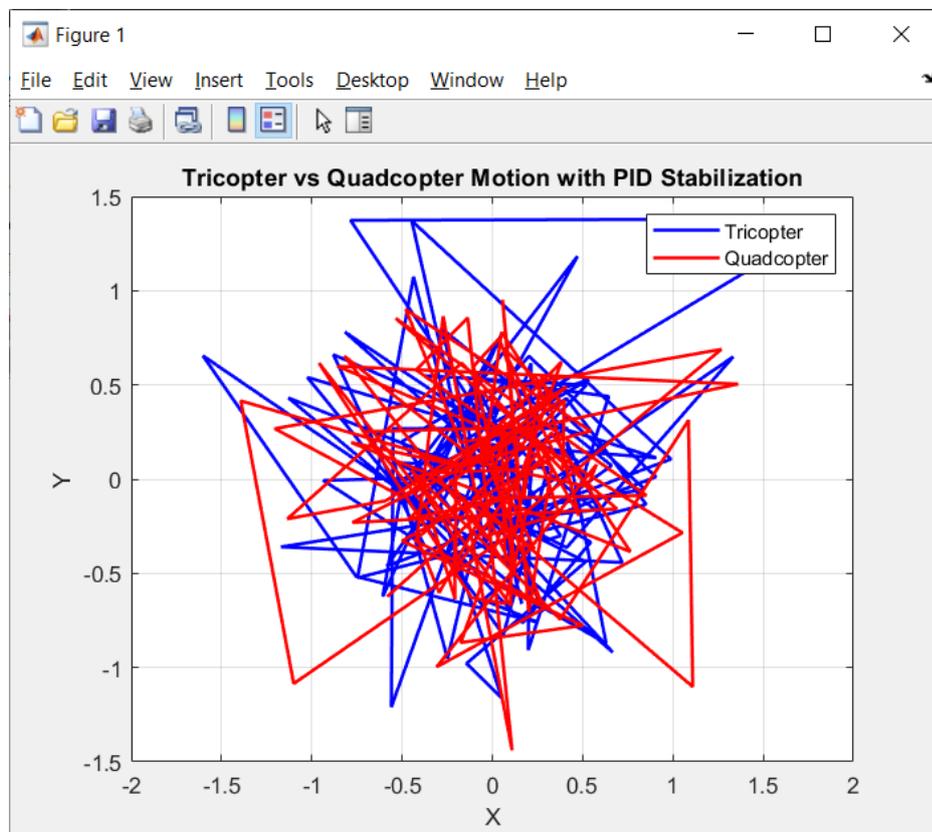


Рисунок 3 – Різниця в керованості з використанням PID регулятора

Аналіз відповідей, які надав штучний інтелект, дозволив зробити наступні висновки: у квадрокоптерах керування тангажу та крену досягається шляхом зміни швидкості пар електродвигунів (передні/задні або ліві/праві). Кожна пара двигунів обертається в протилежних напрямках, створюючи крутний момент, який нахиляє літальний апарат в потрібному напрямку. Алгоритми керування PID регулятора зазвичай використовуються для стабілізації кутів тангажу та крену шляхом регулювання швидкості двигунів електроприводів на основі різниці між бажаним і фактичним кутами. Трикоптери зазвичай використовують комбінацію нахилу двигуна та диференціальної тяги для стабілізації тангажу та крену. Задній мотор встановлений на сервомеханізмі, який дозволяє йому нахилитися, забезпечуючи керування кутом тангажу. Алгоритми стабілізації трикоптерів повинні враховувати ці механізми, що часто вимагає більш складних стратегій управління в порівнянні з квадрокоптерами.

Керування кутом рискання в квадрокоптерах досягається шляхом зміни швидкості обертання двигунів у протилежних напрямках (наприклад, за годинниковою стрілкою та проти годинникової стрілки). ПІД-контроль використовується для стабілізації кута рискання шляхом регулювання швидкості двигуна на основі різниці між бажаним і фактичним кутами рискання. Контроль рискання в трикоптерах зазвичай досягається шляхом нахилу заднього двигуна за допомогою сервомеханізму. Диференціальна тяга між передніми двигунами також сприяє зміні кута рискання. Алгоритми стабілізації положення трикоптерів повинні керувати сервомеханізмом і координувати розподіл тяги між двигунами для стабільного керування кутом рискання. Алгоритми систем керування як квадрокоптерів, так і трикоптерів зазвичай використовують для стабілізації алгоритми ПІД-управління. Трикоптери можуть вимагати додаткової логіки для управління сервомеханізмом і диференціальною тягою для стабільного польоту. Як і квадрокоптери, так і трикоптери використовують схожі алгоритми стабілізації, такі як PID-контроль, конкретні стратегії управління та механізми досягнення стабілізації відрізняються між двома типами літальних апаратів через їх унікальні конфігурації та динаміку. Трикоптери, з їх механізмом нахилу і диференціальною тягою, часто вимагають більш складних стратегій управління в порівнянні з квадрокоптерами.

**Висновки:** у підсумку, використання штучного інтелекту допомагає проаналізувати ефективність трикоптера в порівнянні з квадрокоптером. Зазначимо, що для виконання завдання моніторингу вітрогенераторів краще підходить трикоптер, тому що він має більшу керованість ніж квадрокоптер.

**Перелік посилань:**

1. Artificial Intelligence (AI). URL: <https://www.gartner.com/it-glossary/artificial-intelligence> (дата звернення 11.03.2024)
2. «Recent research progress of unmanned aerial vehicle regulation policies and technologies in urban low altitude». URL: <https://www.icao.int/safety/UA/Documents/UTMFramework%20Edition%202.pdf> (дата звернення 12.03.2024)
3. Nguyen, A.T., Xuan-Mung, N.: «Quadcopter Adaptive Trajectory Tracking Control: A New Approach via Backstepping Technique»/ Nguyen, A.T., Xuan-Mung, N. -- Appl. Sci. 2019, 3873 – 9 с.
4. Олійник А.І., Бурак Н.Є Підходи до використання штучного інтелекту у різних галузях життєдіяльності суспільства : 35:004.896:17.Львів, 2019. 1 с.

<sup>1</sup> Магістрант 1 курсу Чупров В.В.

<sup>1</sup> Доц., к.т.н. Кузьменко І.М.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=NWuNp7oAAAAJ&hl=uk>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## РОЗРОБКА ЗАСТОСУНКУ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПОДАЧІ ЕЛЕКТРОННИХ ЗАЯВОК

**Постановка проблеми та її актуальність.** У сучасному світі цифровізація глибоко проникає у всі сфери нашого життя, особливо у державний сектор, де вимоги до ефективності та доступності сервісів постійно зростають. Актуальність розвитку інструментів для автоматизації процесів, зокрема подачі електронних заявок, обумовлена необхідністю поліпшення інтерактивності між державою та громадянами, зниженням паперового документообігу та збільшенням прозорості і швидкості обробки заявок.

**Аналіз останніх досліджень.** Сучасні дослідження в області цифрової трансформації показують, що впровадження автоматизованих систем значно покращує ефективність державних послуг. Старі методи збереження даних за допомогою POST-запитів традиційно використовуються у веб-формах для відправлення даних на сервер. Коли користувач натискає кнопку "відправити" на формі, дані відправляються на сервер за допомогою POST-запиту, після чого відбувається повторне завантаження сторінки з новими або оновленими даними. Кожен POST-запит викликає повне оновлення сторінки, що може бути повільним і призводити до втрати контексту користувача а також мусить чекати, поки сторінка повністю перезавантажиться, що знижує ефективність взаємодії. У даному програмному рішенні використовуються AJAX запити, що дозволяє виконувати асинхронні запити до сервера без необхідності оновлення цілої сторінки. Це означає, що дані можуть бути відправлені на сервер та отримані від нього в фоновому режимі, без переривання роботи користувача, що призведе до зменшення необхідності передачі даних між клієнтом і сервером, що покращить загальну продуктивність [1].

**Формулювання мети.** Метою цієї роботи є розробка клієнт-серверного застосунку для автоматизації процесу подачі електронних заявок з використанням технології динамічного оновлення даних AJAX, який би спростив взаємодію між громадянами та державними структурами, забезпечив би швидке та безпечне опрацювання заявок, та підвищив загальну доступність та ефективність надання онлайн послуг.

**Основна частина.** Архітектура проекту.

В центрі розробленої системи стоїть клієнт-серверна архітектура (рис 1), яка дозволяє чітко розділити обробку даних і користувацький інтерфейс. Клієнтська частина, реалізована за допомогою HTML, CSS та JavaScript, забезпечує інтуїтивно зрозумілий і зручний інтерфейс [2]. Застосування фреймворка React або Vue може додати динамічності та сучасних веб-стандартів [3]. Серверна частина, реалізована на PHP із використанням фреймворку MVC CodeIgniter 3, забезпечує надійне та безпечне управління даними, обробку бізнес-логіки та взаємодію з базою даних.

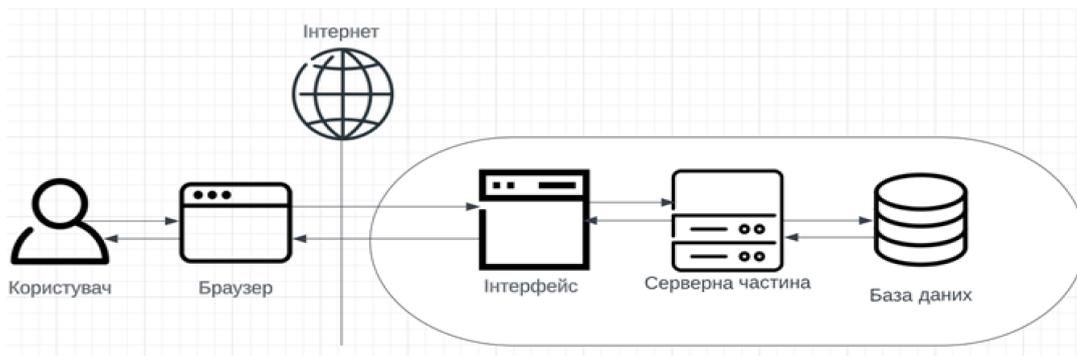


Рисунок 1 - Клієнт-серверна архітектура проекту

База даних та управління даними.

База даних слугує основою для зберігання всіх необхідних інформаційних ресурсів застосунку, включаючи дані користувачів, шаблони документів та історію заявок. Використання реляційної бази даних MySQL або PostgreSQL забезпечує високий рівень гнучкості та ефективності при роботі з даними [4]. Нормалізація бази даних і впровадження системи індексації покращують швидкість запитів та запобігають дублікації даних.

Методи передачі даних.

Важливим аспектом системи є ефективна та безпечна передача даних між клієнтом та сервером. Використання HTTP і HTTPS протоколів з методами запитів GET для отримання даних та POST для їх відправлення забезпечує стандартний механізм взаємодії. Для підвищення ефективності та зниження затримок можуть застосовуватися асинхронні запити AJAX та технологія WebSockets, що дозволяє забезпечити двосторонній обмін даними в реальному часі без необхідності перезавантаження сторінки [5].

Технологічний стек.

Обраний для проекту технологічний стек включає в себе сучасні та надійні інструменти. JavaScript, зокрема фреймворки React або Vue, використовуються для створення динамічного клієнтського інтерфейсу [6]. PHP і фреймворк CodeIgniter 3 слугують для реалізації серверної логіки. jQuery використовується для спрощення роботи з DOM та асинхронних запитів. SQL використовується для створення запитів до бази даних, а CSS3 та HTML5 забезпечують сучасний та адаптивний дизайн.

**Висновки.** Розроблений клієнт-серверний застосунок для автоматизації подачі електронних заявок демонструє значні переваги у забезпеченні ефективності та доступності державних послуг. Використання сучасних технологій та методологій дозволяє забезпечити швидке та безпечне опрацювання заявок, поліпшуючи взаємодію між громадянами та державою.

**Перелік посилань:**

1. Swedberg, K., Chaffer, J. Learning jQuery: Better Interaction Design and Web Development with Simple JavaScript Techniques / Karl Swedberg, Jonathan Chaffer – Packt Publishing, 2013. – 428 с.
2. Casimir Saternos. Client-Server Web Apps with JavaScript and Java / Casimir Saternos – O'Reilly Media, 2014. – 304 с.
3. Mario Casciaro. Node.js Design Patterns / Mario Casciaro – Packt Publishing, 2020. – 526 с.
4. Luke Welling. PHP and MySQL Web Development / Luke Welling – Addison-Wesley, 2016. – 688 с.
5. Sam Newman. Building Microservices: Designing Fine-Grained Systems / Sam Newman – O'Reilly Media, 2015. – 280 с.
6. Addy Osmani. Learning JavaScript Design Patterns / Addy Osmani – O'Reilly Media, 2012. – 254 с.

<sup>1</sup> Аспірант 2 курсу Кардашов О.В.

<sup>1</sup> Проф., д.т.н. Аушева Н.М.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=KSRtRI4AAAAJ&hl=uk>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ВИЗНАЧЕННЯ ПЛОЩ, ПРИДАТНИХ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ ВІТРОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ УСТАНОВОК

**Постановка проблеми та її актуальність.** Розвиток сучасних способів виробітку електроенергії переважно направлено на масштабне застосування альтернативних джерел енергії, таких як вітрові електростанції (ВЕС). Вітроенергетика є одним з найбільш економічно ефективних видів відновлюваної енергії [1]. Оскільки є обмеження у розміщенні ВЕС, пов'язані із природними та соціально-економічними чинниками, то є доцільним визначення площ, доступних для генерації електроенергії за допомогою ВЕС в Україні. Проблема визначення придатних ділянок для розміщення ВЕС полягає у відсутності систематизації комплексу чинників, що обмежують такі ділянки, а саме – проблема співставлення даних з різних джерел та різних форматів, проблема оцінки точності даних, що полягає в актуальності карт вітрів, кадастрових ділянок, карт автомобільних доріг, та інших типів даних, необхідних під час аналізу доступних ділянок.

**Аналіз останніх досліджень.** Значна частина України має сприятливі умови для виробництва електроенергії сучасними вітровими електростанціями з високим ступенем ефективності, передусім південні та гірські регіони держави: це узбережжя Чорного та Азовського морів і високогір'я Карпат, Подільська височина, Донецька височина, а також Кримський півострів [2]. Окрім карти вітрів, вітроенергетичний потенціал залежить від сукупності декількох природних чинників: рельєфу, рослинного покриву та наявності водних об'єктів [3]. Спеціалізовані геоінформаційні системи (ГІС) вітроенергетики спрямовані на визначення прогностичного виробітку вітроенергетичного потенціалу у конкретному місці встановлення вітротурбіни [4]. З метою виділення територій, на яких розвиток вітроенергетики є неможливим через дію певних обмежуючих факторів, використовуються інструменти побудови буферних зон та зонування перетинів з картографічними шарами даних (віднімання, додавання, накладання, об'єднання) за допомогою геоінформаційного комплексу програмних продуктів ArcGIS [4].

**Формулювання мети.** Метою роботи є визначення ділянок розміщення ВЕС шляхом співставлення різноманітних даних з карт вітрів, рельєфу, природних та рукотворних об'єктів, берегової лінії.

**Основна частина.** Для оцінки доступної площі для розміщення ВЕС необхідно визначити зони для проведення аналізу. Територія, що включається до моделі розрахунків – кожна з адміністративних областей України, включаючи акваторію.

На доступність певної ділянки впливають не лише природні чинники та об'єкти, такі як середня швидкість вітру, рельєф та водні об'єкти, а й соціальна та економічна інфраструктура – ділянки сільгоспугідь, території міст та автомобільні дороги. Кожен з подібних об'єктів, окрім своєї території, має буферну зону на якій забороняється ведення певних видів економічної діяльності, зокрема, розміщення ВЕС. Початковою задачею є визначення буферних зон для таких об'єктів, з врахуванням світового досвіду з впровадження норм буферних зон об'єктів різного типу у законодавство країн.

Під час розрахунку доступної території для встановлення ВЕС необхідно враховувати розташування наступних об'єктів та відповідних їм буферних зон, що застосовуються у європейському законодавстві [5]:

Таблиця 1 – Об'єкти та буферні зони, що обмежують доступну територію суходолу

Обмеження для суходолу	Буферна зона
Схили крутизною понад 30°	-
Абсолютні висоти понад 2 км	-
Водні об'єкти	0 – 1000 м
Населені пункти	0 – 3000 м
Автомобільні дороги	60 – 500 м
Залізничні дороги	60 – 500 м
Електростанції та підстанції	0 – 1000 м
Лінії електропередачі	60 – 250 м
Об'єкти природно-заповідного фонду	0 – 2000 м
Ліси	0 – 500 м
Гірничо-добувні ділянки	0 – 3000 м
Національний кордон	3 – 50 км

Буферні зони навколо об'єктів з вищезазначеного переліку можуть мати не сталу величину. Наприклад, зона весняних паводків для різних річок на території України не є однаковою, а отже, і доцільність однакових обмежень щодо буферної зони для водних об'єктів різного масштабу повинна бути врахована у процесі визначення придатних ділянок. Так само, як і буферні зони таких об'єктів як автомобільні дороги та залізниці, лінії електропередач мають невелику буферну зону, що може повністю поглинатися стандартною відстанню в 500 метрів між рядами вітрогенеруючих установок в рамках однієї ВЕС.

Окремі обмеження стосуються ділянок, розташованих в акваторії України. Особливістю роботи з нею є необхідність включення до аналізу карти глибин, оскільки від цього показника залежить тип встановлюваних вітрогенеруючих установок – або стаціонарних, або плавучих. До обмежень акваторії відносять:

- відступ від берегової лінії;
- судноплавні коридори;
- об'єкти природо-заповідного фонду;
- шляхи міграції птахів;
- нафтові та газові платформи.

Принцип аналізу доступної площі для розміщення ВЕС засобами геоінформаційних систем, таких як ArcGIS, полягає у винесенні даних про окремий обмежуючий чинник на окремий шар карти в рамках однієї області. Дані про положення об'єктів можуть або імпортуватися з джерел, або визначатися самостійно. До відомого положення обмежуючих зон об'єктів додається відповідна об'єкту буферна зона. Таким чином отримується багатокутна область на окремому шарі, що виділяє зони, непридатні для розміщення вітрогенеруючих установок за певною ознакою. Процес створення багатокутних областей повторюється для кожного обмежуючого чинника. У результаті отримується багатшарова карта котра містить виділені непридатні ділянки, що перетинаються між собою (Рис. 1).

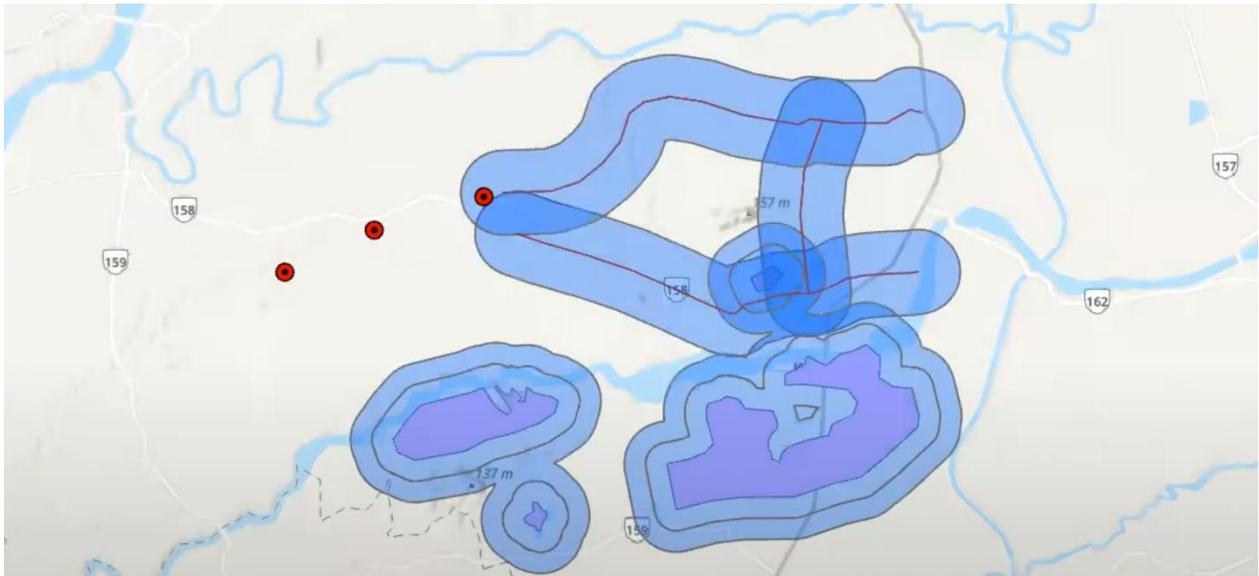


Рисунок 1 – Багатокутна область шарів буферних зон автомобільних доріг і лісів

Якщо є відомими недоступні ділянки території та акваторії, то наступним етапом у визначенні придатних площ для розміщення ВЕС є співставлення карти доступних зон з картою вітрів. Від показників середніх швидкостей вітру залежить як тип вітрогенераторів, які можна встановити, так і доцільність їх розміщення в цілому. Важливим фактором для точності оцінки середньорічного виробітку електроенергії є актуальність даних карти вітрів, та детальний датасет, що покриває усю необхідну територію.

Дані про середню швидкість вітру також подаються у вигляді окремого шару в систему. Серед доступних ділянок для розміщення необхідно виокремити зони з найкращим розподіленням вітрових потоків, після чого об'єднати усі шари у фінальну карту доступних зон. В залежності від показників швидкості вітру та доступної зони, обирається тип та кількість вітрогенераторів, котрі доцільно розміщувати у цій зоні. Масштабуючи цей процес на територію України, можна визначити площі, доступні для розміщення вітрових електричних установок.

**Висновки.** Отже, наявність даних про доступні зони для розміщення ВЕС в Україні є актуальною задачею в умовах стрімкого зростання відновлювальної енергетики у світі. Під час процесу визначення доступних площ для вітрогенерації, необхідно опиратися на точність та актуальність вхідних даних.

#### **Перелік посилань:**

1. Grogg K. Harvesting the Wind: The Physics of Wind Turbines. Carleton College. 2005.
2. Гаднадь І., Тар К., Молнар Й. Сучасний стан та перспективи розвитку вітрової енергетики у світі, Європі та в Україні, зокрема на Закарпатті. Інститут географії НАН України. 2020. С. 59–70.
3. Волковая О., Третьяков О., Черваньов І. Моделювання вітрового потенціалу локальної ділянки лісостепу для потреб вітроенергетики з використанням гіс-технологій. Український географічний журнал. 2015. № 4. С. 10–16.
4. Агапова О. Л. Картографування для потреб альтернативної енергетики в Україні : Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата географічних наук. Харків, 2016. 230 с.
5. McKenna, Russell, et al. High-resolution large-scale onshore wind energy assessments: A review of potential definitions, methodologies and future research needs. Renewable Energy. Vol. 182. 2022. P. 659-684.

<sup>1</sup> Магістрант 2 курсу Клоков А.Р.

<sup>1</sup> Проф., д.т.н. Аушева Н.М.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=KSRtRI4AAAAJ&hl=uk>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ФОРМУВАННЯ ЛІНГВІСТИЧНИХ ЗМІННИХ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОТРЕБ НАСЕЛЕННЯ

**Постановка проблеми та її актуальність.** На сьогоднішній день ми спостерігаємо активну автоматизацію багатьох процесів енергетичного сектору, таких як моніторинг та діагностика, управління енергопостачанням й енергоефективністю, прогнозування попиту на енергію та її виробництво. Проте для роботи систем, які беруть на себе виконання вище згаданих задач, є необхідність у вхідних даних, які не завжди відповідають вимогам однозначності. До таких даних належить опис погодних умов, потреб у енергії, технічні параметри електростанцій, економічні параметри тощо. Для роботи з ними нам треба використати інструмент, який би міг оперувати неоднозначністю й розмитістю в інформації.

**Аналіз останніх досліджень.** Як показують дослідження, з нечіткістю працюють у першу чергу серед відновлювальних джерел енергії. У сонячній і вітроенергетиці широко використовуються контролери нечіткої логіки FLC [1]. Також відомо, що у галузі сонячної енергетики нечітка модель скорочує час оцінки продуктивності та прогнозує результати швидше, ніж будь-які інші когнітивні методи [2].

**Формулювання мети.** Метою даної роботи є знаходження рішення для роботи з нечіткістю інформації, яка зустрічається у деяких даних. Це дозволить більш ефективно працювати у змінних умовах, приймати рішення у ситуаціях невизначеності, моделювати думки експертів.

**Формулювання мети.** Для створення 3D-моделей за допомогою сітки з кривими Безьє можна використовувати різноманітні техніки. Одним із поширених прийомів є створення кривої Безьє, з подальшим її екструдювання вздовж контуру для створення поверхні.

**Основна частина.** Важливим аспектом забезпечення благополуччя будь-якої держави є задоволення енергетичних потреб населення. При їх визначенні можуть застосовуватись різні підходи, які включають аналіз різних рівнів географічного поділу та адміністративного устрою. Найбільш розповсюджені з них аналізи національного, регіонального та секторного рівнів. Перший охоплює потреби та можливості країни на загальному національному рівні, другий – на рівні окремих областей та регіонів, третій – на рівні окремих секторів економіки, таких як промисловість, транспорт, сільське господарство і т.д.

Розглянемо методи, які застосовуються для визначення енергетичних потреб країни на цих рівнях. До найбільш розповсюджених належать статистичний аналіз даних, імітаційне моделювання, експертні системи, методи оптимізації та нечітка логіка (НЛ). Кожен з цих методів має свої переваги та обмеження, і їх вибір залежить від конкретної ситуації та завдань. У даній роботі розглянемо використання нечіткої логіки, яка використовується для моделювання нестрогих концепцій та урахування розмитості у визначенні енергетичних потреб та умов. Вона дозволяє ефективно працювати з нечіткими або невизначеними даними, що є частим явищем у галузі енергетики.

Створимо невелику систему для визначення енергетичної недостачі на рівні області із застосуванням НЛ. Рівень енергетичної недостачі і буде вихідною лінгвістичною змінною. Вхідними ж будуть кількість населення, приріст населення, поточний рівень енергоспоживання, поточний рівень енерговиробництва та енергетичний резерв. Для

кожної лінгвістичної змінної було визначено множину термів, їх область визначення та функцію належності [3].

Ще одним важливим аспектом є вибір методу нечіткого логічного виведення. Оберемо для цього алгоритм Мамдані через те, що він є універсальним та класичним. Принцип його роботи наступний:

1. Фазифікація. Вхідні дані, які є чіткими, перетворюються на нечіткі. Це робиться за допомогою функцій належності, які надають нечіткий опис вхідним даним.

2. Агрегування. Значення нечітких функцій належності для кожної умови кожного правила об'єднуються в єдине значення. Це робиться за допомогою операції агрегування, яка визначає, як об'єднати кілька нечітких значень в одне. Використаймо для цього операцію найменшого верхнього перетину (LUS), яка визначає, що вхідне значення відповідає умові правила, якщо воно відповідає хоча б одній з нечітких функцій належності для цієї умови.

3. Активізація. Визначається, які правила активуються. Правило активується, якщо значення функції належності для його умови є більше або дорівнює певному порогу. Цей поріг називається порогом активації.

4. Акумуляція. Обчислюється ступінь активації кожного активованого правила. Ступінь активації правила визначається як добуток значення функції належності для його умови та порога активації.

5. Дефазифікація. Результуючий висновок обчислюється як сума ступенів активації всіх активованих правил, зважених їх відповідними вагами. Ваги правил визначаються експертом і використовуються для того, щоб врахувати важливість кожного правила.

Схематично роботу алгоритму Мамдані зобразимо на рис. 1.

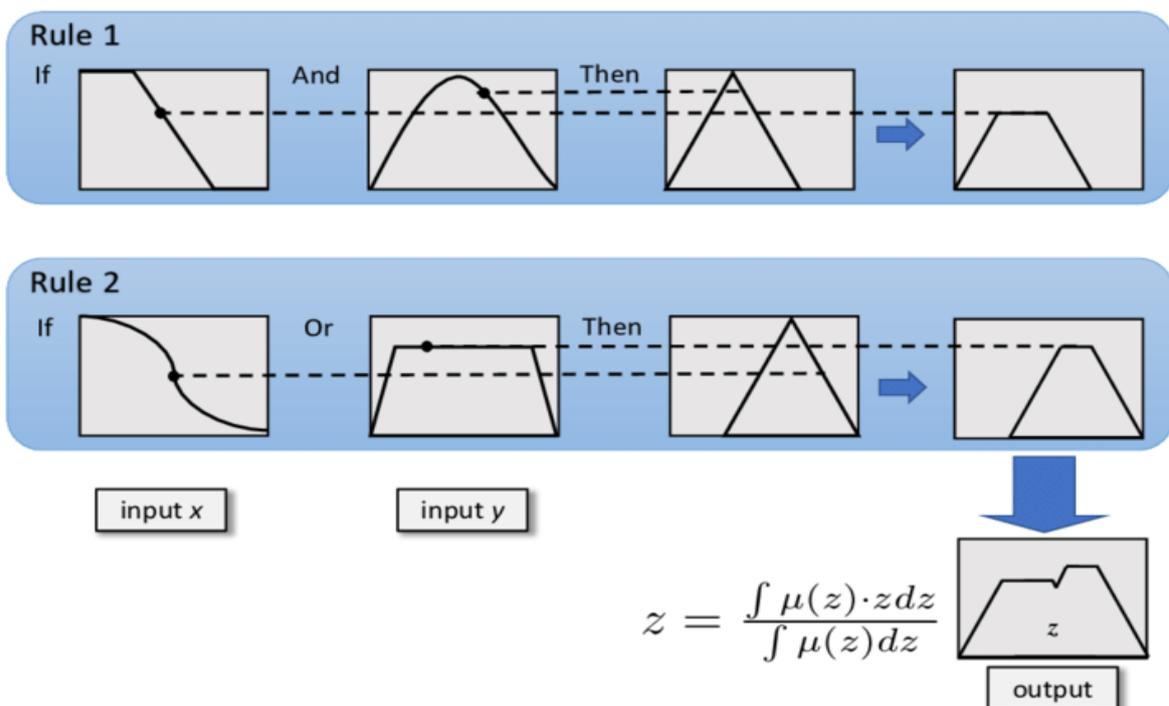


Рисунок 1 – Нечітке логічне виведення за алгоритмом Мамдані [4]

Для реалізації роботи використаємо пакет прикладних програм для числового аналізу MATLAB. Схематично зобразимо нашу систему на рис. 2. Набори даних для тестування та його результати наведемо у вигляді табл. 1.

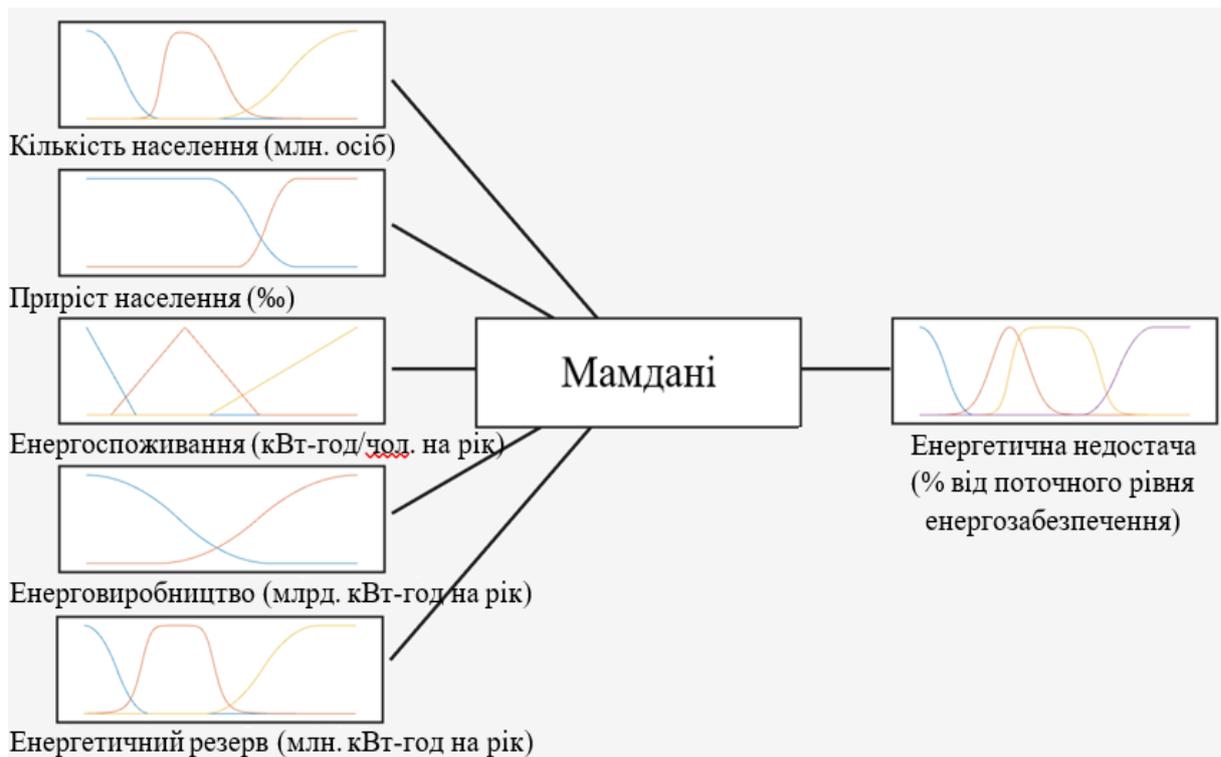


Рисунок 2 – Загальна концептуальна схема системи визначення енергетичних потреб області

Таблиця 1 – Результати тестування у табличному вигляді

Кількість населення (млн. осіб)	Приріст населення (%)	Поточний рівень енергоспоживання (кВт-год/чол. на рік)	Поточний рівень енерговиробництва (млрд. кВт-год на рік)	Енергетичний резерв (млн. кВт-год. на рік)	Енергетична недостача (% від поточного рівня)
1	-1	1000	650	1200	1.5
2	3	2500	400	400	5.5
3.5	6	4000	500	300	9
5	10	6000	250	100	13

**Висновки.** У результаті виконання роботи було визначено рівні та методи, які застосовуються для визначення енергетичних потреб населення. Також було реалізовано один з них, а саме – нечітку логіку, описані переваги її використання, принцип роботи та проведені тести, які показали адекватність результатів.

**Перелік посилань:**

1. L. Suganthi, S. Iniyan, Anand A. Samuel, Applications of fuzzy logic in renewable energy systems – A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 48, August 2015, Pages 585-607.
2. M Sridharan, Short review on various applications of fuzzy logic-based expert systems in the field of solar energy, *International Journal of Ambient Energy*, Volume 43, 2022 - Issue 1.
3. Ansari A. Q., Islamia J. M. The basics of fuzzy logic: A tutorial review *COMPUTER EDUCATION-STAFFORD-COMPUTER EDUCATION GROUP*-. – 1998. – Т. 88. – С. 5-8.
4. Alejandro Santiago, Bernabe Dorronsoro, Antonio Jesús Nebro, Juan José Durillo, Oscar Castillo, Héctor Joaquín Fraire-Huacuja, A Novel Multi-Objective Evolutionary Algorithm with Fuzzy Logic Based Adaptive Selection of Operators: FAME, *Information Sciences*, Volume 471, January 2019, Pages 233-251.

<sup>1</sup> Аспірант 2 курсу Софієнко А.Ю.

<sup>1</sup> Доц., к.т.н. Шаповалова С.І.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=biglE98AAAAJ&hl=en>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ПОСІДНАННЯ ВЕНДОРНИХ LLM ТА TF-IDF ДЛЯ КАТЕГОРИЗАЦІЇ TELEGRAM-КАНАЛІВ БЕЗ ВЧИТЕЛЯ

**Постановка проблеми та її актуальність.** На сьогодні найбільш популярним напрямком досліджень ШІ є обробка природної мови на основі великих мовних моделей (англ. Large Language Models, LLM). Цей клас моделей штучного інтелекту створено на основі глибокого навчання, архітектури Трансформер та механізми Уваги [1]. Велика кількість параметрів та тренування на великих обсягах немаркованих вхідних даних дозволяє LLM генерувати текстові відповіді подібно людським. LLM мають високу продуктивність у різних завданнях обробки природних мов (NLP).

Вважається, що першою LLM є модель GPT-3 (Generative Pre-trained Transformer) [2] розроблена компанією OpenAI у 2020 році. Вона має 175 мільярдів параметрів та вікно контексту в 2048 токенів. Модель демонструє стабільно високі результати в задачах класифікації тексту, використовуючи лише декілька підказок (англ. prompt) чи без них (англ. few-shot та zero-shot learning відповідно).

**Аналіз останніх досліджень.** Тренування LLM вимагає великої кількості даних та обчислювальних ресурсів. На сьогодні у відкритому доступі наявна обмежена кількість попередньо натренованих моделей. Серед них лише декілька з частковою підтримкою української мови, наприклад: Llama [3], mGPT [4], Gemma [5]. Проте, через велику кількість параметрів, локальний запуск наявних моделей потребує непересічних апаратних ресурсів комп'ютера. Наприклад, генерація відповіді найменшою версією моделі Gemma на 2.5 мільярда параметрів потребує 8Гб відеопам'яті та хвилинної затримки.

Для швидкої та якісної обробки великих об'ємів інформації можна скористатися комерційними продуктами, наприклад Gemini [6] чи ChatGPT API [7]. Вендори використовують LLM, які треновані на закритих наборах даних великого об'єму, мають значно більшу кількість параметрів та взаємодіють з внутрішніми пошуковими базами інформації з мережі інтернет. Результатом є згенерований текст зі значно більшою інформативністю та граматичною коректністю. Використання компаніями спеціалізованого обладнання та клопітлива оптимізація дозволили значно скоротити час генерації відповідей вбудованою нейромережею. Проте, такий підхід вартісний, доступ до API тарифікується за кількістю вхідних та згенерованих токенів тексту. Хоча швидкість роботи комерційних мереж значно вище локальних LLM вона недостатня для роботи в псевдореальному часі. Обробка великої кількості інформації потребуватиме значних грошових ресурсів та відбуватиметься з відчутною затримкою.

**Формулювання мети** - розробити підхід мета-навчання класифікатора тематики Telegram-каналів за результатами роботи LLM.

**Основна частина.** Інструментарії виокремлення інформації з текстів, що базуються на зваженій мірі важливості слова для документа в колекції TF-IDF [8] (англ. Term Frequency-Inverse Document Frequency) відігравали ключову роль в NLP до популяризації глибоких нейронних мереж для обробки послідовностей та появи архітектури Трансформер з механізмами Уваги. Згідно з дослідженнями [9] у 2015 році 83% текстових пошуково-рекомендаційних систем використовували метрику TF-IDF. Хоча методи на основі TF-IDF є простими та ефективним для більшості завдань NLP, проте вони мають свої недоліки. Робота за принципом мішка слів (англ. bag-of-words) ігнорує порядок слів, в результаті чого

ігноруються фрази та складні словосполучення. Не враховується семантика та контекст інформації. Також TF-IDF є чутливим до шуму – рідкісні слова, що не додані до списку стоп-слів мають високе значення компонентів IDF та отримують завищене значення важливості в документі.

Доцільно використати потенціал комерційних LLM при цьому мінімізувавши витрати та збільшити швидкість роботи застосувавши алгоритмічний підхід, що ґрунтується на мірі TF-IDF.

У даному проєкті було використано датасет з 26 тисяч Telegram-каналів та 24 мільйони повідомлень з платформи Telegram. Приклади містили різноманітну тематику повідомлень. Було проведено попередню обробку текстів, визначено мови текстових повідомлень, виділені значущі слова за словником. Проведено тренування TF-IDF та виділено 7 мільйонів слів-ознак. За допомогою наявної моделі було виділено 200 топ статистично значущих ключових слів.

Створений список ключових слів Telegram-каналів був використаний як вхід для моделі на сервісі Google Gemini. Була сформована промт-підказка для LLM, що генерує на основі переданих ключових слів короткий опис ресурсу, його тематику та відповідні ключові слова, що вказують на тематику. Виділено слова, що є нерелевантними до цієї тематики та шум – слова, що не несуть інформаційної користі. Передбачення LLM дозволило не передавати всі повідомлення з каналів, зменшивши витрати.

Виділені LLM тематики та відповідні значущі слова надалі будуть використані для створення компактної моделі машинного навчання, що зможе проводити швидко класифікацію без участі великих мовних моделей.

#### **Висновки:**

1. Проведено порівняння відкритих локальних та вендорних LLM моделей.
2. Проведено порівняння LLM та TF-IDF підходу вирішення задач NLP.
3. Поєднано використання вендорної LLM та підходу TF-IDF для категоризації Telegram-каналів без вчителя, що дозволило зменшити собівартість обробки великих масивів даних.
4. Запропоновано підхід мета-навчання класифікатора за результатами роботи LLM для категоризації майбутніх даних.

#### **Перелік посилань:**

1. Vaswani A., Shazeer N., Parmar N., Uszkoreit J., Jones L., Gomez A. N., Kaiser L., Polosukhin I. Attention Is All You Need. 2017. DOI:1706.03762
2. Brown T. Mann B. Ryder N. Subbiah M. Language Models are Few-Shot Learners. 2020. DOI:10.48550/arXiv.2005.14165
3. Touvron H, Lavril T, Izacard G, Martinet X. LLaMA: Open and Efficient Foundation Language Models. 2023. DOI:10.48550/arXiv.2302.13971
4. Shliazhko O, Fenogenova A., Tikhonova M. mGPT: Few-Shot Learners Go Multilingual. 2022. DOI: 10.48550/arXiv.2204.07580
5. Banks J. Gemma: Introducing new state-of-the-art open models. URL:<https://blog.google/technology/developers/gemma-open-models>
6. Anil R, Borgeaud S., Wu Y, Alayrac J. Gemini: A Family of Highly Capable Multimodal Models. 2023. DOI:10.48550/arXiv.2312.11805
7. ChatGPT 3.5 . URL: <https://chat.openai.com/>
8. Jones K. S A statistical interpretation of term specificity and its application in retrieval *MCB University Press*, 2004. ISSN 0022-0418
9. Breitinger C.; Gipp B; Langer S. Research-paper recommender systems: a literature survey. *International Journal on Digital Libraries*. 2015. DOI:10.1007/s00799-015-0156-0. ISSN 1432-5012. S2CID 207035184

<sup>1</sup> Магістрант 2 курсу Тітов В.М.

<sup>1</sup> Доц., к.т.н. Шаповалова С.І.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=biglE98AAAAJ&hl=en>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ВИЯВЛЕННЯ ТА ВИПРАВЛЕННЯ ПОМИЛОК У РОЗПОДІЛЕНІЙ КОМП'ЮТЕРНІЙ СИСТЕМІ

**Постановка проблеми та її актуальність.** У сучасних комп'ютерних мережах з великою кількістю підключених пристроїв виявлення та виправлення помилок виконання програм стає критично важливою задачею. Проблема полягає в тому, що навіть незначні помилки в роботі програм можуть призвести до серйозних наслідків, таких як зниження продуктивності, втрата даних, або навіть порушення безпеки мережі. Тому створення програмного комплексу для виявлення та виправлення помилок у розподіленій комп'ютерній системі актуальне і має практичну значущість. Для ефективного вирішення цієї **проблеми** необхідно вирішити комплекс взаємопов'язаних задач: **1)** аналіз мережевого трафіку для виявлення аномалій та покращення (стабільної) роботи мережі; **2)** аналіз ресурсів операційної системи для визначення помилок та навантажень у комп'ютерній мережі; **3)** виведення рекомендацій щодо покращення роботи системи.

**Аналіз останніх досліджень.** Для автоматичного виявлення помилок використовують такі спеціальні засоби: статистичні методи аналізу, графічні методи аналізу, методи регресійного аналізу, методи штучного інтелекту. Однак такі засоби ефективні тільки для виявлення та аналізу певних помилок.

**Формулювання мети.** Мета – визначення оптимальних методів виявлення помилок у розподіленій комп'ютерній системі та генерація рекомендацій щодо їх виправлення.

**Основна частина.** *Аналіз мережевого трафіку для виявлення аномалій та покращення (стабільної) роботи мережі.* Сучасний підхід для розв'язання цієї задачі базується на нейромережевих методах. Нейронні мережі LSTM (Long short-term memory) є одним з найбільш ефективних засобів виявлення аномалій у комп'ютерній мережі [1]. Цей засіб використовують для прогнозування навантаження компонентів комп'ютерної мережі, кіберзахисту та інших сферах для виявлення аномалії у багатокомпонентній системі. Нейронні мережі LSTM мають такі переваги для вирішення даної задачі: **1)** ефективність: мережевий трафік зазвичай представляє собою послідовність пакетів чи подій у часі. LSTM оптимально підходить для аналізу таких послідовностей, оскільки вона може ефективно моделювати динаміку трафіку та виявляти шаблони часових залежностей; **2)** здатність виявлення довгострокових залежностей: Оскільки LSTM має механізми пам'яті, вона може виявляти та враховувати довгострокові залежності в мережевому трафіку. Це дозволяє моделі адаптуватися до змін у патернах трафіку та виявляти аномалії, які можуть бути важкими для виявлення іншими методами; **3)** здатність до навчання на великих обсягах даних: LSTM може ефективно навчатися на великих обсягах даних, що можуть бути характерними для задач аналізу мережевого трафіку. Вона може адаптуватися до різноманітних умов та змін в структурі мережі; **4)** гнучкість та розширюваність: LSTM може бути розроблено та налаштовано для вирішення різноманітних завдань аналізу мережевого трафіку. Вона може адаптуватися до різних типів даних та сценаріїв використання, що дозволяє використовувати її в різних ситуаціях та середовищах.

**Аналіз ресурсів операційної системи, помилок та навантаження у комп'ютерній мережі** проводиться з метою оптимізації ресурсів та покращення роботи системи за рахунок виявлення зайвих ресурсів та зниження навантаження на систему. Для вирішення цієї задачі використовують такі підходи: **1)** аналіз часових рядів: використання часових рядів для моделювання та прогнозування динаміки ресурсів та навантаження на

систему; 2) кореляційний аналіз: визначення зв'язків між різними ресурсами та їх взаємовплив на навантаження системи; 3) регресійний аналіз: встановлення залежностей між ресурсами та навантаженням на систему та прогнозування їхнього майбутнього розвитку; 4) кластерний аналіз: групування ресурсів та навантаження на систему за схожими характеристиками для виявлення типових патернів. Для аналізу ресурсів операційної системи, помилок та навантаження у системі, як правило, використовують методи часових рядів, які дозволяють враховувати зміни ресурсів, помилок та навантаження відносно часу. Це дозволяє здійснювати детальний аналіз та прогнозування динаміки цих параметрів у майбутньому.

Для аналізу ресурсів операційної системи, помилок та навантаження у системі можуть бути використані: метод статистичного згладжування Holt-Winters, метод експоненційного згладжування Holt, метод згладжування Калмана [2],[3]. В роботі обрано один з найфективніших методів аналізу часових рядів – метод експоненційного згладжування або метод авторегресії-інтегрованого-колінеарного середнього (ARIMA) [4].

**Виведення рекомендацій щодо покращення роботи системи.** Результати проведеного аналізу за всіма категоріями представляються як факти – зразки для логічної системи виведення. На основі поточних фактів та розроблених правил виводяться висновки щодо дій, необхідних для оптимізації роботи комп'ютерної мережі. Ці висновки є рекомендацією для адміністратора системи. Для реалізації логічного виведення застосовано засіб розробки систем, що базуються на правилах CLIPS [5].

Програмний комплекс виявлення та виправлення помилок у розподіленій комп'ютерній системі реалізовано на мові програмування C#. Компоненти: 1) для аналізу мережевого трафіку - бібліотеки Libpcap та WinPcap (для захоплення та аналізу мережевого трафіку в C++ компонент працює як окремий сервіс); 2) для реалізації алгоритмів LSTM - мова Python та бібліотеки для роботи з нейронними мережами TensorFlow та PyTorch (для прогнозування та виявлення аномалії мережевого трафіку); 3) для аналізу ресурсів операційної системи - мова C++ з бібліотеками Windows.h, pdh.lib, Psapi.lib; 4) метод ARIMA, який реалізован у системі за допомогою бібліотеки Statsmodels у Python; 5) для підтримки функціональності програмного комплексу та виведення рекомендацій - .NET Framework, .NET Core на мові програмування C#.

**Висновки:** 1) визначено методи та засоби розв'язання задачі виявлення та виправлення помилок у розподіленій комп'ютерній системі. Обґрунтовано використання моделі LSTM для аналізу мережевого трафіку; 2) представлено ресурси для створення обраних методів і моделей.

#### **Перелік посилань:**

1. Naheliya B., Redhu P., Kumar K., MFOA-Bi-LSTM: An optimized bidirectional long short-term memory model for short-term traffic flow prediction, Physica A: Statistical Mechanics and its Applications Volume 634, 15 January 2024, 129448

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378437123010038>

2. Coelho D., Costa D., Rocha Eugenio M., Almeida D., S Predictive maintenance on sensorized stamping presses by time series segmentation, anomaly detection, and classification algorithms, Warping, and Cost Volume, Procedia Computer Science Volume 200, 2022, Pages 1184 - 1193

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050922003271>

3. Fulcher Ben D., Little Max A., Jones Nick S., Highly comparative time-series analysis: the empirical structure of time series and their methods 06 June 2013

<https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsif.2013.0048>

4. Singh Lisham.L., Abbas AI. M., Ahmad F., Ramaswamy S., Predicting software bugs using ARIMA model, ACM SE '10: Proceedings of the 48th Annual Southeast Regional Conference April 2010 Article No.: 27 Pages 1–6. <https://dl.acm.org/doi/10.1145/1900008.1900046>

5. Riley G. Adventures in Rule-Based Programming: A CLIPS Tutorial. Kindle Edition, 2022. 200 p. .

<sup>1</sup> Бакалаврант 3 курсу Павліковський М.В.

<sup>1</sup> Асист. Юрченко О.М.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=tybCdT0AAAAAJ&hl=uk>

<sup>1</sup> Національний авіаційний університет

## МЕТОДИКА ОПТИМАЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ ВИХІДНИХ КООРДИНАТ БАГАТОМІРНОГО СТАЦІОНАРНОГО ОБ'ЄКТА

**Постановка проблеми та її актуальність.** У сучасних умовах, коли вимоги до якості (точності) фільтрації перетворення корисної вхідної стохастичної інформації у присутності випадкових завад вимірювань в багатовимірних перетворюючих трактах різного призначення постійно зростають, а динамічні характеристики заданих частин систем що проектуються, а також завад вимірювань точно не визначені, назріло питання щодо створення оптимальних систем.

В процесі вирішення задач аналітичного конструювання систем керування складними динамічними об'єктами (об'єкт стабілізації) необхідно знати реальні динамічні характеристики сигналів, впливів і завад в системі, реальні особливості заданої частини системи. Такі відомості, можливо отримати, в основному, за результатами проведення етапів оцінювання стану об'єкта. Етапи оцінки стану важливі і тому, складають суттєву частину алгоритмів керування складними динамічними об'єктами.

**Аналіз останніх досліджень.** Як відомо, в теперішній час вищі рубежі якості функціонування складних динамічних комплексів можуть досягатися практично лише в оптимальних системах, синтезованих за допомогою спеціальних наукоємних технологій, які базуються на ідеях вінеровського або калмановського методів оптимальних фільтрацій. Зрозуміло, що "традиційні" оптимальні системи вже мають істотну міру "нечутливості" до впливів та нечітких уявлень про використані в процесі синтезу моделі. Однак через деякі обставини безпосередня мінімізація мір "нечутливості" системи, що підлягають урахуванню, при традиційних підходах до їх синтезу, як правило, не здійснюються (відсутні відповідні складові в функціоналах, які використовуються при синтезі).

На систему яка досліджується діють випадкові фактори. Математичні моделі, які використовуються в задачах, не точно описують динаміку реальної системи. Широкі можливості у використанні потужного апарату стохастичного управління при синтезі складних систем відкриває теорема розділення. Згідно з цією теоремою за результатами спостереження вихідних координат об'єкту із стохастичних позицій із найбільшою точністю оцінюють стан об'єкту.

**Формулювання мети.** Подано постановка та алгоритм розв'язання задачі оптимального оцінювання вихідних координат стаціонарного багатомірного замкнутого об'єкта. В роботі вирішена задача синтезу оптимальної структури спостерігача.

**Основна частина.** Застосування теореми розділення [1] ілюструє наведена на рис.1 структура складного динамічного об'єкту, де  $u$  - багатомірний вектор керування,  $\psi$  - вектор збурень, що діє на систему,  $\varphi$  - вектор завад, що виникає у вимірювальній системі,  $x$  - вектор стану об'єкту,  $\hat{x}$  - вектор оптимальних оцінок стану об'єкта.

Об'єкт управління представлений матрицями  $P$  та  $M$  та збуренням  $\psi$ . Вектор вихідних координат  $x$ , поступає до вимірювача з матрицею передаточних функцій  $K$ . Після вимірювання координат, разом з завадою  $\varphi$  вектор сигналів  $y$  поступає до спостерігача з шуканою матрицею передавальних функцій  $F$ , який в свою чергу виконує функцію оптимального оцінювання вектора вихідних координат. Спостерігач видає найкращу точну оцінку вихідних координат  $\hat{x}$ .

Необхідно вирішити задачу синтезу оптимальної структури спостерігача, використовуючи теорему розділення. Синтез полягає у виборі оптимальної структури спостерігача, який доставить мінімум функціоналу якості

$$e = \frac{1}{j} \int_{-j\infty}^{+j\infty} \text{tr}(S'_{\varepsilon\varepsilon} R) ds, \quad (1)$$

де  $\varepsilon = \hat{x} - x$ ,  $S'_{\varepsilon\varepsilon}$  – транспонована матриця спектральних щільностей помилки  $\varepsilon$ ,  $R$  – позитивно визначена, симетрична у загальному випадку поліноміальна вагова матриця;  $\text{tr}$  – слід матриці.

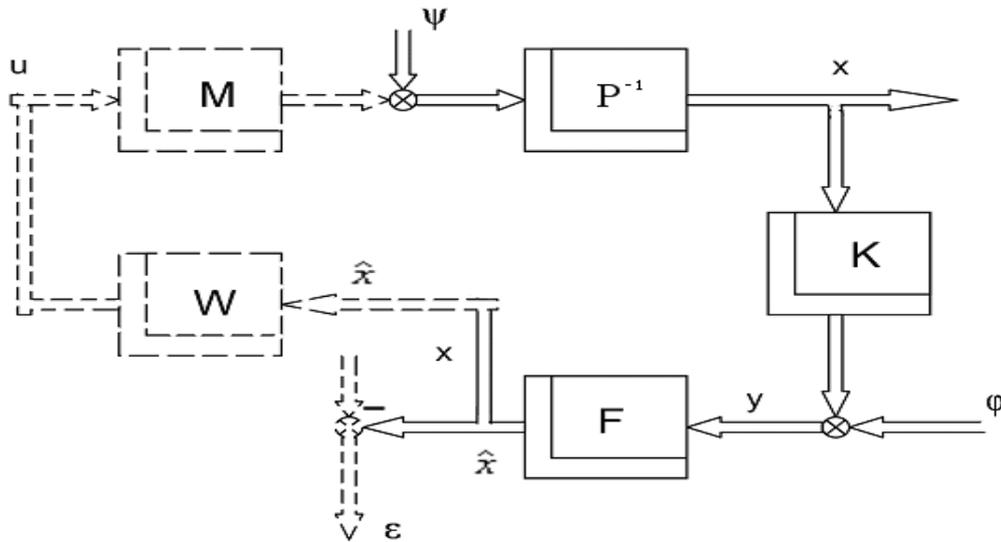


Рисунок 1 - Структурна схема багатомірного стаціонарного замкненого об'єкта

Задачу оптимальної оцінки вихідного стану лінійного динамічного об'єкту при випадкових впливах за неповними вимірюваннями в частотній області поставимо і вирішимо таким чином.

Нехай рух об'єкту стабілізації описується системою звичайних диференціальних рівнянь виразу

$$Px = Mu + \psi \quad (2)$$

де,  $P$  і  $M$  – це матриці розмірностей відповідно  $n \times n$  та  $n \times m$ , операторні елементи яких – поліноми від  $s = j\omega$ ;

$x$  –  $n$ -мірний вектор вихідних реакцій об'єкта;  $u$  –  $m$ -мірний вектор управління;

$\psi$  –  $n$ -мірний вектор збурень, який являє собою  $n$ -мірний центрований стаціонарний випадковий процес з відомою матрицею спектральних щільностей  $S_{\psi\psi}$ .

Сигнал спостереження має вид

$$y = Kx + \varphi \quad (3)$$

де  $K$  – матриця передаточних функцій системи вимірювання.

Вихід об'єкта (вектор стану) як бажаний сигнал буде мати вигляд

$$x = P^{-1}\psi. \quad (4)$$

Таким чином, вектор сигналу, який отримаємо після оцінювання спостерігачем має вигляд

$$\hat{x} = Fu = F(Kx + \varphi), \quad (5)$$

Враховуючи рівняння (2) та (4) отримаємо помилку оцінювання  $\varepsilon$  у вигляді

$$\varepsilon = \hat{x} - x = F(Kx + \varphi) - x = F(KP^{-1}\psi + \varphi) - P^{-1}\psi = (FK - E_n)P^{-1}\psi + F\varphi \quad (6)$$

Знайдемо ермітово-спряжену похибку оцінювання  $\varepsilon_*$  у вигляді

$$\varepsilon_* = \psi_* P_*^{-1} (K_* F_* - E_n) + \varphi_* F_* \quad (7)$$

Враховуючи вирази (5) та (7), знайдемо матрицю спектральної щільності вектора сигналів похибки оцінювання за теоремою Вінера – Хінчіна як

$$S'_{\varepsilon\varepsilon} = \langle \varepsilon\varepsilon_* \rangle = (FK - E_n) P^{-1} S'_{\psi\psi} P_*^{-1} (K_* F_* - E_n) + (FK - E_n) P^{-1} S'_{\varphi\varphi} F_* + FS'_{\psi\varphi} P^{-1} (K_* F_* - E_n) + FS'_{\varphi\varphi} F_* \quad (8)$$

де  $S'_{\psi\psi}$  - матриця спектральної щільності вектора впливу;

$S'_{\varphi\varphi}$  - матриця спектральної щільності завад.

Функціонал якості (1) оцінки виходу об'єкту буде мати вигляд

$$e = \frac{1}{j} \int_{-j\omega}^{+j\omega} \text{tr}(S'_{\varepsilon\varepsilon} R) ds = \frac{1}{j} \int_{-j\omega}^{+j\omega} \{ [(FK - E_n) P^{-1} S'_{\psi\psi} P_*^{-1} (K_* F_* - E_n) + (FK - E_n) P^{-1} S'_{\varphi\varphi} F_* + FS'_{\psi\varphi} P^{-1} (K_* F_* - E_n) + FS'_{\varphi\varphi} F_*] \} ds \quad (9)$$

Мінімізацію функціоналу (9) виконаємо за допомогою методу Вінера- Колмогорова. Згідно цього методу необхідно визначити умови, при яких перша варіація функціоналу тотожно дорівнювала нулю.

Перша варіація функціоналу якості має вигляд

$$\delta e = \frac{1}{j} \int_{-j\omega}^{+j\omega} \text{tr} \{ [RF(KP^{-1} S'_{\psi\psi} P_*^{-1} K_* + KP^{-1} S'_{\varphi\varphi} + S'_{\psi\varphi} P_*^{-1} K_* + S'_{\varphi\varphi}) - R(P^{-1} S'_{\varphi\varphi} P_*^{-1} K_* + P^{-1} S'_{\psi\psi})] \delta F_* + \delta F [FR(KP^{-1} S'_{\psi\psi} P_*^{-1} K_* + KP^{-1} S'_{\varphi\varphi} + S'_{\psi\varphi} P_*^{-1} K_* + S'_{\varphi\varphi}) - R(P^{-1} S'_{\varphi\varphi} P_*^{-1} K_* + P^{-1} S'_{\psi\psi})]_* \} ds \quad (10)$$

Введемо позначення:

$$R = \tilde{A}_* \tilde{A} \quad (11)$$

$$DD_* = KP^{-1} S'_{\psi\psi} P_*^{-1} K + KP^{-1} S'_{\varphi\varphi} + S'_{\psi\varphi} P_*^{-1} K_* + S'_{\varphi\varphi} \quad (12)$$

$$T = T_0 + T_+ + T_- = \tilde{A} P^{-1} (S'_{\psi\psi} P_*^{-1} K_* + S'_{\varphi\varphi}) D_*^{-1} \quad (13)$$

де  $\Gamma, D$  – матриці отримані після вінерівської факторизації [2],

$T_0, T_+, T_-$  - результати вінерівської сепарації [2].

З урахуванням виразів (11) – (13), варіацію (10) можна записати у наступному виді

$$\delta e = \frac{1}{j} \int_{-j\omega}^{+j\omega} \text{tr} \{ \tilde{A}_* [\tilde{A}FD - (T_0 + T_+ + T_-)] D_* \delta F_* + \delta FD [\tilde{A}FD - (T_0 + T_+ + T_-)]_* \tilde{A} \} ds \quad (14)$$

Після підстановок позначень (10),(11),(12) в (9), отримаємо таку структуру спостерігача:

алгоритм синтезу структури оптимального спостерігача

$$\tilde{A}FD = T_0 + T_+ \text{ або } F = \tilde{A}^{-1} (T_0 + T_+) D^{-1}, \quad (15)$$

який сумісно з виразами (11) – (13) є алгоритмом синтезу оптимальної структури спостерігача  $F$  з урахуванням вхідної інформації.

**Висновки.** Знайдена структура спостерігача  $F$  є оптимальною. Звідси випливає, що задача оптимального оцінювання вихідних координат багатомірного замкненого об'єкта, враховуючи теорему розділення – вирішена.

**Перелік посилань:**

1. Блохін Л.М., Буриченко М.Ю., Статистична динаміка систем управління. – К.: НАУ, 2003. – 208 с.
2. Азарсков В.М., Блохін Л.М., Житецький Л.С., Методологія конструювання оптимальних систем стохастичної стабілізації. – Монографія. – К.: НАУ, 2006. – 437с

<sup>1</sup> BS's programme 4th year Kryvosheia N.I.

<sup>1</sup> Assoc.prof., cand.eng.sc. Klipa A.M.

<https://scholar.google.com/citations?user=SvdREQwAAAAJ&hl=en>

<sup>1</sup> National Aviation University

## SYNTHESIS OF PD-CONTROLLER FOR POSITION CONTROL OF NUCLEAR REACTOR RODS

**Statement of the problem and its relevance.** Given the importance of automatic control systems in modern technological systems, there is a need to develop and improve methods for regulating these systems to ensure process efficiency and accuracy. One of the key areas in this context is the development of controllers that can provide the desired level of stability and accuracy in a variety of operating conditions.

**Analysis of the latest research.** Of the various types of controllers, a special place is occupied by proportional-differential (PD) controllers, which are more often used in control laws than proportional-integral-differential (PID) controllers. These controllers are highly effective in compensating for changes in external influences and ensuring the desired level of system stability [1]. The task of an automatic control system is to suppress the impact of an external disturbance and ensure fast and high-quality transients. Therefore, the use of such regulators is particularly relevant in these systems.

**Goal formulation.** The main purpose of using controllers is to reduce static error. In addition, by selecting the parameters of the controllers, it is possible to improve the transient performance: settling time and overshoot. In this research, we consider the synthesis of a PD-controller to improve the efficiency and stability of automatic control [1].

It is necessary to synthesise a PD-controller that can be physically implemented (2) and that would provide the required stability margin in phase  $P_m = 55^\circ$  at a frequency of  $\omega = 3$  rad/sec for the nuclear reactor rod position control system (Fig. 1) [2] with the following transfer functions:

$$W_1 = 1; W_2 = \frac{1}{s(s+5)}; W_3 = 0.5; W_4 = 58.2; W_5 = \frac{1}{0.2s+1}; W_c = 1.$$

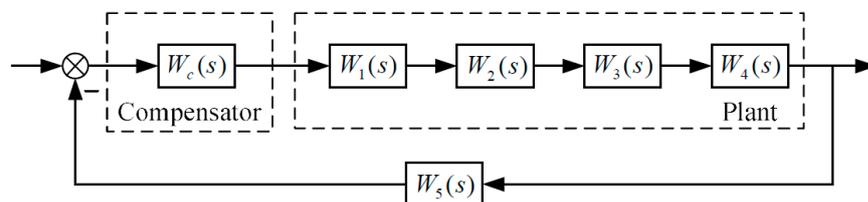


Figure 1– Block diagram of a nuclear reactor rod position control system

**Main part.** The transfer function of an ideal PD-controller is [2]:

$$W_c(s) = K_p + K_d s, \quad (1)$$

where  $K_p$  is the gain of the proportional part;

$K_d$  is the gain of the differential part.

When using the ideal controller (1), an unlimited increase in the differential gain leads to infinite gain at high frequencies. Therefore, in order to limit the gain at high frequencies, an

additional pole is included into the differential component of the PD-controller [2]. In this case, pole is introduced into the differential component of the PD-controller [2]. In this case, the transfer function of the real PD controller can be written as:

$$G_c(s) = K_p + \frac{K_d s}{\tau_0 s + 1}, \quad (2)$$

where  $\tau_0$  – is a very small value ( $\tau_0 \ll 1$ ). In our case  $\tau_0 = 0.0001(\text{sec})$ , therefore, in the synthesis procedure, it is necessary to determine two parameters, such as  $K_p$  and  $K_d$ .

The transfer function of an open-loop uncompensated (without a controller) system is as follows:

$$W_{OL\_un}(s) = \frac{29.1}{0.2s^3 + 2s^2 + 5s}.$$

Using this function, we can start synthesising the controller. To do this, we need to make some calculations [2].

1) Calculate the phase shift of the controller at the frequency  $\omega$ :

$$\theta = \arg W_c(j\omega) = -180^\circ + P_m - \arg W_p(j\omega)W_f(j\omega),$$

$$\theta = \arg W_c(j\omega) = -180^\circ + 55^\circ + 151.9275^\circ = \frac{-26.92^\circ}{57.296} = 0.47 \text{ (rad)}.$$

2) Determine the gain for the proportional part of the controller:

$$K_p = \frac{\cos\theta}{|W_p(j\omega)W_f(j\omega)|} = \frac{\cos(0.47)}{1.4265} = 0.625.$$

3) Determine the gain for the differential part of the controller:

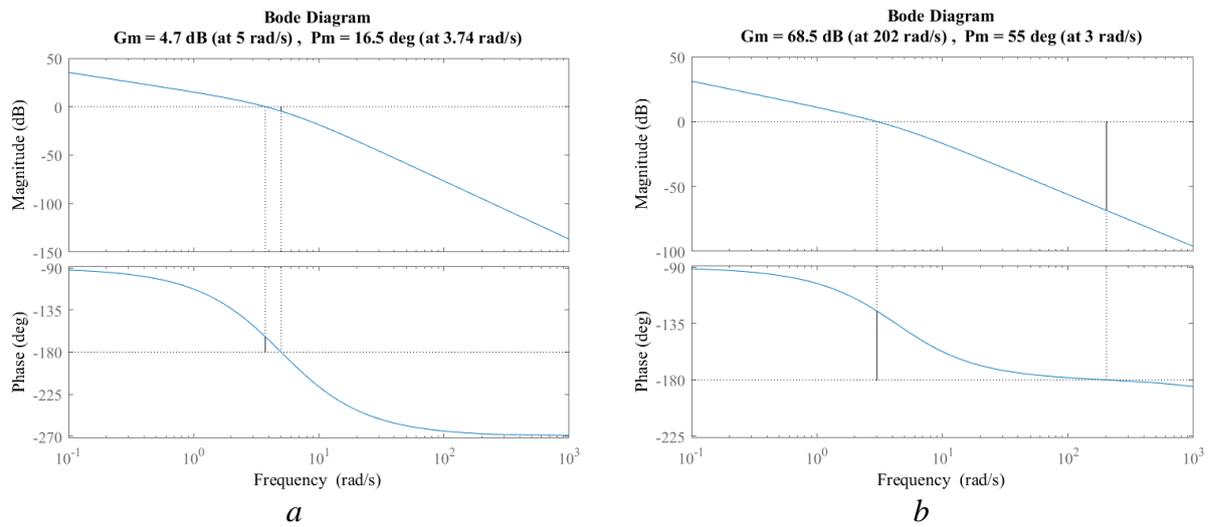
$$K_d = \frac{\sin\theta}{\omega |W_p(j\omega)W_f(j\omega)|} = \frac{\sin(0.47)}{3 \cdot 1.4265} = 0.1058.$$

After that, we can write down the transfer function of the PD-controller (2) for a given system:

$$G_c(s) = K_p + \frac{K_d s}{\tau_0 s + 1} = 0.625 + \frac{0.1058s}{0.0001 s + 1} = \frac{0.1059 s + 0.625}{0.0001s + 1}.$$

Bode plots with gain and phase margins for the system without and with the controller are shown in Fig. 2. These characteristics confirm that with the synthesized PD-controller, the nuclear reactor rod position control system has the required phase stability margin, which is  $55^\circ$  at a given frequency. In addition, based on the Bode plots (Fig. 2), it can be concluded that both systems are stable.

The transient responses of the uncompensated and compensated closed-loop systems are shown in Fig. 3.



(a) for the uncompensated system; (b) for the compensated system  
Figure 2 – Bode plots

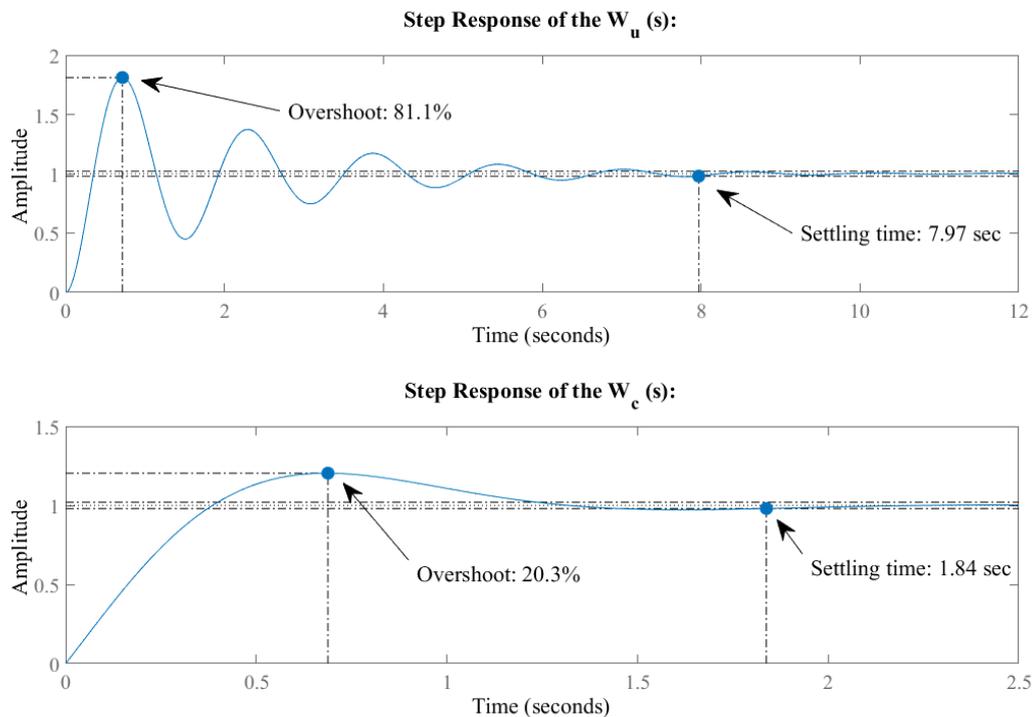


Figure 3 – Transient responses uncompensated  $W_{uncomp}(s)$  and compensated  $W_{cmp}(s)$  systems

Based on the results obtained for the uncompensated system and the system with the PD-controller, the following conclusions can be drawn: the use of the developed PD-controller significantly reduced the overshoot (from 81.1% to 20.3%) and reduced the settling time from 7.97 seconds to 1.84 seconds.

**Conclusions.** In summary, the use of a PD-controller can effectively improve system performance by providing a more accurate and rapid response to changes, making it a promising option for implementation in automatic control systems.

#### References:

1. Golovinsky B.L. Theory of automatic control / B.L. Golovinsky, Y.V. Shurub, V.P. Lysenko. – K.: VC NUBiP of Ukraine, 2012.
2. Dorf R.C. Modern Control Systems / R.C. Dorf, R.H. Bishop. – Pearson Education, Inc., Pearson Prentice Hall, 2008. – 1046 p.

## UDC 004.9

<sup>1</sup> BS's programme 4th year Niedov Y.B.

<sup>1</sup> Assoc.prof., cand.eng.sc. Demchyshyn A.A.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=uHZreb4AAAAJ&hl=uk>

<sup>1</sup> Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

## SIGNAL PROCESSING USING AN FPGA WITH INFORMATION OUTPUT VIA VGA INTERFACE

**Statement of the problem and its relevance.** In the rapidly advancing field of signal processing, the utilization of field-programmable gate arrays (FPGAs) has emerged as a significant area of interest. Specifically, the application of these programmable devices for processing signals and displaying images on screens via VGA presents a promising avenue for exploration. As technology evolves, there is an increasing demand for efficient and adaptable signal processing techniques, and FPGA-based solutions offer a programmable and versatile approach to address this demand.

The relevance of signal processing using FPGAs lies in their ability to provide flexible and customizable solutions for a wide range of applications. FPGAs allow real-time processing of signals, making them suitable for tasks such as image processing, communication systems, and digital signal processing. The capability of interfacing with VGA for image output further extends the utility of FPGAs in diverse fields, including multimedia systems, medical imaging and computer vision [1].

**Analysis of the latest research.** Recent research in FPGA-based signal processing has demonstrated their efficacy in handling complex algorithms and real-time data streams. One notable example involves the use of FPGAs for implementing custom-designed processing pipelines, enabling efficient parallel processing and optimization of computational tasks. The adaptability and reprogrammability of FPGAs make them particularly suitable for scenarios where algorithmic modifications and real-time adjustments are paramount.

A range of studies regarded the use of FPGAs for VGA signal generation. Fangqin Ying, Xiaoqing Feng [2] present the design and implementation of a VGA controller implemented on an Altera EPIC6Q240C8 chip. The system can display various color strip, Chinese characters and images with short processing time, low resource utilization, small power consumption and memory usage.

**Formulation of the goal.** The goal of this study is to develop a signal processing technique utilizing user-programmable gate arrays with a focus on displaying processed data through VGA output. This involves delving into the intricacies of FPGA programming, algorithm design for signal processing, and the establishment of a robust interface with VGA interface.

To achieve the goal, the work involves generation of a signal made of a mixture of sine waves using Verilog. Verilog is a hardware description language that facilitates the design and simulation of digital circuits. By achieving this objective, the study aims to contribute valuable insights to the field of FPGA-based signal processing and expand the applications of these devices in real-world scenarios.

**Main part.** ALTERA CYCLONE IV EP4CE6 development board is used (Figure 1) for the goal implementation. Altera Cyclone IV "OMDAZZ." is a series of programmable logic devices (FPGA) by Intel (formerly Altera) [3]. This FPGA series offers a range of features that make it suitable for implementing projects involving image output through VGA interface.

Cyclone IV possesses sufficient resource power to implement complex projects, including image processing and VGA output. The extensive FPGA resources enable the effective implementation of image processing algorithms. FPGA Cyclone IV provides a significant number of logic elements, memory blocks and built-in digital signal processors, which are crucial for image processing and storage.

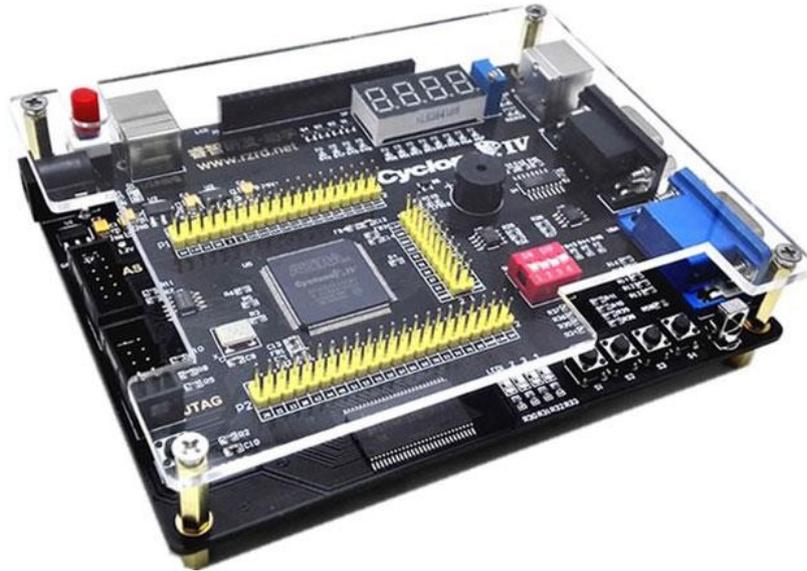


Figure 1 – The ALTERA CYCLONE IV EP4CE6 board is manufactured by "OMDAZZ."

The Quartus Prime design tools by Intel provide developers with a wide range of capabilities for programming and debugging FPGA Cyclone IV [4].

The mixture of sinusoids with different amplitude, frequency and phase is used as a source signal for subsequent processing and display on the screen via VGA. The equation for the signal mixture is given by:

$$Y(t) = A_1 \cdot \sin(2\pi f_1 t + \phi_1) + A_2 \cdot \sin(2\pi f_2 t + \phi_2), \quad (1)$$

where  $A_1, A_2$  – amplitudes;  $f_1, f_2$  – frequencies;  $t$  – time param;  $\phi_1, \phi_2$  – phases.

Low-pass filter is used as a signal processing operation [5]:

$$y_k \approx \frac{2 - T_{wc}}{2 + T_{wc}} y_{k-1} + \frac{T_{wc}}{2 + T_{wc}} (x_k + x_{k-1}).$$

**Conclusions.** It is shown that Cyclone IV FPGA is capable of an efficient and adaptable signal processing tasks as well as production of high-quality visual outputs.

**References:**

1. Maxfield C. The Design Warrior's Guide to FPGA's. – 2007. – 408 p.
2. Fangqin Y., Feng X. Design and Implementation of VGA Controller Using FPGA. – International Journal of Advancements in Computing Technology 4. 2012. – P. 458-465.
3. Altera Corporation. Cyclone IV GX FPGA Development Kit User Guide. November 2014. URL: <https://www.intel.com/content/www/us/en/content-details/655160/cyclone-iv-device-handbook-volume-2-chapter-1-transceivers-architecture.html> (access date 13.03.2024)
4. Intel Corporation. Cyclone IV EP4CE6 FPGA Specifications. URL: <https://www.intel.com/content/www/us/en/products/sku/210472/cyclone-iv-ep4ce6-fpga/specifications.html> (access date 13.03.2024)
5. How to Implement a First-Order Low-Pass Filter in Discrete Time URL: <https://github.com/botprof/first-order-low-pass-filter> (access date 13.03.2024)

<sup>1</sup> BS's programme 4th year Poshtarenko Y.Y.

<sup>1</sup> Assoc.prof., cand.eng.sc. Demchyshyn A.A.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=uHZreb4AAAAJ&hl=uk>

<sup>1</sup> Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

## SOFTWARE SYSTEM FOR MEASURING THE FREQUENCY RESPONSE OF AN ACOUSTIC LOUDSPEAKER

**Statement of the problem and its relevance.** The development of software systems for accurate measuring of the frequency response of acoustic loudspeakers is becoming increasingly important in the context of the growing demand for high-fidelity audio equipment standardization. Loudspeaker manufacturers often do not provide accurate parameters and characteristics of their products, which makes it difficult to choose the best equipment and can lead to unexpected results in sound reproduction. Thus, the development of a software system for objective measurement of an acoustic loudspeaker becomes critical to ensure the quality of audio equipment and meet consumer needs [1].

**Analysis of the latest research.** A review of software for acoustic loudspeakers frequency response (FR) measurement has shown a growing user interest in mobile applications using. The mobile app market features a variety of programs for different audio tasks - several mobile applications, such as AudioTool and Spectroid, provide users with a convenient interface for measuring and analyzing the frequency response of acoustic equipment without the need for complex and expensive equipment. These programs also have various functional capabilities and are adapted to different tasks. For example, the AudioTool program measures SPL, analyzes the spectrum, generates signals, and calibrates the microphone. In turn, the Spectroid program measures the frequency response and displays the graph only. At the same time the mentioned software lacks the ability to synchronize sound generation with the sound pressure level measurement (SPL) allowing only approximate FR measurement based on a white noise where no synchronization is required.

In addition to mobile applications, there is a professional equipment, such as Clio V12 [2], which provides high accuracy and advanced capabilities for analyzing the amplitude-frequency characteristics of speakers. Professional devices are typically used in audio technology, sound research, and other technical fields for high-precision measurement, analysis, and calibration of audio equipment.

**Goal formulation.** The goal of the work is to create a software system that could generate a frequency sweep and register the FR of an acoustic loudspeaker using the smartphone microphone; FR is rendered as a curve and saved in the database for the future reference; user parameters are controlled through GUI interface.

**Main part.** The software system is implemented through a client server architecture - one mobile application serves as a client that generates sound with specified frequency, another client holds GUI and measures SPL utilizing mobile phone's built-in microphone, synchronization is done through the third application- synchronization server.

SPL measurement usually requires anechoic chamber. At the same time, it is possible to avoid room resonance setting a limit on the lowest generated frequency. The size of the room determines the lowest frequency that can be realistically measured (1). Calculations for a room with the ceiling height of 2.5 m and distance 0.6 m gives  $F_u$  frequency 170 Hz.

$$F_u = \frac{\text{sound velocity}}{(X_a - X_b)}, \quad (1)$$

where  $X_a$  - a distance from the loudspeaker to the microphone,

$X_b$  - a distance from loudspeaker to microphone (when the sound is reflected by ceiling or floor).

The software takes into account the fact that the microphone of a mobile phone is not ideal. A mic's FR curve indicates how accurately the microphone captures the input signal. The mic's FR curve is covered in its specification. For example, the FR curve for MXL V67G looks as follows (Fig. 1):

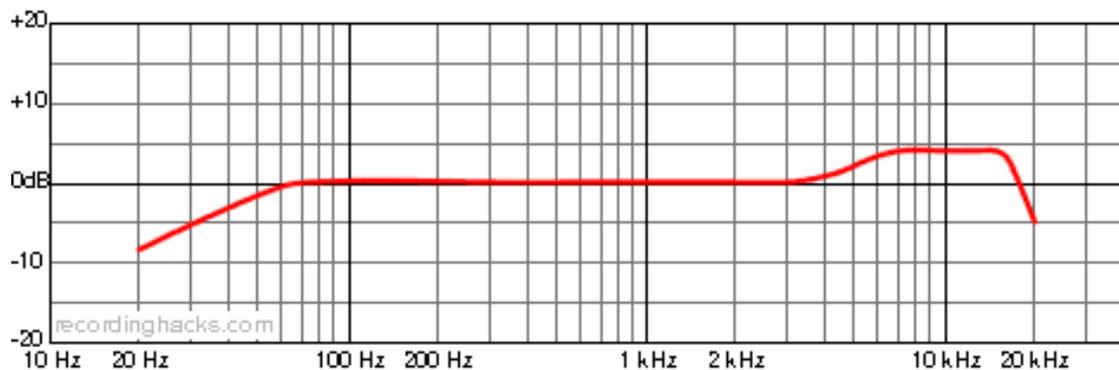


Figure 1 – The graph of the FR curve of a mobile phone microphone (acquired from recordinghacks.com)

The main steps of software system's logic are:

- client A that measures SPL connects to smartphone's SPL sensor;
- client A sends a blocking request to the server holding required frequency;
- client B that generates sound sends a blocking request to the server asking for the frequency to be generated;
- server receives the request from client A and blocks it awaiting for request from client B;
- server receives the request from client B and responds to client B passing the frequency specified in the request from client A;
- server responds to client A with an empty answer;
- client A receives the answer, treats it as a signal that the generation of the specified frequency has been started, and measures SPL;
- client A adds another data point to an FR graph.

PostgreSQL database is used to store and access the history of measurements of the amplitude-frequency characteristics of the acoustic loudspeaker.

The **Django** framework was chosen as the basis as a high-performance web framework that provides fast development, a built-in administrative panel, a high level of security and extensibility.

**Conclusions.** The software system allows users to measure the frequency response of an acoustic setup using two smartphones without complicated procedures or technical expertise. Analyzing the frequency response, users are able to verify the sound reproduction of their speakers to achieve better sound quality according to their needs. Such a tool can be useful for audio engineers and manufacturers, contributing to an improved audio experience for consumers.

#### References:

1. Briggs G.A. Loudspeakers: The Why and How of Good Reproduction. Audio Amateur, Incorporated; 2nd edition. - 2018. 92 p.
2. CLIO Software Release 12 User's Manual. AUDIOMATICA 191 p. URL: <https://www.audiomatica.com/wp/wp-content/uploads/clioman12.pdf> (access date: 13.03.2024).

<sup>1</sup> Бакалаврант 4 курсу Алейнік О.Р.

<sup>1</sup> Доц., к.т.н. Кузьменко І.М.

<https://scholar.google.com/citations?user=NWuNp7oAAAAJ&hl=en>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ПРОГНОЗУВАННЯ ЙМОВІРНОСТІ ВСТУПУ ДО УНІВЕРСИТЕТУ НА ОСНОВІ МОДЕЛЕЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

**Постановка проблеми та її актуальність.** У світі де конкуренція за місця в університетах стає все більш напруженою використання штучного інтелекту для прогнозування ймовірності вступу до університету набуває особливої важливості. Створення моделей, які можуть передбачити шанси студента на вступ до певного університету на основі їхніх академічних досягнень та інших характеристик, може значно полегшити процес прийняття рішень для абітурієнтів та навчальних закладів.

**Аналіз останніх досліджень.** У ряді досліджень проведено аналіз використання штучного інтелекту у процесів ступу до університетів. Було розроблено моделі прогнозування для оцінки академічної успішності аплікантив [1], зокрема модель, яка враховує широкий спектр змінних [2]. Інше дослідження про штучний інтелекту для автоматизації складання вступних іспитів [3]. Ці дослідження в сукупності підкреслюють потенціал штучного інтелекту в оптимізації процесу вступу.

**Формулювання мети.** Метою даної роботи є випробування різних методів машинного навчання на наборі даних щоб з'ясувати, чи можна передбачити шанси студента на вступ до магістратури на основі наданої інформації, які найбільш важливі елементи при вступі до магістратури та чи залежать ці результати від використовуваного методу навчання та його параметрів.

**Основна частина.** Для дослідження було реалізовано наступні алгоритми: Аргіогі, ID3, Проста лінійна регресія та множинна лінійна регресія.

Алгоритми було протестовано на наборі даних про вступ до магістратури в Індії за різними характеристиками (оцінки, рейтинг університету, мотивація, дослідницький досвід, тощо) (Рис. 1).

Serial No.	GRE Score	TOEFL Score	University Rating	SOP	LOR	CGPA	Research	Admission Prob
1	337	118	4	4.5	4.5	9.65	1	0.92
2	324	107	4	4.0	4.5	8.87	1	0.76
3	316	104	3	3.0	3.5	8.00	1	0.72
4	322	110	3	3.5	2.5	8.67	1	0.80
5	314	103	2	2.0	3.0	8.21	0	0.65
...	...	...	...	...	...	...	...	...
496	332	108	5	4.5	4.0	9.02	1	0.87
497	337	117	5	5.0	5.0	9.87	1	0.96
498	330	120	5	4.5	5.0	9.56	1	0.93
499	312	103	4	4.0	5.0	8.43	0	0.73
500	327	113	4	4.5	4.5	9.04	0	0.84

Рисунок 1 – Набір даних

Для того, щоб застосувати алгоритм Аргіогі, ми перетворили дані в двійкові атрибути, оскільки його ідея полягає в тому, щоб знайти, які атрибути часто з'являються разом.

І в результаті роботи алгоритму ми отримали, що якщо середній бал бакалавра (CGPA) високий, то ймовірність вступу висока з ймовірністю 95%. А також те, що студенти з

грунтовним мотиваційним листом (SOP) матимуть високу ймовірність вступу з ймовірністю 78%.

Наступний алгоритм ID3 (Iterative Dichotomiser 3) - це алгоритм, який використовується для генерації дерева рішень з набору даних [4]. Для алгоритму ID3 ми розділили змінні на 3 категорії: низька, середня та висока категорія, що необхідно для ID3, який може обробляти лише категорійні змінні.

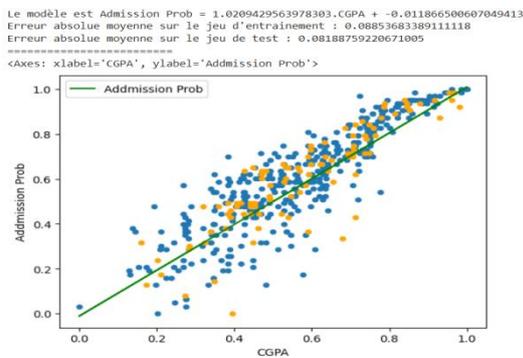
Після ID3 було отримано наступні результати: Точність класифікації: 76%, Розмір дерева: 183 вузла.

Найбільш важливим фактором при визначенні ймовірності надходження є CGPA, студенти з високим CGPA з великою ймовірністю будуть прийняті. Другим за важливістю фактором є бал TOEFL, та оцінка GRE є третім за важливістю фактором.

Ідея наступного алгоритму простої лінійної регресії полягає в тому, щоб знайти лінійну функцію, яка найкраще представить зв'язок між двома змінними [5].

Спробувавши алгоритм з усіма вхідними змінними, ми можемо зробити висновок що з усіх значень CGPA є найважливішим фактором, що впливає на ймовірність вступу, так як його лінійна модель точніша і має абсолютну середню похибку в ~8% (Рис. 2 а).

В результаті використання всіх вхідних змінних набору даних та алгоритму множинної лінійної регресії було отримано множинну лінійну модель (Рис. 2 б).



Le modèle est Admission Prob =

$$\begin{aligned} &0.22962959292801216.GRE\ Score + \\ &0.211635244440547132.TOEFLL\ Score + \\ &0.04174645121417379.University\ Rating + \\ &0.07595291858816777.SOP + \\ &0.1467233303646061.LOR + \\ &0.3385474165057923.CGPA + \\ &0.029507256185501797 \end{aligned}$$

б)

Рисунок 2 – а) лінійна модель між CGPA і ймовірністю вступу, б) множинна лінійна модель ймовірності вступу

**Висновки.** Таким чином, CGPA становить 34%, Оцінка GRE – 23% і Оцінка TOEFL – 21%. Абсолютна середня похибка дорівнює 4,5%. Результати подібні тим, що отримані алгоритмами Apriori та ID3, але є точнішими.

#### Перелік посилань

1. Intelligent decision system for accessing academic performance of candidates for early admission to university/ Y. Chenetal. 2014 10th International Conference on Natural Computation (ICNC), Xiamen, 19–21 August 2014. 2014. URL: <https://doi.org/10.1109/icnc.2014.6975919>.

2. University Admission Prediction Using Google Vertex AI/ J. Kattietal. 2022 ICAITPR, Hyderabad, India, 10–12 March 2022. 2022. URL: <https://doi.org/10.1109/icaitpr51569.2022.9844176>.

3. AI-Powered University: Design and Deployment of Robot Assistant for Smart Universities/ T.-H. Nguyenetal. Journal of Advances in Information Technology. 2022. Vol. 13, no. 1. URL: <https://doi.org/10.12720/jait.13.1.78-84>.

4. Arai N. H. The impact of AI—can a robot get into the University of Tokyo National Science Review. 2015. Vol. 2, no. 2. P. 135–136. URL: <https://doi.org/10.1093/nsr/nwv011>.

5. Mitchell T. M. Machine learning and data mining. Communications of the ACM. 1999. Vol. 42, no. 11. P. 30–36. URL: <https://doi.org/10.1145/319382.319388>.

<sup>1</sup> Аспірант 4 курсу Бараніченко О.М.

<sup>1</sup> Доц., к.т.н. Шаповалова С.І.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=biglE98AAAAJ&hl=en>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## МЕТОДИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ З ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ОБ'ЄКТІВ ІЄРАРХІЧНИХ СИСТЕМ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ

**Постановка проблеми та її актуальність.** Автоматизовані системи керування (АСК) застосовуються в багатьох сферах людської діяльності. Оскільки апаратні обчислювальні ресурси, на яких вони базуються, стрімко вдосконалюються, об'єкти контролю та керування стають більш складними та потребують обробки більшої кількості даних. Зміна логіки роботи компонентів об'єкту контролю призводить до необхідності модифікації відповідного програмного забезпечення. Існують випадки, коли заміна програмного коду має відбуватися в робочому режимі без зупинки АСК. Для вирішення цієї проблеми необхідно створити способи та програмне забезпечення безперервного аналізу поточних даних в умовах зміни структури об'єкта керування. Дослідження та вдосконалення динамічних експертних систем є актуальним та має практичне значення у багатьох прикладних сферах промислової автоматизації.

**Аналіз останніх досліджень.** У багатьох наукових роботах розглядаються методи та алгоритми, які базуються на використанні штучного інтелекту та систем логічного виведення для автоматизованого керування системою. Так, наприклад, у роботі [1] автори представили нейронну мережу та експертну систему для оптимізації розподілу та споживання електричної енергії. Отримані дані підтвердили раціональність використання такого підходу в керуванні системою, однак через складну структуру запропонованого методу її доцільно використовувати в складних системах, які не мають строго детермінованого алгоритму дій в різних сценаріях роботи. В роботі [2] автори представили програмний комплекс на основі експертної системи для керування електропостачанням в житлових будинках. Він має рівень надійності який є достатнім для систем побутового використання, однак в промисловості його використання може бути обмежене.

**Формулювання мети.** Метою роботи є створення теоретичних та алгоритмічних основ визначення станів об'єктів ієрархічних структур для забезпечення гнучкості керування в автоматизованих системах.

**Основна частина.** Ієрархічна модель даних експертної системи зображена на рисунку 1.

Клас об'єкту – елемент, який реалізує певну функцію, має набір вхідних та вихідних даних, зберігає набір внутрішніх значень, що описують його стан (1, 2)

$$OClass_{L1}^i = \{InputDataField, OutputDataField, StateField_1^i\}, \quad (1)$$

де  $L1$  – 1-й шар ієрархічної системи,

$i$  – номер класу об'єкта,  $i = 1..m1$ ,  $m1$  – загальна кількість класів об'єктів 1-го рівня,

$InputDataField/OutputDataField/StateField$  – абстрактні поля, які є контейнерами даних при реалізації конкретних об'єктів.

$$OClass_{Lj}^k = \{StateField_j^k\}, \quad (2)$$

де  $j$  – номер шару, до якого відноситься клас об'єкту,  $j = 2..n$ ,  $n$  – загальна кількість рівнів,

$k$  – номер класу об'єкта,  $k = 1..m_j$ ,  $m_j$  – загальна кількість класів об'єктів  $j$ -го рівня.

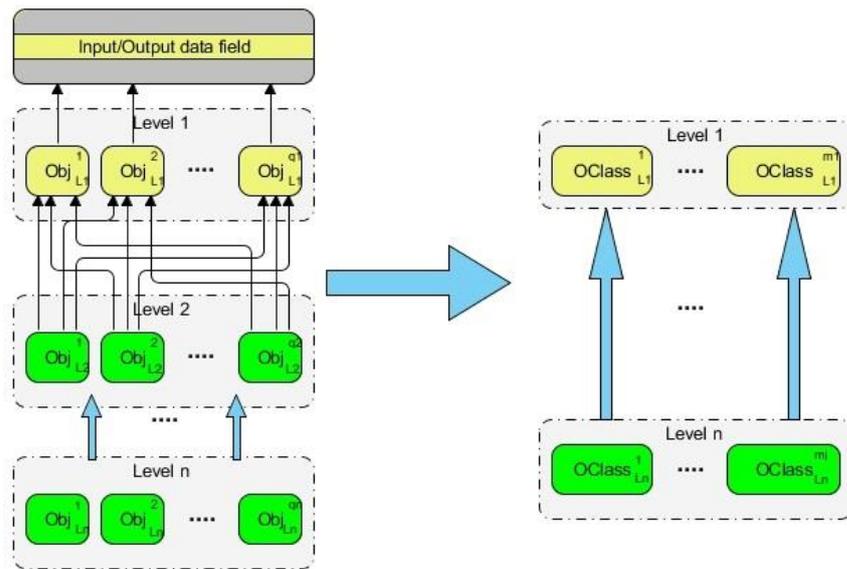


Рисунок 1 – Ієрархічна модель даних

Міжшаровий зв'язок пов'язує класи об'єктів різних рівнів (3)

$$Rel_{OClass_{L_j}^k} \Rightarrow StateField_j^k = F(StateField_{j-1}^1, StateField_{j-1}^2, \dots, StateField_{j-1}^{m_j}), \quad (3)$$

де  $Rel_{OClass_{L_j}^k}$  - відношення між класом  $k$   $j$ -го рівня та класами рівня  $j-1$ ,

$StateField_j^k$  - внутрішній стан  $k$ -го класу  $j$ -го рівня,  $k = 1..m_j$ ,  $m_j$  – загальна кількість класів об'єктів  $j$ -го рівня,  $j = 2..n$ ,  $n$  – загальна кількість рівнів,

$F$  – деяка математично-логічна функція.

На основі класів об'єктів реалізуються конкретні екземпляри  $Obj$ .

Експертна система представлена на рисунку 2 та складається з:

- 1) робочої пам'яті (WM), в якій реалізується динамічна ієрархічна модель даних, що пов'язана з фактичним полем даних обладнання
- 2) бази знань (KB), яка містить набір правил в ієрархічному вигляді
- 3) механізмів логічного виведення та редагування бази знань.

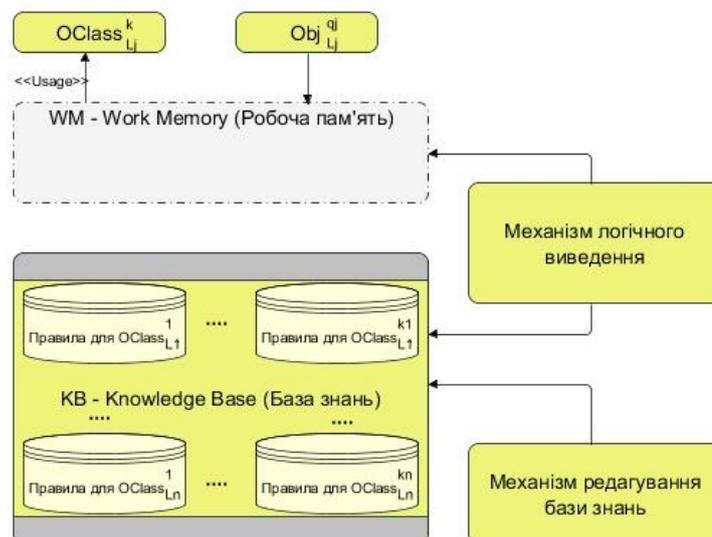


Рисунок 2 – модель експертної системи

В якості однієї з тестових задач було реалізовано АСК промисловим електропостачанням, яке реалізується на базі електророзподільної мережі, що складається з трьох головних розподільних щитів потужністю 500кВА, які мають головний та резервний вводи, а також ввід дизельного генератора, шести ввідно-розподільних пристроїв потужністю 200кВА, та іншого обладнання, яке реалізує розподіл електроенергії на нижньому рівні. В межах даної роботи було розглянуто реалізацію АСК методами скінченного автомату, компонентного підходу та продукційної моделі (табл. 1).

Таблиця 1 – Порівняння різних методів автоматизації

		Метод		
		Скінченний автомат	Компонентний підхід	Продукційна модель
Характеристика	Час виконання	<50ms	<50ms	<50ms
	Розмір коду алгоритмів роботи АСК	3500	2500	1500
	Можливість гарячої зміни	-	-	+
	Відносний об'єм зайнятості оперативної пам'яті	x	x	3x
	Гарантування повноти обробки станів	+	-	+
	Уніфікованість механізмів для компонентів усіх рівнів	+	-	+
	Додаткові можливості			Автоматичність створення log-файлів
	Методи реалізації безпеки коду	Обфускація	Обфускація	Обфускація, динамічна зміна логіки роботи АСК

Отримані дані показали, що запропонована продукційна модель є більш вибагливою до об'єму пам'яті, однак надає значно ширший функціонал системи. Менший розмір коду алгоритмів роботи АСК спрощує її реалізацію, а структурована ієрархічна модель дозволяє гарантувати повноту обробки станів системи та відсутність логічних помилок при заданні правил роботи. Окрім того, вона дозволяє змінювати логіку роботи АСК під час роботи шляхом додавання нових правил роботи або зміни ієрархії компонентів системи.

#### Висновки.

1. На основі аналізу підходів та методів визначення властивостей об'єктів ієрархічних структур обґрунтовано необхідність забезпечення гнучкості керування на основі логічного виведення за продукційною моделлю та машинного навчання.
2. Вдосконалено методи автоматичного керування ієрархічними системами, що забезпечують модифікацію структури системи керування в робочому режимі.

#### Перелік посилань:

1. A new framework integrating reinforcement learning, a rule-based expert system, and decision tree analysis to improve building energy flexibility / X. Zhou et al. Journal of Building Engineering. 2023. P. 106536. URL: <https://doi.org/10.1016/j.job.2023.106536>.
2. Case based reasoning with expert system and swarm intelligence to determine energy reduction in buildings energy management / R. Faia et al. Energy and Buildings. 2017. Vol. 155. P. 269–281. URL: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.09.020>.

<sup>1</sup> Бакалаврант 4 курсу Бастраков І.Д.

<sup>1</sup> Доц., к.т.н. Кублій Л.І.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=rXA1eMIAAAAJ&hl=uk>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## КЕРУВАННЯ ПРОЄКТАМИ РОЗРОБКИ ПРОГРАМ НА ОСНОВІ ВЕБ-ТЕХНОЛОГІЙ

**Постановка проблеми та її актуальність.** В умовах стрімкого розвитку інформаційних технологій все більшої актуальності набуває створення спеціалізованих систем для ефективного керування проєктами розробки програмного забезпечення. Такі системи мають охоплювати широкий спектр функцій — від планування робіт до аналізу продуктивності команд і якості коду [1].

**Аналіз останніх досліджень.** Спеціалізовані системи керування ІТ-проєктами активно розвиваються і використовуються в ІТ-галузі [2, 3]. Одним з найпоширеніших комерційних рішень для керування проєктами й завданнями та відстеження помилок є система Atlassian Jira, яка має інтеграції з веб-сервісами спільної розробки програмного забезпечення GitHub, Bitbucket. Проте вона є дорогим комерційним рішенням, має складний інтерфейс з великою кількістю функцій, частина з яких рідко використовується, потребує спеціального навчання користувачів. Для керування задачами в невеликих командах широко застосовують сервіс Trello з інтуїтивними дошками і списками завдань, але в нього обмежені можливості звітності та аналітики, через простий функціонал не підходить для великих проєктів. Система для організації робочих процесів Asana дає можливість структурувати завдання, стежити за прогресом, планувати короткі регулярні цикли роботи, проте через простий функціонал та обмежені можливості звітності й аналітики вона теж не підходить для великих проєктів. Проєкт ClickUp є відносно новим, перспективним, надає функції керування завданнями, документообігу, календарного планування; але його швидкий розвиток призводить до частих оновлень, які можуть збивати звичний процес роботи, також ще немає великої кількості готових інтеграцій. Відкрита web-система Redmine для керування проєктами і відстеження помилок має застарілий громіздкий інтерфейс, також у відкритій системі складніше підтримувати безпеку. Класичним представником застосунків керування проєктами для персональних комп'ютерів є MS Project; його вади — висока вартість ліцензії, складний для освоєння інтерфейс, а прив'язка до ОС Windows обмежує гнучкість використання.

**Формулювання мети.** Існуючі системи для керування проєктами, як правило, або платні й дорогі для використання, або в безкоштовних версіях мають обмежену функціональність. Тому метою даного дослідження є створення безкоштовного і водночас потужного веб-застосунку для керування проєктами розробки програм.

**Основна частина.** Відповідно до загальних вимог [4] основними складовими системи керування проєктами розробки програм на основі веб-технологій повинні бути такі модулі: авторизації та автентифікації, списку проєктів і завдань, звітності та аналітики, планування і календаря, комунікації.

Розроблений веб-застосунок має всі необхідні функції для ефективною координації та керування командами розробників, організації спільної роботи і комунікації, планування і відстеження задач і термінів виконання, аналізу продуктивності і розв'язання інших ключових завдань технічного менеджменту, приклади функцій і технічних завдань. Основними функціями системи є: створення списку та опису завдань, які потрібно виконати в проєкті (наприклад: “Створити форму для реєстрації користувачів”); розподіл і призначення конкретних завдань кожному членові команди (наприклад: “Розробник А

відповідає за реалізацію функції В”); відстеження виконання завдань та оновлення їхнього статусу (наприклад: “Завдання "Створити форму для реєстрації користувачів" завершено на 50%”; збір та аналіз даних про прогрес проєкту (наприклад: “Аналіз часу, витраченого на кожну фазу розробки”); забезпечення ефективної комунікації між членами команди (наприклад: “Зустріч щодо обговорення поточного стану проєкту”).

Взаємодія користувача з розробленим застосунком відбувається так. Користувач заходить на веб-сайт і вводить свої логін і пароль, які були згенеровані під час реєстрації. Система ідентифікує користувача і надає доступ відповідно до його ролі (розробник, тестувальник, менеджер проєкту тощо). Після авторизації користувач бачить особистий кабінет зі списком проєктів, у яких бере участь. Можна перейти на сторінку кожного проєкту і подивитися всі завдання, призначені конкретному учасникові. Коли розробник починає працювати над певним завданням, він оновлює його статус (наприклад, “у роботі” чи вказує відсоток готовності). Коли роботу завершено, він встановлює статус “готово до тестування”. Кожне завдання має секцію коментарів, де учасники можуть задати питання, обговорити деталі реалізації, помітити помилки.

Для реалізації веб-застосунку використано сучасні технології, які дають можливість створити потужну, функціональну та інтуїтивно зрозумілу систему керування ІТ-проєктами, забезпечують гнучкість, масштабованість, зручність використання і можливість модифікації функціоналу без залучення розробників.

Мовами програмування вибрано JavaScript і TypeScript. При реалізації клієнтської частини використання цих мов підвищує якість коду і полегшує подальший супровід проєкту. Для створення інтерфейсів використано відкриту бібліотеку ReactJS, яка забезпечує високу швидкодію та інтерактивність за рахунок віртуальної об’єктної моделі документа VDOM. Для реалізації серверної частини обрано платформу з відкритим кодом Node.js, яка базується на JavaScript, забезпечує високу продуктивність при створенні мережевих застосунків і призначена для виконання високопродуктивних мережевих застосунків, написаних мовою JavaScript. Це дає змогу використовувати єдину мову програмування на всіх рівнях веб-додатку. Для зберігання даних обрано систему керування базами даних MySQL, яка має високі надійність і швидкодію, гнучку систему дозволів і розмежування доступу до даних, підтримує транзакції і має засоби резервного копіювання, що є актуальним для системи з даними про ІТ-проєкти. Перевагами використання MySQL є стабільність роботи, висока надійність зберігання даних, можливість масштабування зі збільшенням кількості проєктів і користувачів.

**Висновки.** Розроблений веб-застосунок охоплює планування робіт, створення ієрархічних завдань, розробку різноманітних звітів, розподіл завдань, відстеження статусу завдань, кінцевих термінів, координацію й комунікації в команді, надає доступ до ключових деталей керування ІТ-проєктами. Перевагами також є безпечність, мобільність, гнучкість налаштувань під конкретні потреби, висока надійність збереження даних, стабільність роботи при зростанні навантаження, зручний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс. Впровадження такого рішення дасть можливість компаніям оптимізувати процеси керування ІТ-проєктами і підвищити ефективність роботи команд розробників.

#### **Перелік посилань:**

1. Кузьменко О.К., Рудь А.О. Інформаційні технології в управлінні ІТ-проєктами. URL: <https://reposit.nupp.edu.ua/bitstream/PolntNTU/12443/1/75%20%D0%A2.1-471-472.pdf>
2. Project Management Tools Comparison: Jira vs. Trello vs. MS Project vs. Basecamp vs. Wrike. URL: <https://www.toptal.com/project-managers/digital/project-management-software>
3. The best free project management software in 2024. URL: <https://zapier.com/blog/free-project-management-software>
4. Граф М.С., Кузьменко О.В. Архітектура, проєктування та безпека веб-орієнтованих інформаційних та комп’ютерних систем. Житомир: Житомирська політехніка. 179 с. URL: <https://learn.ztu.edu.ua/mod/resource/view.php?id=177897>

<sup>1</sup> Бакалаврант 4 курсу Бекіров В.В.

<sup>1</sup> Асист. Алдохін М.Д.

<https://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&user=VNLYNtcAAAAJ>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ІНФОРМАЦІЙНИЙ ПОРТАЛ ДЛЯ СТУДЕНТІВ КАФЕДРИ

**Постановка проблеми та її актуальність.** Сучасний освітній процес динамічно розвивається, все більше використовуючи інформаційно-комунікаційні технології. Проте, разом з цим з'являються і нові виклики. Інформація, що стосується навчального процесу, часто розподілена по різних джерелах: паперових документах, онлайн платформах та веб-сайтах інституту, що ускладнює процес пошуку потрібної студентам та викладачам інформації. і призводить до зниження успішності студентів через несвоєчасне отримання інформації.

Через це виникає потреба в створенні зручного та функціонального інформаційного порталу для студентів. Такий портал може допомогти вирішити вищезазначені проблеми та стати централізованим джерелом інформації, де студенти зможуть знайти все, що їм потрібно для навчання. Інформація на порталі буде завжди актуальною, а завдяки зручній навігації студенти зможуть легко знаходити потрібні їм дані.

**Аналіз останніх досліджень.** В ході розробки було проаналізовано ряд схожих систем. Однак, на сьогодні багато з них мають певні недоліки, а саме: застарілий та незручний дизайн, застарілі навчальні матеріали. Крім того, більшість порталів не адаптовані під мобільні пристрої, хоча частка людей, що використовують мобільні версії сайтів постійно зростає.

Успішним прикладом є сайт для студентів від Гарвардського університету [1]. На сайті є розділ з новинами, що містить статі, які охоплюють широкий спектр тем, включаючи науку, медицину, мистецтво, життя студентів та актуальні проблеми, що стосуються університетської спільноти та суспільства в цілому. Цей портал також забезпечує доступ до навчальних матеріалів та розкладу занять.

**Формулювання мети.** Метою даної роботи є розробка інформаційного порталу для студентів кафедри, що буде відповідати сучасним потребам освітнього процесу. Портал буде надавати актуальну інформацію, включаючи новини кафедри, розклад занять, оголошення, розділ з навчально-методичними матеріалами, інтерактивний календар з важливими подіями та оголошеннями. Для викладачів буде додана можливість розсилати оголошення студентам та буде надано доступ до спеціальної інформаційної панелі, яка дасть змогу аналізувати різні метрики пов'язані з успішністю студентів кафедри. Інтерфейс порталу буде простим та інтуїтивно зрозумілим, забезпечуючи легкий доступ до необхідної інформації. Портал буде також включати різноманітні інтерактивні інструменти, такі як форум і форму зв'язку зі студентською радою, щоб студенти могли спілкуватися та співпрацювати один з одним. Крім того, він буде оптимізований для мобільних пристроїв, щоб забезпечити студентам доступ до нього з будь-якого пристрою.

**Основна частина.** При розробці порталу було використано сучасні технології які дозволяють забезпечити якість та продуктивність вихідного програмного продукту.

Система PostgreSQL – застосовується для керування реляційними базами даних з відкритим кодом, що використовується для зберігання та управління даними [2]. Її основними перевагами є те, що вона легко масштабується і інтегрується з різними платформами, наприклад, .NET. На мові C#, буде написана серверна частина веб-порталу.

Фреймворк ASP.NET – це багатоплатформова технологія, призначена для швидкого створення HTTP API, з якими можуть працювати мобільні застосунки або веб-сайти створені за допомогою Angular або React [3].

Фреймворк Angular – це один з найбільш популярних засобів, що використовується для створення високопродуктивних і динамічних веб-додатків, а також мобільних та настільних застосунків [4]. Основним принципом Angular є багаторазове використання: розробник має можливість перевикористовувати компоненти користувацького інтерфейсу, функції та директиви у різних частинах застосунку.

Чиста архітектура – це підхід до розробки програмного забезпечення, що приділяє особливу увагу розбиттю програмного продукту на малі модулі, що можна легко протестувати та, при необхідності, замінити на інші модулі. В рамках чистої архітектури центральним елементом програми є його бізнес-логіка і модель. Цю архітектуру часто називають багат шаровою, тому що у ній застосунок ділиться на шари. Її зазвичай малюють у вигляді серії кіл із загальним центром, що зовні нагадує зріз цибулини (Рис. 1) [5].



Рисунок 1 – Схема застосунку з використанням підходу «Чиста архітектура»

Програмний продукт, що розглядається у цій роботі буде представляти собою веб-застосунок. База даних буде створена використовуючи систему керування базами даних (СКБД) PostgreSQL [6]. Серверна частина буде розроблена на мові С# з використанням фреймворку ASP.NET. Користувацький інтерфейс буде створений за допомогою веб-фреймворку Angular. При розробці також буде використано шаблон проектування «чиста архітектура».

**Висновки.** Підсумовуючи, можна зазначити, що впровадження розробленого порталу дозволить створити централізовану платформу для отримання актуальної інформації щодо навчального процесу та розкладу занять. Завдяки кращій комунікації з викладачами, доступу до розкладу занять і календарю подій студенти зможуть краще планувати свій час і підвищити успішність.

Варто зазначити, що створений портал буде корисним не лише для студентів, а й для викладачів і керівництва кафедри. Вони зможуть легко публікувати навчальні матеріали та оголошення, а також аналізувати метрики успішності студентів за допомогою інформаційної панелі і використовувати отримані результати для оновлення навчальних програм або для прийняття управлінських рішень.

#### Перелік посилань:

1. Harvard University. URL: <https://www.harvard.edu/> (дата звернення: 13.03.2024).
2. Regina Obe. PostgreSQL: Up and Running: A Practical Guide to the Advanced Open Source Database. O'Reilly Media 2017. 312 p.
3. Lock Andrew. ASP.NET Core in Action. Manning Publications Co., 2021. 799 p.
4. Wilken Jeremy. Angular in Action. Manning, 2018. 320 p.
5. Robert C. Martin. Clean Architecture: A Craftsman's Guide to Software Structure and Design, Pearson 2017. 432 p.
6. PostgreSQL. URL: <https://www.postgresql.org/> (дата звернення: 13.03.2024).

<sup>1</sup> Бакалаврант 4 курсу Гурин І.А.

<sup>1</sup> Доц., к.т.н. Тихоход В.О.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=8jB5oXsAAAAJ&hl=ru>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## СЕРВІС ПОШУКУ ЗАКЛАДІВ ХАРЧУВАННЯ ЗА СМАКОВИМИ ВПОДОБАННЯМИ КОРИСТУВАЧА

**Постановка проблеми та її актуальність.** Ринкові правила ведення бізнесу в умовах високої конкуренції вимагають від підприємств адаптуватись до сучасних умов, враховувати мінливі вимоги та тенденції. Заклади харчування не є винятком і також повинні враховувати зміну смакових трендів та звичок клієнтів. Наприклад, все більшу популярність серед населення на сучасному етапі набуває здорове харчування, тому заклади харчування можуть привабити таку категорію клієнтів, запропонувавши меню з корисними стравами. Але пошук клієнтом закладів, що повинні задовольнити його вподобання, викликає складнощі через недосконалість механізмів та засобів пошуку.

**Аналіз останніх досліджень.** Існують різні онлайн сервіси, що пропонують вибір закладів харчування, проте більшість з них спеціалізуються на додаткових послугах, таких як бронювання столика в обраному закладі, замовлення страв та доставки.

Розглянемо можливості деяких з таких сервісів. Онлайн-платформа Zomato [1] поєднує в собі послуги доставки їжі та пошуку ресторанів. Однією з ключових функцій системи є написання відгуків та надання рейтингу відвіданим ресторанам. Онлайн-сервіс OpenTable [2] спеціалізується на пошуку закладів харчування поблизу користувача з додатковою можливістю онлайн бронювання столику. Туристична платформа TripAdvisor [3] надає користувачам можливість пошуку інформації про апартаменти, активності та заклади харчування в обраній місцевості, ділитися своїми враженнями про відвіданні місця скориставшись можливістю написання відгуків та надання рейтингу цим місцях.

Отже, традиційні системи зазвичай надають базові параметри пошуку, що враховують загальні категорії та відгуки користувачів. Однак жоден з них не надає повноцінний персоналізований пошук за вподобаннями користувача, що враховує такі специфічні параметри як кулінарні вподобання клієнта, його смакові переваги, культурні традиції, дієтичні обмеження тощо.

**Формулювання мети.** Тому ведеться робота над розробкою сервісу пошуку закладів харчування, що забезпечуватиме користувачів унікальними можливостями пошуку. Система повинна надавати можливість гнучкого регулювання пошукових параметрів та здійснюватиме швидке отримання ранжованих результатів.

**Основна частина.** До основних функціональних характеристик програмного забезпечення відносяться:

- надання гнучких параметрів повнотекстового пошуку;
- здійснення пошуку в українській та англійській морфології;
- надання можливості зручного комбінованого пошуку за різними критеріями, основними з яких є: за географічною віддаленістю; за тривалістю шляху; за типом кухні; за меню; за ключовими словами у відгуках; за рейтингом;
- наявність фільтрів з можливістю виключення певних об'єктів з результатів пошуку.

Зручність інструментів пошуку за географічною віддаленістю враховує віддаленість закладів від поточного місцезнаходження користувача, від певних географічних об'єктів або від заданих географічних координат.

Пошуковий фільтр дозволяє обмежувати тривалість шляху до закладу харчування з врахуванням пішої ходи або пересуванні на автомобілі, для реалізації таких можливостей необхідна інтеграція стороннього картографічного сервісу, такого як Google Карти API.

Пошуковий фільтр за типом кухні враховує культурні, регіональні особливості, наприклад, українська, італійська кухні; також пошук враховує дієтичні обмеження, зокрема пошук вегетаріанських страв, страв з органічними компонентами тощо. Фільтр за параметрами меню здійснює повнотекстовий пошук в меню закладів харчування, що попередньо завантажується, пошук здійснюється в стравах меню та інгредієнтах страв. Пошук за ключовими словами у відгуках та фільтр за високим рейтингом використовує вбудовану систему відгуків та рейтингів та інформацію з сервісу Google Карти.

Основними компонентами системи (рисунок 1) є: Rest API — веб-служби; SPA — односторінковий насичений веб-застосунок; Google Карти — картографічний сервіс; Google Карти API — інтерфейс програмування картографічного застосунку; Агент Google Карти API — компонент взаємодії з Google Карти API; сховище Elasticsearch — індексоване сховище даних закладів харчування; сховище SQL — сховище даних закладів харчування.

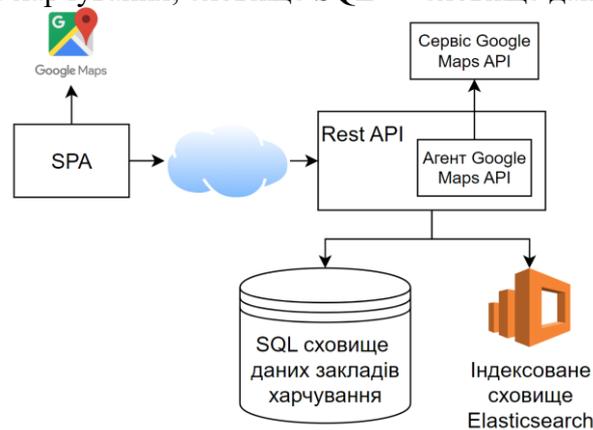


Рисунок 1 — Високорівнева архітектурна схема системи

Інтеграція Google Карт надає користувачу можливість проаналізувати розташування та оточення обраного закладу, що може об'єктивно вплинути на його вибір. Окрім цього, використання для комбінованого пошуку закладів харчування інтерфейсу прикладного програмування Google Карти API дозволяє отримати додаткову актуальну інформацію про заклади харчування, у тому числі їх розташування, контактні дані, представлений асортимент страв, особливості закладу, а також відгуки клієнтів.

Для організації індексованого сховища, необхідного для забезпечення ефективного пошуку за текстовими даними використано систему Elasticsearch [4]. Цей інструмент створено спеціально для роботи з великим обсягом структурованих та неструктурованих даних в режимі реального часу. Використання цієї технології надає можливість ефективно аналізувати інформацію про різні заклади харчування та відфільтрувати результати відповідно до вподобань користувачів.

**Висновки.** Отже, програмний продукт забезпечує користувачам пошук закладу харчування з врахуванням їх вподобань. Використання технології Elasticsearch дозволяє створити масштабоване індексоване сховище, що здатне обробляти великі обсяги даних та забезпечує швидкий доступ до результатів пошуку.

#### Перелік посилань:

1. Zomato: Restaurant aggregator and food delivery company [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: <https://www.zomato.com/> (дата звернення 12.03.2024)
2. OpenTable: A real-time online reservation network for restaurants [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: <https://www.zomato.com/> (дата звернення 12.03.2024)
3. TripAdvisor: The world's largest travel guidance platform [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: <https://www.tripadvisor.com/> (дата звернення 12.03.2024)
4. Elasticsearch [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: <https://www.elastic.co/elasticsearch> (дата звернення 12.03.2024)

<sup>1</sup> Бакалаврант 4 курсу Демидович Д.П.

<sup>1</sup> Доц., к.т.н. Кублій Л.І.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=rXA1eMIAAAAJ&hl=uk>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## СИСТЕМА ОБЛІКУ Й АНАЛІЗУ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ПІДПРИЄМСТВА

**Постановка проблеми та її актуальність.** Метою кожного бізнесу є одержання найбільшого прибутку за умови використання якомога менших ресурсів. Саме тому чіткий контроль фінансів є запорукою успіху [1]. Без використання спеціалізованих програм для відстеження фінансів відповідальна особа повинна читати й аналізувати паперові документи або, у кращому випадку, Excel-звіти. Безперечно це не так зручно, ніж просто відкрити застосунок, який зробить усе сам.

**Аналіз останніх досліджень.** На сьогоднішній день немає потужних застосунків для обліку саме фінансів підприємства, натомість є досить багато рішень для ведення особистого бюджету, серед яких можна виділити CoinKeeper, MoneyFlow, Moneon, Monefy [2]. Вони надають можливість слідкувати за власними коштами, переглядати витрати, моніторити борги тощо.

**Формулювання мети.** Основною метою при розробці системи обліку й аналізу ефективності роботи підприємства було акумулювати найкращі рішення від вищевказаних застосунків, оптимізувати їх під потреби бізнесу і додати інструменти для аналізу даних, створити централізовану платформу для оптимізації керування фінансами і діяльністю.

**Основна частина.** Застосунок для обліку й аналізу ефективності роботи підприємств, створений за допомогою веб-технологій, є інструментом, який дає можливість систематизувати всі аспекти керування фінансовою діяльністю компанії. Основними функціями програми є контроль над фінансовим потоком, створення звітів, проведення виплат заробітної плати працівників, перегляд аналітичних даних на основі доходів і витрат та отримання рекомендацій і порад.

Новаторською особливістю застосунку є його можливість надавати бізнес-аналітику та автоматично генерувати поради для власника підприємства. Це може включати рекомендації щодо оптимізації витрат, керування ліквідністю або стратегії розвитку. Такий підхід сприяє прийняттю керівником обґрунтованих рішень. Крім того, інтегрована система керування користувачами дає можливість делегувати доступ та обмежувати права для різних користувачів, забезпечуючи безпеку даних.

Для розуміння становища підприємства і вдалих керівних рішень важливо вчасно й достовірно отримувати необхідну інформацію. За допомогою розробленої програмної платформи власник або директор може внести в базу даних інформацію про всі фінансові джерела, які використовує підприємство (банківські рахунки, каси, гранти, кредитні активи тощо). Також користувач створює особисті категорії витрат і доходів, вносить інформацію про контрагентів, з якими співпрацює підприємство: орендодавці, страховики, банки, клієнти тощо. Крім того, головний обліковий запис організації надає можливість створити записи про працівників, згенерувати облікові записи підлеглих і надати їм доступ до конкретних фінансових джерел, з якими вони мають справу, також обмежити операції над коштами, які можуть робити певні працівники. Історія всіх дій записується в базу даних з відповідним часом, відповідальною особою і файлом підтвердження (чек, талон або товарно-транспортна накладна). Усе це допоможе краще відстежувати успішність підрозділів і, можливо, не повністю захистить від фінансових махінацій, але точно зробить їх більш складним процесом.

Важливою особливістю веб-застосунку є його вбудована бізнес-аналітика. Ця

функція служить інструментом аналізу, формує звіти про фінансові показники, діє як інтелектуальний порадник для користувачів, надаючи рекомендації з оптимізації витрат і вдосконалення фінансового планування. Бізнес-аналітика в застосунку визначає можливості для оптимізації витрат і виявлення перспектив для зростання підприємства. Такий підхід допомагає користувачам приймати обґрунтовані рішення для покращення фінансової ефективності. Вона стає партнером у прийнятті стратегічних рішень, сприяючи адаптації підприємства до ринкових змін і забезпечуючи стабільний розвиток.

При розробці застосунку, було використано останні UX/UI-тенденції [3], що позитивно вплинуло на зрозумілість програми і надає можливість швидко її опанувати. Інтерфейс розроблено у вигляді контрольної панелі, яка містить контейнер з головним контентом, і бічної панелі ліворуч з посиланнями на інші сторінки: головна сторінка з загальною інформацією, історія транзакцій, бізнес-аналітика, користувачі, контрагенти, налаштування.

Щоб розпочати роботу з системою, користувачеві необхідно увійти в систему або зареєструватися. Користувач потрапляє на головну сторінку, де він може отримати доступ до інструментів системи. Фінансові операції поділяються на дві категорії: доходи та витрати. Доходи — це, по суті, те, що компанія отримує, коли продає товар або послугу, тоді як витрати — це те, що бізнес інвестує для підтримки свого робочого процесу. Щоб створити транзакцію, користувач може натиснути кнопку “Створити” на вкладці “Транзакції”, ввести тип транзакції, вказати контрагента, суму і прикріпити файл підтвердження. Після завершення транзакції вона переноситься в архів і зберігається без можливості видалення. В архіві є інструменти фільтрації для відображення конкретних даних за датою, типом, контрагентом і відповідальною особою.

При розробці веб-платформи було використано ряд сучасних технологій. На боці клієнта використовувався фреймворк Bootstrap [4] і бібліотека React [5] на основі JavaScript. Ця бібліотека призначена для розробки швидких односторінкових веб-додатків. На боці сервера використовувалася платформа Node.js [6], призначена для запуску високопродуктивних мережеских додатків на основі JavaScript. Система керування базою даних — MySQL [7], яка забезпечує надійне зберігання та ефективний доступ до даних. База даних побудована на реляційній моделі з табличною структурою, що забезпечує можливість точного відстеження, категоризації та звітування про фінансові операції.

**Висновки.** Розроблена система дає можливість зручно відстежувати фінансовий стан підприємства, керувати залишком коштів та автоматично генерувати звіти. Застосунок вирізняється використанням сучасних технологій та інтеграцією сторонніх бібліотек, що додає візуальну привабливість і зручність в аналізі даних. Впровадження цього веб-застосунку не лише спрощує процес обліку та аналізу, але й надає користувачам інструмент для активного керування і вдосконалення їхньої бізнес-діяльності.

#### **Перелік посилань:**

1. International Science Group. Trends of modern science and practice. *Primedia eLaunch LLC*. February 8. 2022. P. 191-192.
2. 6 додатків, які допоможуть дотягти до зарплати та навіть накопичити: веб-сайт. URL: <https://laba.ua/blog/3181-6-prilozheniy-kotorye-pomogut-dotyanut-do-zarplaty>.
3. AMC College. UI/UX Design (Adobe XD CC). *Advanced Micro Systems Sdn Bhd*. November. 2022. P. 90-94.
4. David Griffiths. React Cookbook. *O'Reilly Media*. August 11. 2021. P. 199.
5. Alexander Benedikt Kuttig. Professional React Native: Expert Techniques and Solutions for Building High-quality, Cross-platform, Production-ready Apps. *Packt Publishing*. October 31. 2022. P. 69-75.
6. Thomas Hunter II. Distributed Systems with Node.js: *O'Reilly Media*. November 4. 2020. P. 82-86.
7. Jesper Wisborg Krogh, Mikiya Okuno. Pro MySQL NDB Cluster. *Advanced Micro Systems Sdn Bhd*. November. 2022. P. 41.

<sup>1</sup> Бакалаврант 4 курсу Зелінський В.Я.

<sup>1</sup> Проф., д.т.н. Шушура О.М.

<https://scholar.google.com/citations?user=beUGko0AAAAJ&hl=uk&authuser=2>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ОБМІН ІНФОРМАЦІЄЮ СИСТЕМИ ODOO З МЕСЕНДЖЕРОМ TELEGRAM

**Постановка проблеми та її актуальність.** У світі стрімкого технологічного розвитку комунікація між клієнтами та підприємствами стає все більш важливою для забезпечення задоволення потреб споживачів та оптимізації бізнес-процесів. У цьому контексті можливість користувачу системи управління бізнесом Odoo [1] комунікувати з користувачем месенджера Telegram набуває особливого значення.

Вирішення цього питання дозволить спростити комунікацію операторів з користувачами месенджера Telegram, структурувати доступ операторів до каналів переписки.

**Аналіз останніх досліджень.** Існує багато варіантів реалізації інтеграції Telegram в систему Odoo. Одними з яких є сервіси які надають можливість шляхом виконання якоїсь дії в системі одразу виконувати якусь дію в Telegram, наприклад прив'язати створення нового документа на продаж з відправкою повідомлення користувачу. Недоліком цього сервісу є відсутність зворотного зв'язку, користувач Odoo не може проінформувати клієнта.[2] Також існують реалізації які більш направлені на комунікацію з клієнтами. Один з яких є модуль дає можливість створювати канали і комунікувати з користувачами. Недоліком модуля є відсутність можливості, не виходячи зі сторінки, з будь-якого документа написати клієнта повідомлення.[3] Отже, є необхідність в створенні власного модуля інтеграції який би задовольняв потреби користувачів.

**Формулювання мети.** Метою цього дослідження є вдосконалення процесу обміну інформацією між системою управління бізнесом Odoo та месенджером Telegram, в контексті спілкування користувача з оператором. Будуть розглянуті технічні аспекти інтеграції, та практичні аспекти впровадження. **Завданням** є спрощення комунікації користувача Odoo і користувача месенджера Telegram.

### Основні задачі:

- аналіз системи управління бізнесом Odoo;
- аналіз та розробка способу взаємодії з Telegram API;
- розробка безпосередньо модуля інтеграції;
- розробка користувацької частини модуля для відправлення повідомлень з різних моделей Odoo.

**Основна частина.** Сучасні бізнеси доволі часто стикаються з вибором програмного забезпечення, що відповідає їх потребам та оптимізує бізнес-процесів. Для будь-якого підприємства вибір правильної системи управління стає важливим завданням. Odoo як доволі гнучка платформа має унікальні можливості для підприємств.

Серед переваг Odoo над іншими системами є:

- широкий функціонал, а саме управління складом, продажами виробництвом закупівлями фінансами, не завантажуючи нові модулі;
- гнучкість. Є можливість завантажувати нові модулі будь-то з спеціального магазину чи власні. З цього витікає і структурованість. Отже воно дозволяє вирішувати різні задачі, і впроваджувати індивідуальні рішення;
- інтегрованість. Odoo дозволяє швидко переміщуватися між різними моделями в залежності від задачі.

Для реалізації модуля інтеграції була обрана мова програмування Python з

бібліотекою pyTelegramBotAPI для взаємодії з Telegram API, система баз даних PostgreSQL, середовище розробки PyCharm.

Для комунікації між користувачем системи Odoo і користувачем Telegram, буде використовуватися Telegram Bot. Не дивлячись на те що існує альтернатива така як використання User Bot все одно було обрано саме бот. Тому що для роботи User Bot потрібен Telegram акаунт і його аутентифікація. Це може поставити під загрозу безпеку цього акаунта.

Схема взаємодії системи Odoo з Telegram сервером представлена на рисунку 1.

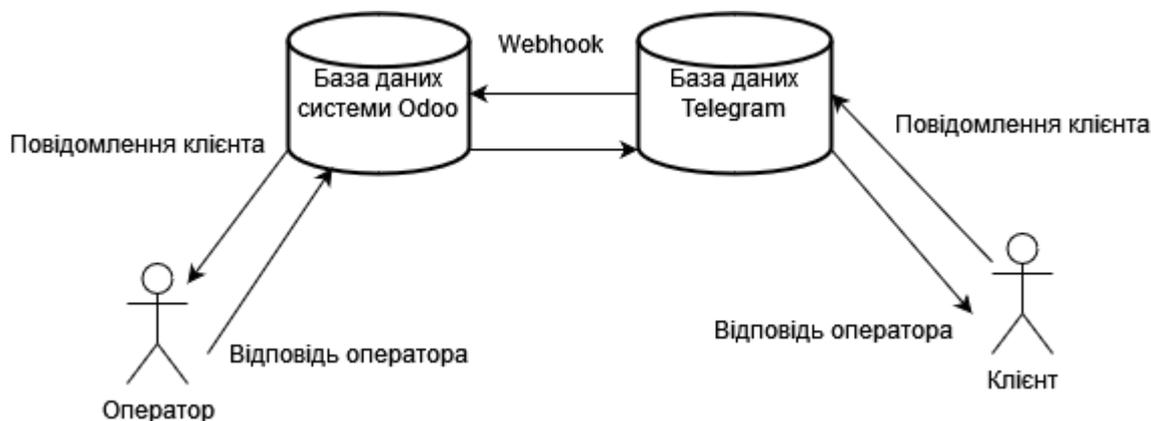


Рисунок 1 – Взаємодія клієнта з оператором (користувачем системи Odoo)

Для з'єднання системи Odoo з Telegram API буде використовуватися механізм Webhook. Webhook - це механізм оповіщення що відбуваються у системі за допомогою функцій зворотних викликів. Коли трапляється подія, що цікавить клієнта, сервер відправляє HTTP-запит на URL-адресу, надану клієнтом для прийому вебхуків. Тобто не має необхідності кожниц визначений період відправляти запит Telegram серверу, чи з'явилися нові повідомлення. Завдяки механізму Webhook сервер на стороні Odoo чекає на повідомлення від Telegram сервера.[4]

Модуль інтеграції отримує запит від Telegram сервера при надходженні будь-якого повідомлення. Далі без очікування запиту від Odoo сервера, пересилає йому це повідомлення, після чого користувач Odoo може побачити це повідомлення. В іншому випадку якщо оператор відправляє повідомлення з системи Odoo, Odoo дає запит на Telegram, в звичайному режимі.

**Висновки:** Розроблений модуль дозволяє вдосконалити процесу обміну інформацією між системою управління бізнесом Odoo та месенджером Telegram, в контексті спілкування користувача з оператором. Модуль буде корисним для будь-якої компанії, оскільки надає можливість взаємодії з клієнтами, не виходячи з системи Odoo, і забезпечує швидке записування необхідної інформації від клієнта.

#### **Перелік посилань:**

1. Odoo Documentation [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.odoo.com/documentation/16.0/> (дата звернення 13.03.2024).

2. Connect Odoo and Telegram Bot integrations [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.make.com/en/integrations/odoo/telegram> (дата звернення 13.03.2024).

3. Odoo Apps [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://apps.odoo.com/apps/modules/browse?search=telegram+integration> (дата звернення 13.03.2023).

4. Горлач В. М. Розробка веб-сервісу та чат-бота для комунікації органів студентського самоврядування зі студентами факультету [Електронний ресурс] / В. М. Горлач, О. Ю. Сидоренко. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: [https://ami.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2023/06/Sydorenko\\_Mahisterska.pdf](https://ami.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2023/06/Sydorenko_Mahisterska.pdf).

<sup>1</sup> Бакалаврант 4 курсу Кондрашін О.М.

<sup>1</sup> Доц., к.т.н. Тихоход В.О.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=8jB5oXsAAAAJ&hl=ru>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## СИСТЕМА ГЕНЕРАЦІЇ МУЛЬТИМЕДІЙНОГО КОНТЕНТУ З ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

**Постановка проблеми та її актуальність.** Останні дослідження у галузі штучного інтелекту та обробки зображень та відео демонструють значний прогрес у розробці систем, що автоматизують створення мультимедійного контенту. Методи глибокого навчання, генеративні моделі та нейронні мережі дозволяють створювати зображення, відео та аудіо контент з великою точністю та швидкістю.

**Аналіз останніх досліджень.** Розрізняють 4 складові мультимедіа контенту [1]: голос, текст, відеоряд та аудіоряд. Різні складові контенту можна створювати різними сервісами штучного інтелекту, такими як Descript, Runway, Fliki, Synthesia тощо.

Голосові дані можуть аналізувати та синтезувати сучасні моделі штучного інтелекту, такі як Microsoft Speech [2]. Наприклад, системи розпізнавання мови можуть перетворювати мовлення людини на текст, а системи синтезу мови можуть генерувати голосові команди, промови або аудіокниги.

Ефективно генерувати текст, що відповідає вхідному контексту або структурі, можуть сучасні моделі штучного інтелекту, зокрема генеративні нейронні мережі. Моделі, такі як GPT (Generative Pre-trained Transformer) [3], навчені на великих корпусах тексту, можуть створювати текст з високою ступеню зрозумілості та природності.

Моделі генерації відео, такі як DALL-E [4], можуть створювати нові відео або редагувати існуючі відеоматеріали. Вони можуть автоматично генерувати або маніпулювати відео, створюючи вражаючі візуальні ефекти або анімації.

У галузі аудіо моделі генерації звуку дозволяють створювати музику, розмовні аудіофайли або звукові ефекти. Наприклад, Beatoven [5] можуть створювати музику з натуральним та оригінальним звучанням.

**Формулювання мети.** Але ці засоби не надають можливості генерувати усі 4 типи інформації. Тому для створення сучасного мультимедійного контенту, призначеного для поширення в соціальних мережах, можна консолідувати роботу цих сервісів. Це вимагає автоматизації сценаріїв створення медіаконтенту. Тому ведеться робота над розробкою програмного забезпечення, що автоматизує розглянуту актуальну проблему.

**Основна частина.** Система генерації мультимедійного контенту, що розробляється, об'єднує контент шляхом накладання шарів з текстовим, аудіо-, та відео- рядами. Основні кроки сценарію генерації наступні:

1. Користувач вводить тему, на яку йому потрібно відео.
2. Користувач вносить параметри відео: чи потрібен TTS, чи потрібний музичний супровід, кількість кадрів у відео.
3. Сервер надсилає паралельні запити на сервіси генерації тексту, музики, мови, зображень для відео.
4. Після отримання всіх результатів сервер надсилає результати на клієнт.
5. Клієнт відображає вікно графічного редактору з відповідними шарами.
6. Користувач при необхідності змінює налаштування відео (гучність, розміри, положення тексту, оформлення тексту).
7. Клієнт перемальовує відео з новими налаштуваннями.
8. Користувач натискає кнопку "Завантажити".

9. Клієнт генерує відеофайл з допомогою бібліотеки etro.

10. Клієнт завантажує файл .webp на машину користувача

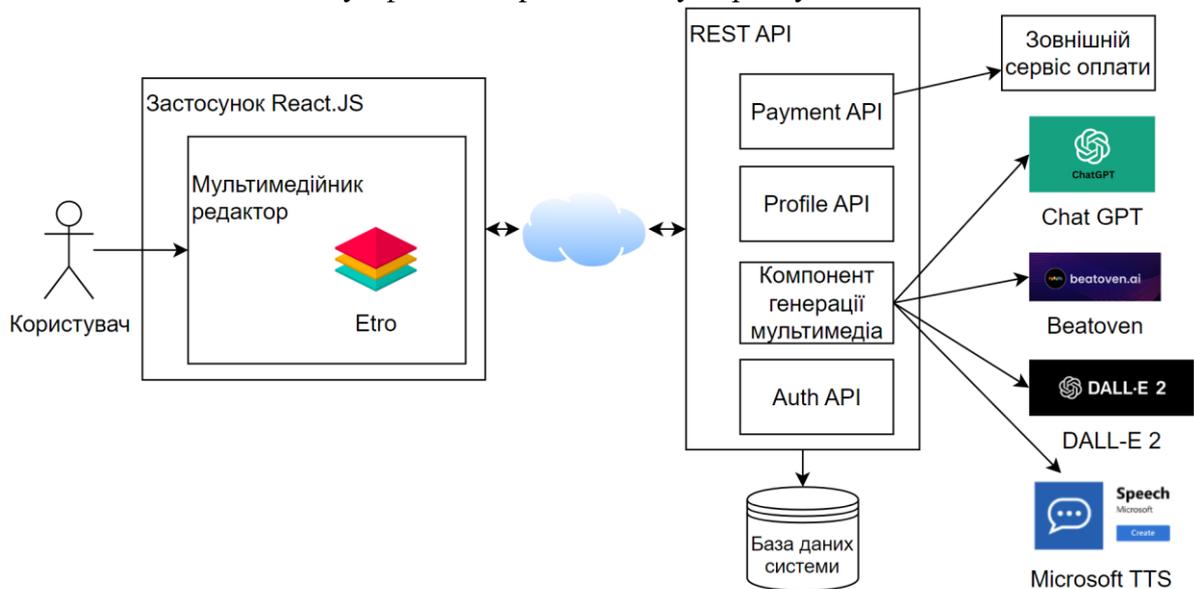


Рисунок 1 — Архітектура системи генерації мультимедійного контенту  
Основними компонентами системи є (рисунок 1):

- застосунок ReactJS — клієнський застосунок, що побудований з використанням каркасу ReactJS;
- мультимедійний редактор, що є частиною клієнтського застосунку та надає можливості об'єднання згенерованого контенту шляхом накладання шарів, для його реалізації використана бібліотека Etro;
- REST API — веб-служби, побудовані з використанням фреймворку Express;
- Payment API — веб-служби для оплати, що делегують повноваження оплати сторонньому сервісу оплати, а також забезпечують доступ до історії транзакцій;
- зовнішній сервіс оплати, що виконує банківські транзакції;
- Profile API — веб-служби, що забезпечують функціями керування профілем;
- Auth API — ці служби забезпечують автентифікацію та авторизацію користувачів;
- компонент генерації мультимедіа автоматизує сценарії відправки завдань зовнішнім сервісам ChatGPT, Microsoft TTS, Beatoven, DALL-E 2, очікує результат та відправку їх на сторону клієнтського застосунку;
- база даних зберігає всі дані системи.

**Висновки.** Розроблюваний продукт надає унікальні інструменти, що дозволять користувачу використовувати різні спеціалізовані інструменти для генерації мультимедійного контенту в єдиному веб-додатку, комбінувати отриманий контент у гнучкому відео редакторі та експортувати кінцевий результат у відео формат.

#### Перелік посилань:

1. Li Z. Fundamentals of multimedia / Z. Li, M. Drew., 2003. — 576 с. — (Prentice Hall). — (1st Edition).
2. Microsoft text to speech [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: <https://azure.microsoft.com/en-us/products/ai-services/text-to-speech#overview>.
3. GPT-4 is OpenAI's most advanced system, producing safer and more useful responses [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: <https://openai.com/gpt-4>.
4. DALL·E 3 understands significantly more nuance and detail than our previous systems, allowing you to easily translate your ideas into exceptionally accurate images. [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: <https://openai.com/dall-e-3>.
5. Beatoven: How It works [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: <https://www.beatoven.ai/how-it-works>.

<sup>1</sup> Бакалаврант 4 курсу Кордяк Р.М.

<sup>1</sup> Доц., к.т.н. Кублій Л.І.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=rXA1eMIAAAAJ&hl=uk>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ВЕБ-ТРЕНАЖЕР ДЛЯ БАГАТОКОРИСТУВАЦЬКОЇ ОНЛАЙН-ГРИ MOBILE LEGENDS

**Постановка проблеми та її актуальність.** Веб-тренажер для багатокористувацької гри, в даному випадку Mobile Legends, — це веб-сайт, у якому збирається корисна інформація про кожного героя гри, що дає можливість гравцям з легкістю вивчати нюанси ігрового процесу. Саме для такої гри це дуже актуально, адже в неї щоденно заходять більше п'яти мільйонів людей, а рекомендації щодо того, як грати в цю гру, практично відсутні. Звичайно, існує кілька сервісів, які поверхнево характеризують найпопулярніших героїв, проте, в більшості випадків, як і дизайн, так і сама інформація — застарілі. Дане рішення пропонує як сучасний і зручний дизайн, так і постійні оновлення інформації відповідно до змін у грі.

**Аналіз останніх досліджень.** Під час розробки веб-тренажера для гри Mobile Legends було проаналізовано такі веб-сайти, як OP.GG [1] і KQM [2]. Веб-сайт OP.GG збирає інформацію про найстабільніші і найпопулярніші способи гри в League of Legends [3]. Ця платформа має сучасний вигляд і зручний зрозумілий інтерфейс, а також дає користувачам максимально корисну інформацію. Багато гравців з усього світу діляться своїми даними, щоб сформувати якомога більшу вибірку, яка в подальшому обробляється програмою для визначення найефективнішого стилю гри за того чи іншого героя. Тут була запозичена сама ідея пропонувати користувачеві інформацію, підкріплену математичними обчисленнями або статистичним аналізом. Мета веб-застосунку KQM (KeqingMains) — публікувати дослідження, пов'язані з персонажами відеогри Genshin Impact. На сайті є стрічка новин, ідею про яку було запозичено саме звідти. Також на KQM постійно публікуються оновлення, оскільки гра постійно змінюється, а отже, і посібники потрібно оновлювати також. Таким чином, серед запозичень є меню героїв з їхніми зображеннями, стандартизація вигляду посібників про героїв, блок новин.

**Формулювання мети.** Основна мета й особливість розробки веб-тренажера — можливість для досвідчених гравців ділитися власними порадами. Також веб-застосунок має відрізнитися унікальним дизайном і функціоналом.

**Основна частина.** Користувач створеного веб-тренажера може авторизуватися на сайті, після чого йому стане доступна опція “створити”, яка дозволить почати писати нову публікацію. Якщо адміністрація затверджує її, то на головній веб-сторінці з'являється повідомлення про те, що розділ певного героя було оновлено. Це заохочує відвідувачів проглядати нові публікації та дізнаватися щось нове для себе.

Відвідувач сайту може вільно переглядати будь-яку розміщену інформацію без реєстрації за допомогою зрозумілого інтерфейсу. Першим, що бачить користувач — блок новин, який інформує про оновлення старих посібників або публікацію нових. Кожна новина через деякий час змінюється іншою за допомогою анімацій. Після блоку новин розміщено основну частину веб-застосунку — вибір героїв. Тут користувач може побачити картки з іменами та зображеннями всіх доступних героїв, а також коротку інформацію про їхню роль. Список можна відсортувати за роллю героя і за найпопулярнішою позицією, на якій грає герой. Список оновлюється динамічно, без перезавантаження сторінки. Усі дані про героїв беруться з бази даних, яка поки що локально зберігається в JSON-файлі. На сторінці конкретного героя розміщена більш детальна інформація про нього, а також

вказівки щодо його ігрового процесу. Інформація щодо базових характеристик героя береться з таблиці, яка міститься в базі даних. Далі йдуть пояснення про вибір правильних предметів з підрахунком ефективності, інформація про сильні і слабкі сторони героя, поради щодо бою з найбільш популярними суперниками для цього героя. У кінці сторінки є висновки про героя і деякі нюанси, котрі не вдалося вмістити в основну частину.

Зареєстрованим користувачам надається можливість повідомляти про помилки різного роду: помилки, пов'язані з написанням тексту, помилки в обчисленнях, помилкові вхідні дані. Розроблений застосунок також є відкритим програмним забезпеченням (open-source software). Це означає, що програмний код є доступним для редагування, і всі охочі мають змогу допомогти з розробкою шляхом редагування коду.

Після дослідження сучасних тенденцій зовнішнього вигляду застосунків було прийнято рішення, що темна тема буде темою за замовчуванням. Проте є можливість зміни теми з темної на світлу.

Застосунок має дві робочі мови — українську та англійську. Хоч англійських ресурсів у даній ніші вже є досить багато, проте, як було зазначено вище, вони аж ніяк не найкращі. Якщо ж мова йде про українськомовні ресурси, то аналогів даному продуктові просто не існує. Варто зазначити, що гра популярна в Україні до такої міри, що збірна України перемогла на Чемпіонаті Європи з Mobile Legends: Bang Bang у 2022 році [4]. Розроблений програмний продукт повинен стати як сильним конкурентом для подібних зарубіжних сервісів, так і цікавою та зручною новинкою на українському ринку. Пріоритизується направленість на зручність користування, щоб застосунок був зрозумілим навіть для найбільш необізнаного користувача.

Для розробки програмного застосунку використано мову розмітки HTML разом з мовою стилів CSS і мовою програмування JavaScript. Стандартної об'єктної моделі документа для веб-розробки вистачає для проєкту такого масштабу, і такі доповнення, як TypeScript або Tailwind CSS, будуть тільки переважувати процес розробки. Основною бібліотекою для розміщення елементів на сторінці є React — бібліотека JavaScript, яка дає можливість будувати інтерактивні інтерфейси. Головною перевагою обраної бібліотеки є швидкодія. Завдяки модульній системі побудови інтерфейсів веб-застосунків розміщується на одній сторінці, що дає можливість не завантажувати нові сторінки при переході між розділами. Для серверної частини застосовується інструмент Vite, за допомогою якого можна швидко налаштувати сервер і бачити всі зміни в реальному часі. В якості системи керування базами даних використано MongoDB. Дані будуть зберігатися у вигляді таблиць і за потреби будуть використовуватися під час завантаження сторінок.

**Висновки.** Після ретельного аналізу потреб гравців і вимог до сучасних ігрових платформ, веб-тренажер для гри Mobile Legends став відповіддю на виклик забезпечення доступної та актуальної інформації про кожного героя гри. Інтерфейс, що поєднує зручність, естетику та інтуїтивність, разом із можливістю користувачів ділитися власними порадами, створює середовище для покращення навичок у грі та сприяє активному обміну досвідом серед геймерської спільноти. З урахуванням широкого загального інтересу до гри і різноманіття користувачів з різних країн, застосунок підтримує вибір мови інтерфейсу і надає користувачам максимум корисної та актуальної інформації у зручному форматі. Використання розробленого веб-тренажера покращить користувацький досвід у сегменті веб-платформ для гравців Mobile Legends, сприятиме вдосконаленню ігрового процесу і досягненню нових вершин в Mobile Legends.

#### **Перелік посилань:**

1. OP.GG. URL: <https://www.op.gg>.
2. Genshin Impact Guides and Theorycrafting -- KQM. URL: <https://keqingmains.com>.
3. League of Legends. URL: <https://www.leagueoflegends.com>.
4. Збірна України виграла Чемпіонат Європи з Mobile Legends. 04.10.2022. URL: <https://players.com.ua/news/zbirna-ukrayini-vigrala-chempionat-yevropi-z-mobile-legends>.

## РОЗРОБКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПРИСТРОЇВ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ НА БАЗІ АРХІТЕКТУРИ ЦИФРОВИХ ОБ'ЄКТІВ

**Постановка проблеми та її актуальність.** Введення в традиційну схему пристрою перевірки дозволить визначити середній час доступу системи до DOA-сервера та надасть статус перевірки. Доступ до перевірконого пристрою з використанням певних технологій, таких як NFC або BLE створює додаткові затримки на інтерфейсах, але це не цільовий сценарій для даного дослідження.

**Аналіз останніх досліджень.** В даний час проведено мало досліджень затримок при передачі даних в системі архітектури цифрових об'єктів.

Лабораторний стенд був розроблений із введенням нового компонента (на відміну від традиційного підходу) – рівня верифікації об'єктів у системі DOA, що дозволяє підключати безліч різних пристроїв як шляхом безпосередньої фізичної взаємодії (технології NFC), так і за допомогою мережевої взаємодії (BLE, WiFi).

**Формулювання мети.** Проведення натурного експеримента з дослідженням затримки під час передачі даних у системі архітектури цифрових об'єктів. Лабораторний стенд буде розроблений із введенням нового компонента (на відміну від традиційного підходу) – рівня верифікації об'єктів у системі DOA, що дозволяє підключати безліч різних пристроїв як шляхом безпосередньої фізичної взаємодії (технології NFC), так і за допомогою мережевої взаємодії (BLE, WiFi).

**Основна частина.** Для апробації методів ідентифікації пристроїв інтернету речей на базі архітектури цифрових об'єктів було розроблено лабораторний стенд, який був заснований на безпосередній взаємодії пристрою, що ідентифікується з Handle-сервером через Інтернет (Рис. 1). У ході експерименту розглядався сценарій ідентифікації пристрою із застосуванням проміжного верифікаційного пристрою.

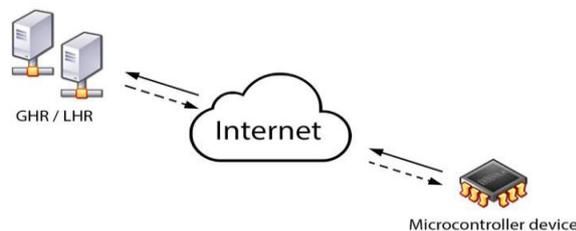


Рисунок 1 – Схематичне зображення взаємодії елементів під час ідентифікації пристроїв інтернету речей з урахуванням DOA (традиційний підхід)

Лабораторний стенд для ідентифікації пристроїв інтернету речей було розроблено із запровадженням нового компонента (на відміну від традиційного підходу) – рівня верифікації об'єктів у системі DOA. Стенд складається з наступних компонентів (Рис. 2):

- 1) Handle-сервер, що містить інформацію про пристрій, що ідентифікується;
- 2) мережа інтернет як мережева інфраструктура;
- 3) кінцевий пристрій (пристрій IoT або будь-який інший об'єкт, що ідентифікується);
- 4) додатковий рівень верифікації об'єктів у системі Digital Object Architecture.

Розглядаючи відмінності основних компонентів системи, варто відзначити об'єднання Global Handle Register та Local Handle Register в один об'єкт для здійснення випробувань на лабораторному стенді, учасникам дослідження було надано доступ до тестової зони DOA з префіксом «11.test», що дозволяє розмістити власні ідентифікатори в існуючій системі Digital Object Architecture. У перспективі, це дає можливість оцінити безліч характеристик системи, що розробляється на прикладному рівні.

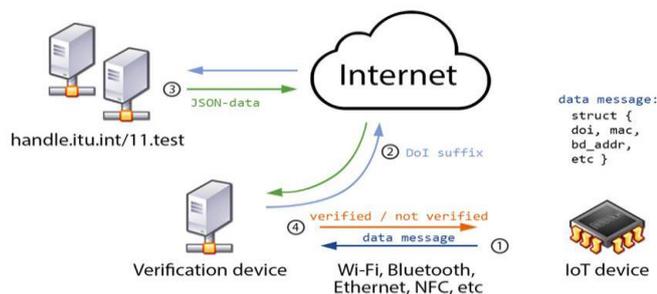


Рисунок 2 – Модернізована концепція системи ідентифікації пристроїв на базі DOA із застосуванням рівня верифікації

Процес верифікації пристрою з ідентифікатором DOA відбувається поетапно:

1) за допомогою одного з доступних інтерфейсів проводиться звернення до пристрою верифікації, який включає передачу масиву даних, що містить цифровий ідентифікатор об'єкта, а також дані, за якими безпосередньо відбувається перевірка істинності об'єкта - MAC-адреса, BLE-адреса, дата продажу продукту, унікальний номер продукту та ін;

2) пристрій верифікації визначає необхідний сервер для звернення, надсилає запит по заданому ідентифікатору об'єкта;

3) Handle-сервер відповідає на запит JSON-масивом, який містить необхідні поля, у тому числі поля, що відповідають за перевірку об'єкта на відповідність;

4) пристрій верифікації порівнює отримані дані по заданим полям, видає результат перевірки (як на засіб виведення інформації, так і безпосередньо на пристрій, що верифікується).

**Висновки.** Підсумовуючи, пристрій проходить перевірку через строго задані сервери DOA, захищені від прямого доступу для звичайних користувачів, не надаючи при цьому дані про ідентифікатор, що запитується. Цей підхід обмежує можливі сценарії подробиць пристроїв із цифровим ідентифікатором, одночасно розвантажуючи кінцевий пристрій. Отримана система у стаціонарному виконанні (у вигляді стенду) також дозволяє наочно продемонструвати швидкість процесу ідентифікації, маршрут руху службового трафіку та інші параметри. Аналіз результатів натурального експерименту показав, що найкраще значення затримки спостерігається під час обміну даними із сервером, що у Німеччині, а найгірше значення – із сервером, що у США.

#### Перелік посилань:

1. ISO 26324: 2012 Information and Documentation-Digital Object Identifier System //BSI British Standards. – 2012.

2. Handle.Net Registry. URL: [https://www.handle.net/hnr\\_documentation.html](https://www.handle.net/hnr_documentation.html) (дата звернення 22.02.2024)

3. The Handle System // The DONA Foundation. URL: <https://www.dona.net/handle-system> (дата звернення 22.02.2024)

4. Tinkermode, Internet of things platform, documentation [Електронний ресурс]. – URL: <https://dev.tinkermode.com/glossary>

5. Weber R. H. Internet of Things–New security and privacy challenges //Computer law & security review. – 2010. – V.26. – №. 1. – P. 23–30.

<sup>1</sup> Бакалаврант 4 курсу Сугулов Є.С.

<sup>1</sup> Доц., к.т.н. Коваль О.В.

<https://scholar.google.com/citations?hl=uk&user=zI4-oasAAAAJ>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ЗАСТОСУВАННЯ ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ОСВІТНЬОЇ ДІЯЛЬНОСТІ КАФЕДРИ

**Постановка проблеми та її актуальність.** У контексті швидкого розвитку цифрових технологій та їх інтеграції у сферу вищої освіти, виникає проблема підвищення якості навчального процесу за допомогою сучасних інноваційних інструментів. У світі, де інформація та технології швидко змінюються, ВММ надають можливість залишатися на передньому краї інновацій, автоматизуючи та покращуючи процеси, пов'язані з обробкою природної мови. Вони відіграють ключову роль у спрощенні багатьох завдань, від освіти до бізнесу, роблячи взаємодію з інформацією більш ефективною та доступною. Великі мовні моделі застосовуються у багатьох сферах, зокрема у перекладі текстів, автоматизації відповідей на клієнтські запити, створенні контенту, освіті для персоналізації навчального процесу, у сфері охорони здоров'я для аналізу медичних записів, у юриспруденції для аналізу правових документів, а також у дослідженнях для збору та аналізу даних.

Освітні заклади постійно шукають ефективні способи використання технологій для забезпечення високого рівня знань та практичних навичок студентів. В цьому аспекті особливу увагу привертають великі мовні моделі (ВММ), які можуть відігравати ключову роль у процесі навчання та дослідження. Перехід до інтеграції ВММ у навчальний процес вимагає ретельного аналізу можливостей та ризиків, врахування етичних міркувань, та розробку стратегій забезпечення справедливого доступу до цих технологій.

Наразі залишається недостатньо дослідженою можливість інтеграції ВММ у навчальний процес кафедр енергетичних спеціальностей для покращення якості освітньої діяльності. Це включає розробку методик використання ВММ для автоматизації створення навчальних матеріалів, підвищення інтерактивності та адаптивності навчання. В останні роки з'явилася значна кількість досліджень, що висвітлюють потенціал великих мовних моделей (ВММ) у різних сферах, включаючи освіту. Основна увага приділяється здатності ВММ генерувати контент, що може використовуватися для підтримки та поліпшення навчального процесу.[1]

**Аналіз останніх досліджень.** Одне з ключових напрямків дослідження - використання ВММ для створення персоналізованих навчальних матеріалів. Моделі, такі як GPT-3, демонструють здатність адаптувати текстовий контент до потреб конкретного студента, враховуючи його знання та інтереси [1]. Це може значно підвищити ефективність навчання, забезпечуючи студентам матеріали, які краще відповідають їхньому рівню підготовки та уподобанням.

Великі мовні моделі, крім GPT-3 від OpenAI, включають BERT від Google, який спеціалізується на розумінні контексту слів у пошукових запитах, і T5, також від Google, який покращує переклад, класифікацію тексту та відповіді на питання. Є також ERNIE від Baidu, що використовується для розуміння складної семантики тексту, і XLNet від Google/CMU, що здатен перевершувати BERT у деяких задачах завдяки своїй здатності краще враховувати порядок слів [2].

Дослідження Лі та співавторів (2020) показало, що ВММ можуть використовуватися для генерації дискусійних питань та завдань, які стимулюють критичне мислення студентів. Використання таких моделей для створення навчальних сценаріїв, які вимагають аналітичного підходу та розв'язання проблем, може сприяти розвитку важливих

аналітичних навичок [2]. ВММ також застосовуються для автоматизації процесу створення навчальних матеріалів, включаючи лекції, тестові завдання та навіть підручники. Дослідження, проведене Ван і співавторами (2022), вказує на високу ефективність ВММ у генерації якісних навчальних ресурсів, знижуючи час та витрати, пов'язані з традиційними методами їх створення [3].

Застосування ВММ для розробки інтерактивних навчальних модулів є ще одним важливим напрямком. Моделі, які здатні вести природньо-мовний діалог, можуть бути інтегровані у навчальні платформи для підтримки інтерактивного навчання. Це дозволяє студентам отримувати миттєвий зворотний зв'язок на свої питання та вправи, що підвищує їх залученість та мотивацію до навчання [4].

Також із використання ВММ виникають деякі проблеми. Наприклад, через те, що ВММ часто навчаються на величезних обсягах даних, зібраних з Інтернету, що може включати особисті дані користувачів. Це порушує питання про конфіденційність та безпеку даних, особливо коли моделі використовуються в освіті та дослідженнях. Крім того, генерація контенту ВММ може порушити авторські права, оскільки моделі можуть створювати твори, схожі на існуючі, не зазначаючи авторства оригінальних творців. ВММ можуть відтворювати та посилювати існуючі упередження в даних, на яких вони навчалися, що призводить до упереджених висновків та рекомендацій [2].

Крім того, уточнення контексту є важливим для великих мовних моделей, адже це дозволяє точно відповідати на запитання студентів, адаптувати навчальний матеріал до їхнього рівня знань та потреб, забезпечувати релевантність та актуальність інформації. Коректне розуміння контексту забезпечує ефективне використання ВММ для створення персоналізованих завдань, підтримки викладачів у оцінюванні робіт та залучення студентів через інтерактивність та глибше засвоєння матеріалу.

**Формулювання мети.** Метою дослідження є розробка та впровадження методик використання великих мовних моделей для забезпечення якості освітньої діяльності кафедри, з особливим акцентом на кафедрах енергетичних спеціальностей.

Було використано комбінацію кількісних та якісних методів дослідження, включаючи аналіз літератури, експертні інтерв'ю з викладачами та студентами, та пілотне впровадження ВММ на вибраних курсах. Основними використаними інструментами стали мовні моделі на кшталт GPT-3 для генерації навчальних матеріалів та створення інтерактивних навчальних модулів [1].

**Основна частина.** В результаті дослідження було проведено комплексне впровадження великих мовних моделей (ВММ) у навчальний процес кафедри, що дозволило отримати наступні ключові результати:

Покращення якості навчальних матеріалів: Використання ВММ сприяло автоматизації процесу створення навчальних матеріалів, зокрема розробки лекцій, практичних завдань та тестів. Це дозволило забезпечити високу якість та актуальність контенту, адаптованого до останніх трендів у сфері енергетики та до індивідуальних особливостей навчальної групи.

Збільшення зацікавленості студентів: Інтеграція інтерактивних елементів, створених за допомогою ВММ, таких як віртуальні лабораторії та симуляції, значно збільшила зацікавленість студентів у процесі навчання. Можливість "пограти" з даними та випробувати різні сценарії в реальному часі зробила навчання більш захоплюючим та ефективним.

Підвищення ефективності самостійної роботи: Автоматизоване генерування персоналізованих завдань та тестів дозволило студентам працювати над матеріалом в індивідуальному темпі, сприяючи кращому засвоєнню знань. Миттєвий зворотний зв'язок від системи на основі ВММ також допомагав студентам швидко ідентифікувати та виправляти помилки у своєму розумінні матеріалу.

Розвиток навичок критичного мислення: Використання ВММ для створення складних задач та сценаріїв дозволило студентам практикувати навички критичного

мислення та вирішення проблем. Завдання, розроблені з використанням ВММ, часто вимагали від студентів застосування комплексного підходу до аналізу ситуації та пошуку ефективних рішень.

Адаптація до потреб студентів: Застосування ВММ дало можливість адаптувати навчальний процес до індивідуальних потреб та рівня знань кожного студента. Це було досягнуто шляхом аналізу відповідей та реакцій студентів на навчальні матеріали та завдання, що дозволило вносити корективи в реальному часі.

Також ВММ значно спрощують перевірку завдань викладачами, автоматизуючи оцінювання текстових відповідей і навіть програмного коду. Вони можуть швидко аналізувати великі обсяги тексту, визначати його релевантність, оригінальність, та якість аргументації, що значно економить час викладачів. Крім того, ВММ можуть допомагати виявляти плагіат, забезпечуючи більшу об'єктивність оцінювання.

**Висновки.** Інтеграція великих мовних моделей в освітній процес не лише відкриває новітні шляхи для підвищення рівня освіти, але й робить навчання більш інтерактивним, персоналізованим та ефективним. Використання цих технологій дозволяє досягти вищої гнучкості в освіті, адаптуючи навчальні матеріали до індивідуальних потреб студентів та груп, забезпечуючи таким чином глибше засвоєння матеріалу. Однак, для максимальної ефективності необхідно продовжувати дослідження їх можливостей та розробляти методики, які дозволять адаптувати ці інноваційні інструменти до специфіки конкретних освітніх програм.

**Перелік посилань:**

1. Толочко, С., Хомич, В., & Колесник, Т. (2023). Великі мовні моделі в освітній і науковій діяльності. *Scientific Collection «InterConf»*, (166), 92–100.
2. The Transmitted. Що таке велика мовна модель (Large Language Model, LLM)? URL: <https://thetransmitted.com/adlucem/shho-take-velyka-movna-model-large-language-model-llm/> (дата звернення 10.03.2024)
3. Lee, S., et al. (2020). Enhancing Critical Thinking in Students Using Large Language Models for Question Generation. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*.
4. Wang, D., et al. (2022). Automating Educational Content Creation with Large Language Models: A Case Study. *Computers & Education*.
5. Smith, J., et al. (2022). Interactive Learning with Large Language Models: Integrating AI into Online Education Platforms. *Journal of Learning Technologies*.

<sup>1</sup> Бакалаврант 4 курсу Холодницька А.Ю.

<sup>1</sup> Доц., к.т.н. Кублій Л.І.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=rXA1eMIAAAAJ&hl=uk>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ВЕБ-ЗАСТОСУНОК ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ДІЯЛЬНОСТІ СПОРТИВНОЇ ШКОЛИ

**Постановка проблеми та її актуальність.** У сучасному світі розвиток фізичних здібностей стає не лише запорукою успіху, але й важливим елементом самореалізації. Спорт відіграє важливу роль у формуванні здорового способу життя і розвитку особистості, допомагаючи зберегти енергію та зосередженість у потоці щоденних викликів. Послуги, спрямовані на розвиток та вдосконалення фізичних здібностей людей різного віку, від дошкільного до дорослого, надають спеціалізовані заклади — спортивні школи (у контексті даної роботи з поняттям “спортивна школа” ототожнено спортивні гуртки, секції, студії, центри, клуби тощо). В Україні існує багато спортивних закладів, переважна більшість яких для взаємодії з відвідувачами-спортсменами обмежується інформаційними сайтами, соціальними мережами і месенджерами. Ці засоби не забезпечують повноцінного керування та ефективної взаємодії з аудиторією. Таким чином, актуальною є розробка засобів організації діяльності спортивних шкіл.

**Аналіз останніх досліджень.** Один із сучасних аналогів такого інструменту — платформа Glofox [1], яка надає широкий функціонал для спортивних закладів, зокрема, керування розкладом занять, бронювання записів на тренування, ведення фінансової звітності, аналітику відвідуваності, а також можливість отримувати сповіщення про нові події та акції. Платформа є платною, вартість її використання визначається відповідно до індивідуальних потреб спортивного закладу. Деякі спортивні установи мають власні програмні засоби, орієнтовані на покращення процесів організації. Прикладом такого закладу є “Школа акробатики Jump Up” [2]. У режимі онлайн користувачі веб-сайту можуть ознайомитися з видами діяльності школи, переглянути графіки занять за напрямками, придбати абонемент, а також замовити дзвінок зворотного зв'язку.

**Формулювання мети.** Метою дослідження є розробка веб-застосунку, спрямованого на оптимізацію процесів керування у сфері спортивного навчання.

**Основна частина.** На основі існуючих рішень і з врахуванням потреб користувачів розроблений веб-застосунок розв'язує такі завдання:

— надає можливість керувати графіком тренувань — тренери та адміністратори можуть швидко й ефективно керувати розкладом занять, моніторити використання абонементів, а також вести облік відвідувань чи відсутностей на тренуваннях;

— надає можливість відвідувачам відпрацьовувати пропущені заняття завдяки можливості повідомляти про свою відсутність на занятті (не пізніше, ніж встановлена кількість годин/хвилин, визначена адміністрацією спортивного закладу в налаштуваннях веб-додатку). Своєчасне інформування про відсутність дає можливість відвідувачеві відпрацювати пропущене заняття (можливо, в іншій групі чи під керівництвом іншого тренера) протягом терміну дії абонементу. Для відпрацювання пропущеного заняття відвідувач створює запит, вказавши дату, час і групу, в якій бажає відвідати тренування. Після створення запиту адміністратор або тренер обраної групи підтверджує або, якщо досягнуто максимальної кількості тих, хто бажає відвідати тренування, відхиляє його;

— забезпечує легкий доступ до інформації. Відвідувачі, батьки юних вихованців мають можливість переглядати розклад занять, отримувати повідомлення про оновлення або зміни в графіку, переглядати відомості про тренерів спортивного закладу, включаючи професійний досвід, досягнення і спеціалізацію;

— відстежує прогрес відвідувачів, завдяки чому відвідувачі можуть переглядати статистику власної відвідуваності, записувати персональні рекорди, а також отримувати детальний звіт про досягнення за різними аспектами спортивного навчання;

— здійснює мотивацію через бонусну систему. Застосунок передбачає використання системи бонусів з метою стимуляції користувачів до нових досягнень і підтримки активного способу життя. Спортсмени мають можливість накопичувати FitCoin-и за високу частоту відвідування, досягнення різноманітних цілей та участь у спортивних подіях.

Для розробки веб-застосунку, спрямованого на організацію діяльності спортивної школи, обрано клієнт-серверну архітектуру, яка передбачає розділення функціоналу між клієнтською і серверною частинами [3]. Клієнтська частина відповідає за відображення інтерфейсу користувача і взаємодію з ним, тоді як серверна частина обробляє логіку бізнес-процесів, виконує запити до бази даних і забезпечує обмін інформацією з клієнтом.

Клієнтську частину веб-застосунку розроблено з використанням фреймворку Angular [4]. Обраний інструмент дає можливість структурувати код у вигляді компонентів, що значно покращує читабельність, полегшує підтримку і розвиток проєкту. В інтерфейсі користувача є розділи «Тренування» (з опціями перегляду активності, персональних рекордів, створення запитів на відпрацювання), «Розклад», «Тренери», «Події» та «Fit-Gifts» (система заохочень).

Серверну частину веб-застосунку розроблено з використанням фреймворку NestJS [5], який є доцільним для побудови надійних масштабованих серверних додатків на Node.js. Фреймворк поєднує в собі елементи об'єктно-орієнтованого програмування, функціонального програмування і функціонально-реактивного програмування. Оскільки фреймворк NestJS синтаксично та архітектурно схожий на Angular-фреймворк, обидва використовують мову програмування TypeScript, то поєднання їхнього використання дасть можливість спростити архітектуру застосунку в цілому, перевикористати код та зменшити кількість помилок завдяки суворій типізації.

Системою керування базами даних обрано PostgreSQL, яка має вбудований механізм транзакцій і забезпечує дотримання ACID-властивостей [6]. Використання механізму транзакцій є критично важливим для таких операцій, як модифікація розкладу (включаючи запис/скасування присутності відвідувача на тренуванні), обмін бонусів на заохочувальні презенти, оновлення персональних даних користувачів тощо. Такий підхід до керування даними забезпечить високий рівень їхньої цілісності і зменшуватиме ризик втрати інформації, що є необхідним для успішного функціонування веб-застосунку.

Взаємодію між PostgreSQL і NestJS здійснено через бібліотеку TypeORM, яка базується на технології програмування ORM (Object-relational mapping) [7]. Ця технологія надає можливість взаємодіяти з базою даних веб-застосунку, перетворюючи об'єкти програми на записи в базі даних і навпаки.

**Висновки.** Розроблений веб-застосунок сприятиме покращенню процесів керування роботою спортивних закладів, роблячи їх більш ефективними і зручними для тренерів, відвідувачів-спортсменів, батьків юних вихованців та адміністрації.

#### **Перелік посилань:**

1. Game-changing gym management software. URL: <https://www.glofox.com/gym-management-software/>
2. Школа акробатики Jump Up. URL: <https://jump-up.com.ua/>
3. Client-Server Model. URL: <https://www.geeksforgeeks.org/client-server-model/>
4. Angular: веб-сайт. URL: <https://angular.io/>
5. NestJS: веб-сайт. URL: <https://docs.nestjs.com/>
6. PostgreSQL Transaction. URL: <https://www.postgresqltutorial.com/postgresql-tutorial/postgresql-transaction/>
7. TypeORM: веб-сайт. URL: <https://typeorm.io/>

<sup>1</sup> Бакалаврант 4 курсу Хороших О.Л.

<sup>1</sup> Доц., к.е.н. Сегеда І.В.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=cTob-AwAAAAAJ&hl=uk>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ВЕБ-ДОДАТОК ОБЛІКУ ТОВАРІВ В СКЛАДСЬКОМУ ПРИМІЩЕНІ

**Постановка проблеми та її актуальність.** Цифрові технології проникають майже в будь-яку сферу нашого життя. Веб-додатки для складського обліку і обліку товарів — це найяскравіший приклад цього на сучасному етапі. У цифрову епоху індустріальної революції розробка та впровадження веб-додатку зазвичай є ключовим етапом на шляху оптимізації управління запасами та збільшення ефективності складських операцій.

На сучасному етапі цифрові технології займають важливу позицію у життєдіяльності кожного з нас, реформуючи їх та роблячи значно ефективнішими, приємнішими та зручнішими. Однією з найяскравіших подібних трендів на нашому сучасному етапі є трансформація складських операцій та процесів управління товарами за рахунок спеціальних веб-додатків для складського обліку.

**Формулювання мети.** Етап розробки веб-додатку для обліку товарів на складі - одне з найбільш актуальних завдань в сучасному бізнесі. Цей веб-додаток передбачений для швидкого, зручного та легкого доступу до інформації про всі ті чи інші складські та транспортні товари, їх залишки, їх локацію і управління всією звітністю складської системи.

Однією з ключових функцій цього веб-додатку є точний облік кількості товарів на складі. Це допомагає уникнути дефіциту або надлишків, які можуть призвести до фінансових втрат і збоїв у ланцюжку поставок.

Крім того, розроблено досить гнучкий функціонал для перегляду статистики поставок, графіків та списку постачальників. Це дозволить більш точно відстежувати зміни в наявності товарів на складі і забезпечить швидке виявлення будь-яких проблем з їх дистрибуцією. Такий підхід підвищує ефективність управління запасами і сприяє вдосконаленню бізнес-процесів.

**Основна частина.** Для розробки було використано одні з найсучасніших технологій [1], таких як Typescript, React та Node.js, щоб забезпечити високу продуктивність та зручний користувацький досвід.

Щоб залучити якомога більшу кількість користувачів, потрібно було створити максимально простий і водночас зручний інтерфейс користувача.

Базуючись на літературі [2] та аналізі інтерфейсів аналогічних веб-додатків, була розроблена конкурентоспроможна система з доступом до необхідної інформації. Вона враховує як переваги, так і недоліки попередніх рішень. Перелік основних сторінок та функціоналу включає в себе:

Список складів - дозволяє переглянути всі доступні склади підприємства, а також швидко перейти на конкретний склад для подальшої роботи.

Стелажі - сторінка дозволяє переглядати і керувати стелажимами на кожному складі, задаючи їх місткість і розташування.

Товари - сторінка дозволяє переглядати всі доступні товари на складі, а також додавати, редагувати і видаляти товари в міру необхідності, для зручності на сторінці є поле пошуку і вибір сторінки списку, кількості товарів на одній сторінці.

Пошук товару - функція пошуку дозволяє швидко знайти конкретний товар за назвою, з метою швидкого перегляду інформації про товар без переходу до списку складів і полиць.

Таблиця товарів: Дана сторінка надає зручний інтерфейс для перегляду всіх товарів

у вигляді таблиці з основними характеристиками кожного товару та інформацією про місцезнаходження конкретного товару.

Статистика поставок - надає користувачеві можливість відстежувати і аналізувати історію поставок і список постачальників за певний період часу, що допомагає в плануванні запасів і управлінні складом.

Архів - на цій сторінці зберігається архівна інформація про товари, що дозволяє вести систематичний облік і надає можливість доступу до раніше збережених даних. В архів можна додавати списані, продані або браковані товари, які вже не можна використовувати в обліку, але інформація про них має бути збережена.

Поставка товарів - дозволяє користувачам додавати інформацію про нові поставки товарів на склад, оновлюючи наявні запаси та роблячи їх доступними для продажу чи використання.

В цілому, веб-додаток надає основні інструменти для ефективного управління запасами та складськими процесами, забезпечуючи зручний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для користувачів будь-якого рівня досвіду.

Використання сучасних технологій у проекті значно полегшило процес розробки та покращило якість результату. TypeScript став основною мовою програмування, що дозволило забезпечити більшу надійність і стабільність коду завдяки типізації та інструментам виявлення помилок на етапі розробки. React, у поєднанні з Redux Toolkit та Material-UI [3], надав потужний інструментарій для створення користувацьких інтерфейсів веб-додатку. Гнучкість та ефективність React спростили створення компонентів, а Redux Toolkit дозволив ефективно керувати станом додатку. Material-UI надав набір готових компонентів та стилів, які дозволили швидко створювати зручні інтерфейси, а також забезпечило їх сучасний вигляд.

Використання інтерфейсу REST API дозволило ефективно організувати взаємодію між клієнтською та серверною частинами веб-додатку. Це дозволило розділити фронтенд та бекенд, що зробило код більш модульним та зручним у підтримці та розвитку.

PostgreSQL як база даних разом із Sequelize як ORM забезпечило надійне зберігання та доступ до даних. Sequelize спростив взаємодію з базою даних за допомогою моделей та запитів [4], що робить процес розробки більш ефективним. Всі ці технології разом утворюють потужний інструментарій для розробки сучасного веб-додатку, що забезпечує, надійність та зручність використання.

**Висновки.** Використані сучасні технології у проекті для обліку товарів у складських приміщеннях підтверджує важливість цифрової трансформації у бізнесі. Веб-додаток, розроблений з використанням React, дозволяє ефективно керувати запасами, забезпечуючи швидкий та зручний доступ до інформації про товари. Ключові функції, такі як точний облік кількості товарів на складі та аналіз статистики поставок, допомагають уникнути помилок або надлишків товарів і покращують управління бізнес-процесами. Простий та зручний інтерфейс додатку забезпечує комфортне користування ним будь-якими користувачами, а використання сучасних технологій є важливою перевагою, для ефективного вирішення проблем бізнесу.

#### **Перелік посилань:**

1. Інтернет ресурс, Essential React Techniques for Top Development: <https://blog.openreplay.com/essential-react-techniques-for-top-development-in-2023/>
2. Інтернет ресурс, Inventory Management in The Digital Age: <https://www.brisklogic.co/inventory-management-by-digital-transformation/>
3. "React 18 Design Patterns and Best Practices: Design, build, and deploy production-ready web applications with React by leveraging industry-best practices" by Carlos Santana Roldán. P. 171-186.
4. "Modern JavaScript Web Development Cookbook: Easy solutions to common and everyday JavaScript development problems " by Federico Kereki. P. 270-312.

<sup>1</sup> Бакалаврант 4 курсу Чукін С.В.

<sup>1</sup> Асист. Голець В.О.

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## **РОЗРОБКА СЕРВІСУ ВЕБ ЗАСТОСУНКУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ОСВІТНЬОЇ ДІЯЛЬНОСТІ КАФЕДРИ З ВИКОРИСТАННЯМ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ НА БАЗІ АПАРАТНИХ ЗАСОБІВ КАФЕДРИ**

**Постановка проблеми та її актуальність.** Сучасне освітнє середовище постійно змінюється під впливом технологічного прогресу та соціокультурних змін. Великі мовні моделі (ВММ) відіграють важливу роль у цьому процесі, дозволяючи залишатися на передньому краї інновацій, автоматизуючи та оптимізуючи різні аспекти, пов'язані з обробкою мови.

Також важливо враховувати динамічний характер освітньої системи та змінювані потреби ринку праці. Кафедри повинні бути готові до швидких адаптацій у навчальному процесі та відповідати потребам сучасного суспільства та промисловості.

У сучасному світі, де цифрові технології швидко розвиваються і стають невід'ємною частиною вищої освіти, виникає проблема підвищення якості навчання за допомогою новаторських засобів. Великі мовні моделі (ВММ) відіграють важливу роль у цьому процесі, дозволяючи залишатися на передньому краї інновацій, автоматизуючи та оптимізуючи різні аспекти, пов'язані з обробкою мови. Вони стають ключовим інструментом у спрощенні багатьох завдань в освітній, бізнесовій та інших сферах, роблячи взаємодію з інформацією ефективнішою та доступнішою. Застосування великих мовних моделей розповсюджується на різні галузі, такі як переклад текстів, автоматизація відповідей на запити клієнтів, створення контенту, персоналізація навчального процесу в освіті, аналіз медичних записів у сфері охорони здоров'я, а також аналіз правових документів у сфері юриспруденції та дослідженнях для збору та аналізу даних.

У світлі цього освітні установи постійно досліджують ефективні способи використання технологій для забезпечення високого рівня знань і практичних навичок студентів. Особливу увагу при цьому привертають великі мовні моделі, які можуть стати ключовими учасниками у навчальному процесі та дослідженнях. Однак успішна інтеграція цих моделей вимагає ретельного аналізу можливостей та ризиків, урахування етичних аспектів та розробку стратегій для забезпечення рівного доступу до цих технологій.

На сьогоднішній день питання щодо можливості впровадження великих мовних моделей у навчальний процес кафедр енергетичних спеціальностей з метою покращення якості освітньої діяльності залишається недостатньо дослідженим. Це включає розробку методів використання ВММ для автоматизації створення навчальних матеріалів та підвищення інтерактивності та адаптивності процесу навчання. Останні дослідження акцентують увагу на потенціалі великих мовних моделей в різних галузях, зокрема в освіті, з фокусом на їх здатності генерувати контент для підтримки та покращення навчального процесу.

**Аналіз останніх досліджень.** Останні наукові дослідження в галузі управління якістю освітньої діяльності вказують на кілька ключових напрямків, що визначають сучасні вимоги та проблеми у цій області.

Індивідуалізація та персоналізація навчання: Згідно з дослідженнями, сучасні студенти мають різні стилі навчання, потреби та вимоги. Традиційні методи оцінки та управління не завжди враховують цю індивідуальність. Дослідники акцентують на необхідності розробки інструментів, які дозволять персоналізувати навчання та оцінку

успішності для кожного студента окремо.

Використання технологій у навчальному процесі: Останні дослідження вказують на потужний вплив технологій на освіту. Використання онлайн-ресурсів, інтерактивних платформ та інших інноваційних засобів може покращити доступність навчального матеріалу та зробити навчання більш ефективним.

**Формулювання мети.** У зв'язку з вищевказаними проблемами та враховуючи останні дослідження, метою цієї роботи є розробка і впровадження сервісу веб-застосунку для забезпечення якості освітньої діяльності на кафедрі. Головним завданням цього проекту є створення інструменту, який дозволить здійснювати комплексний аналіз та контроль якості навчання та викладання, а також забезпечити можливість ефективного управління цим процесом.

Конкретні цілі роботи включають:

Розробку веб-застосунку, який буде базуватися на сучасних мовних моделях.

Впровадження інструментів персоналізації та індивідуалізації навчання, що дозволить кожному студенту отримувати навчальний матеріал та оцінки відповідно до його потреб та можливостей.

Отже, основною метою даного дослідження є створення і впровадження інноваційного сервісу, який допоможе покращити якість освітньої діяльності кафедри шляхом застосування сучасних технологій та методів управління якістю.

**Основна частина.** Останні наукові дослідження в галузі управління якістю освітньої діяльності вказують на кілька ключових напрямків, що визначають сучасні вимоги та проблеми у цій області.

Індивідуалізація та персоналізація навчання: Згідно з дослідженнями, сучасні студенти мають різні стилі навчання, потреби та вимоги. Традиційні методи оцінки та управління не завжди враховують цю індивідуальність. Дослідники акцентують на необхідності розробки інструментів, які дозволять персоналізувати навчання та оцінку успішності для кожного студента окремо.

Використання технологій у навчальному процесі: Останні дослідження вказують на потужний вплив технологій на освіту. Використання онлайн-ресурсів, інтерактивних платформ та інших інноваційних засобів може покращити доступність навчального матеріалу та зробити навчання більш ефективним.

Автоматизація процесів управління якістю: Останні дослідження підкреслюють важливість автоматизації процесів управління якістю в освітній сфері. Використання інформаційних технологій та аналітичних інструментів може значно полегшити збір та аналіз даних, виявлення тенденцій та прийняття ефективних управлінських рішень.

**Висновки.** Розроблений сервіс веб-застосунку на базі мовних моделей та апаратних засобів кафедри дозволяє значно покращити процеси управління якістю освітньої діяльності. Впровадження такого сервісу може сприяти підвищенню ефективності навчального процесу, забезпеченню стабільної якості надання освітніх послуг та підвищенню конкурентоспроможності навчального закладу.

#### **Перелік посилань:**

1. Lee, S., et al. (2020). Enhancing Critical Thinking in Students Using Large Language Models for Question Generation. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*.
2. Smith, J., et al. (2022). Interactive Learning with Large Language Models: Integrating AI into Online Education Platforms. *Journal of Learning Technologies*.
3. Толочко, С., Хомич, В., & Колесник, Т. (2023). Великі мовні моделі в освітній і науковій діяльності. *Scientific Collection «InterConf»*, (166), 92–100.
4. The Transmitted. Що таке велика мовна модель (Large Language Model, LLM)? URL: <https://thetransmitted.com/adlucem/shho-take-velyka-movna-model-large-language-model-llm/> (дата звернення 10.03.2024)
5. Wang, D., et al. (2022). Automating Educational Content Creation with Large Language Models: A Case Study. *Computers & Education*.

<sup>1</sup> Бакалаврант 4 курсу Юрик Д.М.

<sup>1</sup> Доц., к.т.н. Лабжинський В.А.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=WxNReRoAAAAJ>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## РОЗВ'ЯЗАННЯ ГРАВІТАЦІЙНОЇ ЗАДАЧІ $N$ ТІЛ ЗА ДОПОМОГОЮ ШВИДКОГО МЕТОДУ МУЛЬТИПОЛІВ

**Постановка проблеми та її актуальність.** Стрімкий розвиток обчислювальної техніки поклав початок комп'ютерному моделюванню великих і складних систем. Це стало необхідним для розв'язання задач, що вимагають значного обсягу пам'яті та високої швидкості обчислень. Зусилля фахівців у цій галузі поступово привели до виникнення нової наукової концепції: «відкриття за допомогою обчислень», «обчислювальний експеримент», що доповнює традиційні методи (дослідження, натурний експеримент, побудова теорії). Обчислювальний експеримент відіграє особливу роль у випадку, коли безпосереднє експериментальне дослідження є дорогим, важко здійсненним, або коли досліджувана система залежить від багатьох параметрів, наприклад, у разі проведення досліджень процесів у мікро- та наномасштабах. На сьогоднішній день високопродуктивні обчислення становлять невід'ємну частину хімії, біології, медицини, економіки, багатьох міждисциплінарних досліджень. Але найбільше вони задіяні в механіці й фізиці.

Багато обчислювальних задач у галузі фізики зводяться до операцій оброблення даних для кожної пари об'єктів наявної фізичної системи. Такою задачею є, зокрема, проблема, широко відома в літературі як гравітаційна задача  $N$  тіл [1]. У найзагальнішому вигляді задача може бути описана в такий спосіб.

Нехай дана велика кількість тіл (планет, зірок тощо), для кожного з яких відома маса, початкове положення й швидкість. Під дією сил гравітації положення тіл змінюється, і шуканий розв'язок задачі полягає в моделюванні динаміки зміни системи  $N$  тіл протягом деякого заданого часового інтервалу. Для проведення такого моделювання заданий часовий інтервал зазвичай розбивають на часові відрізки невеликої тривалості та в подальшому на кожному кроці моделювання обчислюють сили, що діють на кожне тіло, а потім оновлюють значення швидкості й положення для всіх тіл.

**Аналіз останніх досліджень.** Розроблення й удосконалення масштабованих алгоритмів і ефективних методів з низькою обчислювальною складністю й низькими вимогами до обсягу пам'яті є невід'ємною частиною обчислювального прогресу. Прикладом такого алгоритму є швидке перетворення Фур'є (ШПФ) [2]. Загальновідомо, що добуток щільної  $N \times N$  матриці на вектор вимагає  $O(N^2)$  операцій і  $O(N^2)$  комірок пам'яті для зберігання матриці. Однак у випадку перетворення Фур'є (тобто у випадку використання матриці Фур'є) можна обійтися  $O(N \cdot \log N)$  операціями й  $O(N)$  комірками пам'яті для зберігання результату, якщо використовувати алгоритм ШПФ. Таким чином, якщо  $N$  має порядок мільйонів або мільярдів, то того ж порядку буде й алгоритмічне прискорення (нехай на порядок менше за рахунок  $\log N$ ), що дозволяє розв'язувати якісно інші наукові проблеми. Іншим, менш відомим алгоритмом перемножування щільної матриці спеціального типу на вектор є швидкий метод мультиполів (ШММ, англ. FMM – Fast Multipole Method) [3]. Обчислювальна складність цього алгоритму також дорівнює  $O(N \cdot \log N)$  або навіть  $O(N)$  і алгоритм вимагає  $O(N)$  комірок пам'яті. Цей метод зменшує обчислювальну складність множення матриці на вектор завдяки використанню

щільної матриці визначеного типу, яка виникає в багатьох фізичних системах. Однак на відміну від ШПФ, ШММ може застосовуватися до значно ширшого класу матриць, зокрема, до матриць, що використовуються у випадку розв'язання задач математичної фізики, статистики, штучного інтелекту тощо. ШММ є масштабованим алгоритмом, який дозволяє ефективно розв'язувати багатомірні задачі з мільйонами змінних на персональних комп'ютерах та на порядки більшою кількістю змінних на обчислювальних кластерах, включаючи гетерогенні архітектури.

**Формулювання мети.** Метою роботи є створення паралельної програмної реалізації ШММ для графічних процесорів (GPU) та оцінювання прискорення обчислень, отриманого за рахунок використання паралельної архітектури GPU.

#### Основна частина.

Власне, ШММ – це метод обчислення сум типу

$$\varphi_j = \sum_{i=1}^N q_i \cdot K(y_j, x_i), \quad j = 1..M, \quad (1)$$

де  $x_i$  та  $y_j$  – так звані джерела й приймачі, які суть точки в  $d$ -вимірному просторі,  $q_i$  – інтенсивності джерел,  $K$  – задана функція, називана ядром. Очевидно, що для обчислення подібних сум необхідно знайти добуток матриці з елементами  $K_{ji}$  на вектор з компонентами  $q_i$ , що в загальному випадку вимагає проведення  $O(M \cdot N)$  операцій. Зменшення зазначеної кількості операцій стає можливим завдяки застосуванню факторизації та контролю похибок.

**Факторизація.** Зазвичай після першого знайомства з алгоритмом ШММ виникає просте запитання, чи можна обчислити суму

$$\varphi_j = \sum_{i=1}^N q_i \cdot (y_j - x_i)^2, \quad j = 1..M, \quad (2)$$

за  $O(M \cdot N)$  операцій? Відповідь є позитивною й один рядок дає розв'язок:

$$\begin{aligned} \varphi_j &= \sum_{i=1}^N q_i \cdot (y_j^2 - 2 \cdot x_i \cdot y_j + x_i^2) = c_0 \cdot y_j^2 - 2 \cdot y_j \cdot c_1 + c_2, \\ c_0 &= \sum_{i=1}^N q_i, \quad c_1 = \sum_{i=1}^N q_i \cdot x_i, \quad c_2 = \sum_{i=1}^N q_i \cdot x_i^2. \end{aligned} \quad (3)$$

Насправді, коефіцієнти  $c_k$  можуть бути обчислені за  $O(N)$  операцій незалежно від приймачів. Далі, потрібно  $O(M)$  операцій, щоб одержати остаточний результат. У цьому випадку розв'язок дала факторизація ядра, тобто його представлення у вигляді суми добутоків функцій, що залежать тільки від джерел і тільки від приймачів. У загальнішому випадку ця ідея представляється так. Нехай ядро  $K$  після факторизації має такий вигляд:

$$K(\vec{y}, \vec{x}) = \sum_{i=1}^{\infty} C_i(\vec{x}) \cdot F_i(\vec{y}) = \sum_{i=1}^P C_i(\vec{x}) \cdot F_i(\vec{y}) + \varepsilon_P \quad (4)$$

де  $F_i$  – деякі базисні функції та  $C_i$  – коефіцієнти розкладання. Передбачається, що ряд збігається й може бути усічений до перших  $P$  членів, при цьому з'явиться похибка наближення  $\varepsilon_P$ . Підставивши (4) в (1) і змінивши порядок підсумовування, неважко помітити, що формула (3) працює й у цьому випадку, і всі  $\varphi_j$  можна обчислити за  $O(P \cdot M + P \cdot N)$  операцій. Якби все цим обмежувалося, то метод швидкого підсумовування був би готовий до практичного застосування.

**Контроль похибки.** Уже на цьому етапі видно, що запропонований метод має похибку,

і це є важливою особливістю ШММ, на відміну, наприклад, від ШПФ. З погляду математика, неточність методу є таким собі недоліком. Однак, виходячи із практичної точки зору, можливість прискорити обчислення за рахунок похибки, яка може бути суворо контрольованою, імовірно, є позитивною рисою. Більше того, виявляється, що похибку методу можна зробити, наприклад, меншою за точність машинних обчислень із подвійною точністю. У цьому випадку результати, отримані за допомогою ШММ, будуть не менш точними, ніж, скажімо, обчислення синуса або квадратного кореня. Примітно, що через похибки округлення результати, отримані за допомогою ШММ для великих матриць, можуть бути точнішими порівняно з безпосереднім підсумовуванням (метод «грубої сили»). ШММ є спектральним методом, використовувані ряди досить швидко збігаються, і зазвичай  $P = O(\log \varepsilon_p)$ . Залежно від норми контролю похибки  $P$  може бути постійним або збільшуватися пропорційно  $\log N$ . У будь-якому випадку виникає концепція обміну точності обчислень на швидкість.

*Використання ШММ у високопродуктивних обчисленнях.* Наведений опис алгоритму ШММ був б далеко не повним, якби не був згаданий зв'язок алгоритму з високопродуктивними обчисленнями, проведеними на пристроях з паралельною архітектурою (багатоядерні процесори, обчислювальні кластери, графічні карти, гетерогенні архітектури тощо). Практично відразу після створення ШММ стало ясно, що метод характеризується дуже високим ступенем паралелізму [4]. Зокрема, незважаючи на те, що послідовний (непаралельний) алгоритм ШММ на практиці в кілька раз швидше, ніж ШММ для матриць того ж розміру, для великих паралельних систем ШММ може виявитися швидшим, що пов'язане з меншим кількістю використовуваних процесорів і більш простою топологією комунікацій між ними. Для практичної реалізації ефективнішим є підхід, заснований на використанні графічних процесорів. Перша реалізація ШММ на персональному комп'ютері з однією високопродуктивною графічною картою NVIDIA 8800 GTX викликала великий резонанс після детальної публікації [5]. Це робить здійсненням розв'язання досить великих еволюційних задач на набагато дешевшому й доступнішому апаратному забезпеченні.

**Висновки.** Швидкий метод мультиполів є сучасним чисельним методом, що дозволяє якісно прискорити розв'язання низки основних задач математичної фізики, оброблення сигналів, статистики, комп'ютерного зору й графіки, а також застосовуватися в інших галузях знань, пов'язаних з моделюванням великих систем і обробкою великих обсягів інформації. ШММ є алгоритмом, який добре піддається паралелізації у різних масштабах, що дозволяє ефективно використовувати сучасні обчислювальні архітектури для апаратного прискорення. Розвиток і вдосконалення ШММ як алгоритму не завершено і є дуже актуальною темою для наукових досліджень. Його розвиток пов'язаний як з теоретичними розробками в галузі представлення функцій і операторів, лінійної алгебри, обчислювальної геометрії, структур даних тощо, так і з розвитком обчислювальної техніки, появою нових обчислювальних архітектур.

#### **Перелік посилань:**

1. Andrews G. R. Foundations of Multithreaded, Parallel, and Distributed Programming. Reading, MA: Addison-Wesley, 2000. 688 p.
2. Grama A., Gupta A., Karypis G., Kumar V. Introduction to Parallel Computing: 2nd ed. Reading, MA: Addison-Wesley, 2003. 664 p.
3. Anisimov V., Stewart J. J. P. Introduction to the Fast Multipole Method. Boca Raton, FL: CRC Press, 2022. 460 p.
4. Greengard L., Groppe W. D. A parallel version of the fast multipole method. Comput. Math. App. 1990. Vol. 20, № 7. P. 63–71.
5. Gumerov N. A., Duraiswami R. Fast multipole methods on graphics processors. J. Comput. Phys. 2008. Vol. 227, № 18. P. 8290–8313.

<sup>1</sup> Бакалаврант 4 курсу Якименко Д.В.

<sup>1</sup> Доц., к.т.н. Кублій Л.І.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=rXA1eMIAAAAJ&hl=uk>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ЗАСОБИ ГЕНЕРАЦІЇ ТЕКСТОВИХ МАТЕМАТИЧНИХ ЗАДАЧ ШКІЛЬНОЇ ПРОГРАМИ З ВИКОРИСТАННЯМ WINDOWS FORM

**Постановка проблеми та її актуальність.** З 2007 року в Україні запроваджено обов'язкове для проходження зовнішнє незалежне оцінювання (ЗНО), у 2022 — національний мультипредметний тест (НМТ), і в обох тестах була присутня математика, а з 2021 вона стала обов'язковою для складання всім випускникам, тому для успішної підготовки треба мати велику базу завдань, які надавалися під час проходження цих тестів. Пошук оригінальних завдань, які можуть трапитися на тестуванні, потребує дуже великої кількості часу й зусиль, створення ж задач з власними умовами і числами, вимагає глибоких знань з математики і сконцентрованості у своїх діях. Таким чином, перспективним є програмне створення нових задач на основі тих, які були в тестах раніше.

**Аналіз останніх досліджень.** На даний час існують десятки веб-сайтів, на яких зберігається велика база тестів [1], відсортованих за темами або роками ЗНО. Існує достатньо онлайн-генераторів завдань для самостійної підготовки, але якість їхньої роботи аж ніяк не найкраща. Написано безліч книг, де зібрано тисячі задач і сотні пояснень, як їх розв'язувати. Проте в усіх цих джерелах інформації є один мінус — цікаві й оригінальні задачі закінчуються, а використання одних і тих самих тестів на різних сайтах досить поширене.

**Формулювання мети.** Метою є розробка і створення програмного забезпечення для генерації текстових математичних задач, яке надає можливість генерувати задачі будь-якого типу в межах шкільної програми, швидко і якісно забезпечити як учителя, так і учнів або ж простого користувача безліччю цікавих, складних і варіативних завдань, надати можливість швидко перевіряти правильність відповідей, але найголовніше, запропонувати майбутнім випускникам шкіл підготуватися до складання ЗНО, НМТ чи державної підсумкової атестації з математики.

**Основна частина.** Основне завдання розробленого програмного забезпечення полягає не тільки в простій генерації математичних задач, а й у можливості вибирати конкретні теми для завдань, зберігати згенерований текст у файлах і створювати блоки тестів, схожих на ті, що надаються для перевірки знань вступників.

При розробці генератора текстових математичних задач шкільної програми було враховано і виправлено вказані вище недоліки, а функціонал та інтерфейс застосунку для зручності було трохи запозичено з дуже популярного серед випускників веб-сайту [2].

За допомогою даного програмного продукту користувач зможе отримувати задачі, подібні до тих, які йому траплятимуться в Інтернеті, а також він зможе отримувати короткий розв'язок до згенерованої задачі. Хорошим рішенням є додавання підбору задач за темами для зручної підготовки і повторення конкретних блоків математики. Вчителям застосунок також буде корисним, наприклад, для підготовки до занять. Тому, враховуючи це, було додано можливість створення і збереження тестів з або без варіантів відповідей. Загалом програма значно економить час користувача незалежно від того, вчитель це чи учень. Програмний застосунок має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, що надає можливість роботи з ним користувачам з різними рівнями підготовки. Основне вікно містить поле для відображення тексту завдань і меню з кнопками. Користувач може швидко налаштувати параметри завдань, вибрати необхідну кількість, формат і тему, а також зберегти результати

роботи у файлі. Програма має вбудовані інструменти перевірки відповідей, що значно спрощує процес навчання і підготовки до тестів. Користувач може швидко перевірити правильність своїх відповідей, отримати короткий виклад розв'язання конкретних завдань, що сприяє полегшенню вивчення математики.

Для генерації завдань використовуються шаблони задач, розроблені на основі Windows form. Залежно від вибору теми, кількості завдань та інших налаштувань, обираються відповідні заготовки тексту (для кожної задачі буде кілька текстових заготовок) і генеруються числа. Таким чином на виході користувач отримає текст задачі, який буде подібним до завдань з Інтернету, але матиме свої числа. Такий підхід дасть можливість швидко отримувати задачі і забезпечить можливість для майбутнього розширення набору шаблонів.

При розробці модулів веб-платформи використано сучасні технології. Для написання зручного і водночас простого інтерфейсу — Windows Forms — технологію для створення десктопних застосунків у середовищі операційної системи Windows, яка надає розробнику доступ до різноманітних графічних елементів для створення інтерфейсу користувача, забезпечуючи можливість створювати зручні та інтуїтивно зрозумілі для програми [3]. Для логіки застосунку і для взаємодії з елементами інтерфейсу — мову C++, відому своєю ефективністю і можливістю працювати з низькорівневими операціями; вона дає можливість максимально використовувати ресурси комп'ютера і створювати продуктивні застосунки, що робить її ідеальним вибором для створення швидких і надійних десктопних програм. Середовищем для розробки було обрано Visual Studio — інтегроване середовище розробки, яке надає зручні інструменти для створення й налагодження програм, написаних різними мовами програмування, включаючи C++; воно має багато корисних функцій, таких як автодоповнення коду, інтегровані відлагоджувальні інструменти, а також можливість роботи з версійним контролем [4], воно зручне й надійне, є великий досвід роботи з цим середовищем розробки.

Вказані складові дають можливість розробникам створювати десктопні програми для операційної системи Windows з використанням широкого спектру функціональних можливостей і гнучкого інтерфейсу користувача. Вони сприяють створенню продуктивних та ефективних застосунків, які задовольняють потреби користувачів.

**Висновки.** Впровадження застосунку значно полегшує процес навчання і підготовки до екзаменів. Він надає користувачам доступ до різноманітних завдань з різних тематик, враховуючи складність завдань, персоналізований підхід до навчання, миттєвий зворотний зв'язок і підготовку до стандартизованих тестів. Користувачі можуть аналізувати свої помилки й підвищувати рівень знань. Застосунок сприяє покращенню академічних досягнень і підготовці до успішного складання тестів, покращенню й полегшенню роботи вчителів, які можуть використовувати цей інструмент для створення і надання учням додаткових завдань, перевірки їхнього рівня знань, створення контрольних тестів. Також застосунок надає вчителям можливість швидко перевіряти виконані учнями завдання та ідентифікувати теми, в яких необхідна додаткова увага чи підтримка. Застосунок є корисним інструментом для вчителів у навчальному процесі, сприяючи індивідуалізації навчання, підвищенню ефективності викладання і збереження їхнього часу. Створений генератор текстових математичних задач для шкільної програми не обмежується лише учнями і вчителями. Його може використовувати будь-який користувач, який цікавиться математикою або просто бажає тренувати свої здібності.

#### **Перелік посилань:**

1. Український центр оцінювання якості освіти. <https://testportal.gov.ua>
2. ЗНО-онлайн. URL: <https://zno.osvita.ua>
3. Macdonald M. Developing Windows 10 Applications with C#. New York: Manning Publications Co, 2018. P. 51-55.
4. Stroustrup B. Programming: Principles and Practice Using C++ (2nd Edition). New Jersey: Addison-Wesley, 2014. 1272 p.

<sup>1</sup> Бакалаврант 4 курсу Яценко М.І.

<sup>1</sup> Доц., к.т.н. Тихоход В.О.

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=8jB5oXsAAAAJ&hl=ru>

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ВЕБ-СИСТЕМА ПОШУКУ ТА РЕЙТИНГУВАННЯ ЗАКЛАДІВ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ

**Постановка проблеми та її актуальність.** Забезпечення для дитини якісної освіти та всебічне формування особистості завжди турбує відповідальних батьків. На мотивацію дитини до навчання та саморозвитку значний вплив мають школа та педагоги. Тому вибір навчального закладу або пошук тренера для спортивного гуртка для дитини має велике значення для батьків. І в сучасних умовах складно здійснити вибір, оскільки для цього треба опрацювати багато інформації про різні аспекти навчання у освітніх закладах. Таким чином, розробка та впровадження системи, що допоможе батькам в пошуках в одному місці детальної інформації про навчальні заклади, може полегшити такий вибір. Ця система повинна містити реальні відгуки та оцінки для розуміння реального досвіду навчання людей у визначеному закладі.

**Аналіз останніх досліджень.** Наразі основним джерелом отримання інформації про навчальні заклади є їх сайти, але переважно вони не містять відгуків учнів про їх процес навчання. Для отримання відгуків про реальний досвід навчання люди найчастіше відвідують сайт «Google карти», який містить відгуки про різні заклади, в тому числі і навчальні. Але даний ресурс надає лише загальну оцінку, а при виборі навчального закладу батьки можуть керуватись спеціальними критеріями вибору, наприклад, необхідність високого рівня математичної підготовки, мотивація співпраці дирекції школи з спортивними гуртками або досягнення учнів з фізики (олімпіади, конкурси МАН тощо).

**Формулювання мети.** Саме тому є потреба в наявності системи, що повинна консолідувати інформацію про початкові заклади, їх досягнення та рівень підготовки, визначення об'єктивного рейтингу, що включає реальні оцінки учнів щодо багатьох критеріїв процесу навчання, досягнення та активності.

**Основна частина.** Ведеться розробка прототипу системи, що надає різні критерії та фільтри пошуку та вибору навчального закладу. До основних критеріїв можна віднести:

- геопросторове розташування, віддаленість та безпечність шляху від дому;
- якість викладання педагогічним складом за об'єктивним критеріями, такими як, наприклад, досягнення учнів у конкурсах та олімпіадах;
- вимогливість та доступність навчання, що враховує індивідуальний підхід до слабких та сильних учнів;
- стан класів та обладнання, наявна інфраструктура;
- позитивні відгуки та рейтинг.

Наповнення інформаційної системи можуть здійснювати представники адміністрації шкіл, батьки та учні. Для цього в системі передбачено електронні кабінети для відповідних категорій користувачів. Передбачається, що доступ до системи користувачі отримуватимуть після подачі відповідної електронної заявки з підкріпленням ідентифікуючих документів, наприклад, довідки з відділу кадрів, учнівського квитка тощо. Розглядом заявок, їх поверненням та затвердженням займається спеціальна особа, що наділена правами адміністратора.

Важливою також є наявність ролі модератора системи, що повинен переглядати залишені відгуки, дозволяти їх до публікації або відхиляти через порушення політик та

регламентів системи, загально прийнятих норм поведінки та ввічливості.

Основними компонентами системи (рисунок 1) є: Azure Blob Storage — хмарне сховище файлів, в якому зберігаються фото та відео файли, пов'язані з закладами освіти; SQL сховище даних закладів освіти — реляційна база даних під керування системи керування базами даних Microsoft SQL Server [4]; REST API — веб-служби керування даними про заклади освіти, для реалізації яких використовується технологія ASP.NET Core Web API; Клієнтський застосунок Blazor WebAssembly — веб-застосунок із використанням технології Blazor; Google maps API — інтерфейс прикладного програмування картографічного сервісу Google Карти; сховище Elasticsearch — індексоване повнотекстове сховище даних закладів освіти.

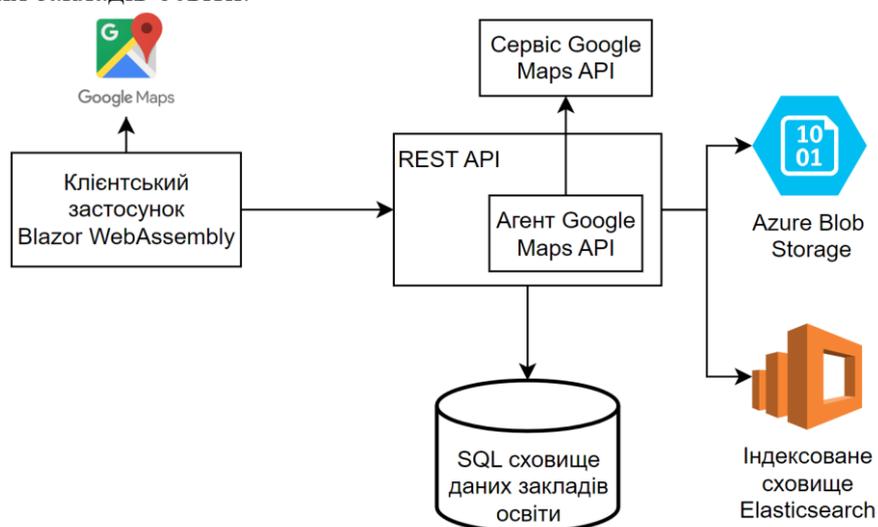


Рисунок 1 — Високорівнева архітектура системи пошуку закладів дозвілля

Використання сервісу Google Карти та інтерфейсу прикладного програмування Google Карти API [1] дозволяє реалізувати геопросторову компоненту системи. Всебічний пошук інформації реалізовано за допомогою системи Elasticsearch [2], що підтримує повнотекстовий пошук, пошук за ключовими словами, локацією тощо.

Різні функції системи потребують мультимедійну інформацію, зберігання та доступ до мультимедійних файлів за посиланням забезпечується сервісом Azure Blob Storage [3].

Особливого значення набуває розробка алгоритму рейтингування закладів освіти, оскільки ця оцінка суттєво впливатиме на сприйняття системи в цілому. При розрахунку цього показника потрібно враховувати якомога більше об'єктивних факторів успішності, уникаючи впливу випадкових або суб'єктивних оцінок або факторів.

**Висновки.** Отже, веб-система пошуку та рейтингування закладів освіти покликана значно покращити та спростити процес вибору навчального закладу для школярів та їх батьків, оскільки вона надає широкий вибір фільтрів та параметрів пошуку, містить можливість перегляду реальних об'єктивних досягнень учнів та педагогів, відгуки та оцінки. А оскільки даний продукт наразі не має аналогів по функціоналу, то він зможе внести значний внесок у інформатизацію країни.

#### Перелік посилань:

1. Google maps API [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: <https://developers.google.com/maps> (дата звернення 12.03.2024)
2. Платформа ElasticSearch [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: <https://www.elastic.co> (дата звернення 12.03.2024)
3. Хмарне сховище Azure Storage [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: <https://azure.microsoft.com/en-us/products/category/storage> (дата звернення 12.03.2024)

Система керування базою даних Microsoft SQL Server [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: <https://learn.microsoft.com/en-us/sql/sql-server/what-is-sql-server?view=sql-server-ver16> (дата звернення 12.03.2024)

## ЗМІСТ

<b>СЕКЦІЯ №7 АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ</b>	<b>3</b>
<b>Pharma 4.0 для конденсаційного теплообмінника системи чистих середовищ фармацевтичної промисловості.</b>	<b>4</b>
<i>ГЕРАЩЕНКО О.О., аспірант</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Новіков П.В.</i>	
<b>Застосування штучного інтелекта в системах автоматизації.</b>	<b>7</b>
<i>ЗДОЛЬНИК М.О., аспірант</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Степанець О.В.</i>	
<b>Автоматизована система керування автономним безпілотним літаючим апаратом за допомогою комп'ютерного зору.</b>	<b>10</b>
<i>НЕЧИПОРЕНКО В.А., аспірант</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Волощук В.А.</i>	
<b>Адаптивна система автоматичної перевірки якості виробництва.</b>	<b>12</b>
<i>СЕЛЬОТКІН В.О., аспірант</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Волощук В.А.</i>	
<b>Методи вібраційного аналізу для прогнозного обслуговування обладнання.</b>	<b>15</b>
<i>ТЕМЧУР В.С., аспірант</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Баган Т.Г.</i>	
<b>Нейронні мережі для моделювання та прогнозування поведінки теплонасосних установок для підвищення ефективності та адаптивного керування.</b>	<b>18</b>
<i>БОГЗА М.С., аспірант</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Волощук В.А.</i>	
<b>Огляд платформ для симуляції поведінки об'єктів всередині цифрових двійників.</b>	<b>21</b>
<i>АРШАНСЬКИЙ Д.І., магістрант</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Степанець О.В.</i>	
<b>Синтез нечіткого регулятора для системи впорскування прямогочного котла.</b>	<b>23</b>
<i>АУШЕВА А.А., магістрант</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Волощук В.А.</i>	
<b>Полігон імітаційного моделювання технологічно оптимальних теплоенергетичних САР.</b>	<b>26</b>
<i>ВОРОШИЛОВ А.І., магістрант</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Батюк С.Г.</i>	
<b>Енергоефективний обігрів приміщень в умовах комбінованої генерації.</b>	<b>29</b>
<i>ГОЩИЦЬКИЙ Я.В., магістрант</i>	
<i>Керівник - ст. викл. Штіфзон О.Й.</i>	
<b>Моніторинг та управління кінцевими точками за допомогою інтерактивної консолі.</b>	<b>31</b>
<i>ГУЦАЛО А.С., магістрант</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Бунь В.П.</i>	
<b>Налаштування регуляторів автоматичної системи керування паровим теплопунктом методом Скогестада.</b>	<b>34</b>
<i>ДЗЮМАК В.С., магістрант</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Степанець О.В.</i>	
<b>Ефективне регулювання температури в приміщеннях за допомогою системи вентиляції з рекуперацією.</b>	<b>37</b>

<i>КОСТЮЧИК О.А., магістрант</i>	
<i>Керівник - асист., к.т.н. Маріяш Ю.І.</i>	
<b>Безпека передачі даних в інформаційних технологіях.</b>	40
<i>РОСОШИК В.О., магістрант</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Баган Т.Г.</i>	
<b>Налаштування PID-регулятора для управління FPV-дроном.</b>	43
<i>СОЛОП В.О., магістрант</i>	
<i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Некрашевич О.В.</i>	
<b>Забезпечення оптимальної вологості деревини для підвищення ефективності котла.</b>	45
<i>СТОЛБОВ Д.В., магістрант</i>	
<i>Керівник - ст.викл. Поліщук І.А.</i>	
<b>Особливості регулювання температури у приміщенні з конвективними системами нагріву і охолодження.</b>	47
<i>ШЕВЧЕНКО М.Г., магістрант</i>	
<i>Керівник - ст.викл. Поліщук І.А.</i>	
<b>Створення моделі температури вихідного теплоносія конденсаційного котла за допомогою методів машинного навчання.</b>	49
<i>ЗІНЧЕНКО Д.Д., магістрант</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Новіков П.В.</i>	
<b>Визначення параметрів функцій передач на основі розгінних характеристик автоматизованим способом за допомогою мови Python.</b>	52
<i>КУЧИНСЬКА К.А., магістрант</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Новіков П.В.</i>	
<b>Моделювання та керування пластинчастим теплообмінником з безперервним високотемпературним короткочасним процесом пастеризації молока.</b>	54
<i>АНДРУЩАК Т.В., бакалаврант</i>	
<i>Керівник - асист., к.т.н. Захарченко А.С.</i>	
<b>Застосування методів машинного навчання з підсиленням для керування інженерними системами будівель.</b>	56
<i>АРЄФ'ЄВА А.О., бакалаврант</i>	
<i>Керівник - ст.викл. Поліщук І.А.</i>	
<b>Недоліки підходів до керування тепловим режимом у процесі скловаріння.</b>	58
<i>БЄЛИЙ Д.А., бакалаврант</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Бунь В.П.</i>	
<b>Каскадна система регулювання температури в приміщенні за допомогою системи вентиляції з рециркуляцією.</b>	60
<i>БОГОМОЛЕЦЬ А.А., бакалаврант</i>	
<i>Керівник - асист., к.т.н. Маріяш Ю.І.</i>	
<b>Полігон імітаційного моделювання систем програмно-логічного управління.</b>	62
<i>ВАСЯНОВИЧ В.М., бакалаврант</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Батюк С.Г.</i>	
<b>АСУ припливно-витяжної установки системи вентиляції та кондиціонування конференц-залу.</b>	65
<i>ВОЙТКО Д.О., бакалаврант</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Бунке О.С.</i>	
<b>Регулювання температури ретурної пари при виробництві цукру.</b>	68
<i>ГРИЦЕНКО А.О., бакалаврант</i>	
<i>Керівник - ст.викл. Гікало П.В.</i>	

<b>Рекуперация тепла в центрах обработки данных.</b>	70
<i>ГУМЕНЮК В.Ю., бакалаврант</i>	
<i>Керівник - ст.викл. Поліщук І.А.</i>	
<b>Огляд найбільш просунутих та преспективних проєктів малих модульних реакторів та виклики їх впровадження в Україні.</b>	72
<i>ГУМЕНЮК М.Д., бакалаврант</i>	
<i>Керівник - ст.викл. Поліщук І.А.</i>	
<b>Ідентифікація технологічного об'єкта керування вентиляційної установки за температурою в приміщенні.</b>	75
<i>ДУБОВИК І.С., бакалаврант</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Новіков П.В.</i>	
<b>Проблеми регулювання рівня води в барабані котла.</b>	77
<i>ЖИТНИК А.С., бакалаврант</i>	
<i>Керівник - ст.викл. Поліщук І.А.</i>	
<b>Огляд застосування штучного інтелекту в автоматизації виробництв.</b>	79
<i>ЖМУДЕНКО Є.В., бакалаврант</i>	
<i>Керівник - ст.викл. Любицький С.В.</i>	
<b>Функціональна діагностика систем керування.</b>	81
<i>КОРОЛЬ А.С., бакалаврант</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Бунь В.П.</i>	
<b>Діагностика систем керування житлового будинку.</b>	84
<i>КУРСОН Д.С., бакалаврант</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Бунь В.П.</i>	
<b>Полігон імітаційного моделювання одноконтурних САР з ПІД-регуляторами змінної структури.</b>	87
<i>МАР'ЯНСЬКИЙ М.О., бакалаврант</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Батюк С.Г.</i>	
<b>Моніторинг живлення котла-водонагрівача приватного будинку.</b>	90
<i>ПІНЧУК М.Л., бакалаврант</i>	
<i>Керівник - ст.викл. Поліщук І.А.</i>	
<b>Особливості регулювання продуктивності компресорних централей систем централізованого холодопостачання.</b>	92
<i>ПОНОМАРЕНКО К.С., бакалаврант</i>	
<i>Керівник - асист. Захарченко А.С.</i>	
<b>АСК вентиляційної системи офісних приміщень з використанням теплоти від пекарського цеху.</b>	95
<i>РАДЧУК І.В., бакалаврант</i>	
<i>Керівник - ст.викл., к.т.н. Некрашевич О.В.</i>	
<b>Полігон імітаційного моделювання одноконтурних САР з структурними ПІД-регуляторами.</b>	97
<i>САЛІВОН Д.В., бакалаврант</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Батюк С.Г.</i>	
<b>Сучасні віддалені лабораторні стенди для навчання інженерів з автоматизації.</b>	100
<i>САМАРА В.О., бакалаврант</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Степанець О.В.</i>	
<b>АСУ мікроклімату інкубатору на птахофабриці.</b>	103
<i>ТОПИХА М.І., бакалаврант</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Бунке О.С.</i>	
<b>Полігон імітаційного моделювання комбінованих САР з цифровими двійниками.</b>	106
<i>ФЕДОРОВ Д.Д., бакалаврант</i>	

<i>Керівник - доц., к.т.н. Батюк С.Г.</i>	
<b>Особливості автоматичного контролю параметрів складських приміщень.</b>	109
<i>ЧЕРНИШ В.О., бакалаврант</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Бунь В.П.</i>	
<b>Застосування нечіткої логіки для поліпшення превентивного обслуговування.</b>	111
<i>ЮДІН О.С., бакалаврант</i>	
<i>Керівник - ст.викл. Штіфзон О.Й.</i>	
<b>Моделювання технологічних процесів системи гарячого водопостачання для розробки лабораторного стенду.</b>	113
<i>ЮРЧЕНКО В.О., бакалаврант</i>	
<i>Керівник - асист. Захарченко А.С.</i>	
<b>СЕКЦІЯ №8 АСПЕКТИ РОЗВИТКУ ІНЖЕНЕРІЇ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В ЕНЕРГЕТИЦІ</b>	115
<b>Information storage for the department: optimization and reliability of the department's information storage through the introduction of long-term bac.</b>	116
<i>LYTVYNOV O.R., MS's programme</i>	
<i>Academic leader - assoc.prof., doc.eng.sc. Nedashkivskiy O.L.</i>	
<b>Vehicle Technical Condition Monitoring Software Application.</b>	118
<i>YARYNYCH V.P., MS's programme</i>	
<i>Academic leader - assoc.prof., cand.econ.sc. Husyeva I.I.</i>	
<b>Огляд методів ідентифікації морських об'єктів на основі сигналів морського середовища.</b>	120
<i>АНТОНЮК А.О., магістрант</i>	
<i>Керівник - доц., д.т.н. Мусієнко А.П.</i>	
<b>Аналіз та моделювання просторового розподілу радіаційних даних від сенсорів IoT.</b>	122
<i>БЛИЙ В.В., магістрант</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Гаврилко Є.В.</i>	
<b>Сучасні підходи для Codeless створення автоматизованих текстів для віконних застосунків.</b>	125
<i>ГЕРЕНШТЕЙН П.А., магістрант</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Варава І.А.</i>	
<b>Система моніторингу радіочастотних сигналів IoT з урахуванням геолокації об'єктів в реальному часі для енергетичного сектору.</b>	127
<i>ГРИШКО А.Є., магістрант</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Федорова Н.В.</i>	
<b>Онтологія процедур верифікації компонентів пз моделюючого комплексу гідроакустики.</b>	130
<i>ГУРІНЕНКО А.Р., магістрант</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Гагарін О.О.</i>	
<b>Перевірка сумісності семантичних моделей.</b>	132
<i>ДОБРОВОЛЬСЬКИЙ Р.В., магістрант; ШВЕЙ Ж., аспірант</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Коваль О.В.</i>	
<b>Програмне забезпечення комп'ютерного моделювання процесу самодіагностування багатомодульних розподілених інформаційних систем.</b>	134
<i>ІВАЩЕНКО В.І., магістрант</i>	
<i>Керівник - доц., д.т.н. Мусієнко А.П.</i>	

<b>Підходи та програмне забезпечення для моделювання процесів теплообміну та гідродинаміки в трубопроводах з турбінним мастилом.</b>	137
<i>КЛИМЕНКО Я.В., аспірант</i>	
<i>Керівник - доц., к.ф.-м.н. Свинчук О.В.</i>	
<b>Віртуальні моделі цифрових двійників як інструмент підвищення ефективності та зниження витрат у кіберенергетиці.</b>	140
<i>ЛУКІНСЬКИЙ Д.Д., магістрант</i>	
<i>Керівник - ст.викл. Сарибога Г.В.</i>	
<b>Система віртуальних моделей цифрових двійників лабораторних стендів кіберенергетичних систем. Механізм створення моделі та об'єкту.</b>	143
<i>МАКАРЕВИЧ А.В., магістрант</i>	
<i>Керівник - ст.викл. Сарибога Г.В.</i>	
<b>Модифікація ймовірнісного критерію функціональної стійкості інформаційних систем.</b>	145
<i>МАКАРЧУК А.В., аспірант</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Барабаш О.В.</i>	
<b>Використання штучного інтелекту в інструментальних засобах нанесення візуальних об'єктів на мапу.</b>	148
<i>МАКСИМЕНКО П.О., магістрант</i>	
<i>Керівник - доц., к.е.н. Гусева І.І.</i>	
<b>Семантичний пошук на основі онтології для автоматизованого аналізу текстів.</b>	
<i>НЕВМЕРЖИЦЬКИЙ О.М., магістрант</i>	151
<i>Керівник - проф., д.т.н. Коваль О.В.</i>	
<b>Методи збору даних для моніторингу енергетичних систем.</b>	
<i>ОСТАПЕНКО І.П., магістрант</i>	154
<i>Керівник - доц., д.т.н. Федорова Н.В.</i>	
<b>Тестування ролей як спосіб кінцевого покращення веб-додатку.</b>	
<i>ПОЛОВІNKІН П.О., магістрант</i>	157
<i>Керівник - доц., к.е.н. Недашківський О.Л.</i>	
<b>Модернізація системи контролю доручень щодо діяльності кафедри за рахунок додавання ролей користувачам та більш інформативної сторінки системи.</b>	160
<i>ПОЛЯКОВА А.Р., магістрант; ЛІСНЯК О.М., магістрант</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Коваль О.В.</i>	
<b>Система контролю радіаційного опромінення персоналу на територіях ЧАЕС на основі ГІС-технологій.</b>	162
<i>СОПРОНЮК Ю.А., магістрант</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Гаврилко Є.В.</i>	
<b>Візуалізація даних якості сигналу Nb-IoT на базі ГІС технологій.</b>	164
<i>ТРОЦИНСЬКИЙ О.А., магістрант</i>	
<i>Керівник - доц., д.т.н. Федорова Н.В.</i>	
<b>Програмний застосунок взаємодії учасників дорожнього руху.</b>	167
<i>ТЮТЮННИК О.Г., магістрант</i>	
<i>Керівник - доц., к.е.н. Гусева І.І.</i>	
<b>Розробка інтелектуального агента для моніторингу та управління тепловим насосом.</b>	170
<i>ФЕРНЕЦЬ В.П., магістрант</i>	
<i>Керівник - проф., д.е.н. Сігайов А.О.</i>	
<b>Програмний засіб моніторингу компонент споживання електроенергії.</b>	172
<i>ФЕРНЕЦЬ В.П., магістрант</i>	
<i>Керівник - доц., д.т.н. Федорова Н.В.</i>	

<b>Програмні застосунки для моніторингу додатків.</b>	174
<i>ЧЕРНОУСОВ Д.І., магістрант</i>	
<i>Керівник - ст. викл., д.ф.-м.н. Бандурка О.І.</i>	
<b>Засоби формування сценаріїв динамічних гідроакустичних експериментів.</b>	177
<i>ЯРМАК Д.О., магістрант</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Варава І.А.</i>	
<b>Визначення якісної та кількісної різниці в досвіді агентів для його передачі.</b>	180
<i>БОЧОК В.О., аспірант</i>	
<i>Керівник - доц., д.т.н. Федорова Н.В.</i>	
<b>Технічні вимоги до розробки цифрового двійника теплового насосу.</b>	183
<i>ГОЛЕЦЬ В.О., аспірант</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Коваль О.В.</i>	
<b>Фільтрація та обробка сигналів з сенсорів навігаційних пристроїв.</b>	185
<i>ЄЗГОР В.С., аспірант</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Гусєва І.І.</i>	
<b>Основні елементи рушія симуляції кібер-енергетичної навчально-наукової лабораторії.</b>	188
<i>ТЕРЕЩЕНКО М.С., магістрант</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Федорова Н.В.</i>	
<b>Програмні засоби аналізу каскадних ефектів в критичній інфраструктурі.</b>	190
<i>ХОМЕНКО О.М., аспірант; СЕНЧЕНКО В.Р.,</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Коваль О.В.</i>	
<b>Modern methods of increasing inference speed of neural networks using sparse matrices.</b>	193
<i>MELNYCHENKO A.V., postgraduate; SHALDENKO O.V., young scientist</i>	
<i>Academic leader - prof., doc.eng.sc. Nedashkivskiy O.L.</i>	
<b>Бібліографічні менеджери України.</b>	195
<i>ДЕМ'ЯНИК Д.М., бакалаврант</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Кузьмініч В.О.</i>	
<b>Порівняльний аналіз визначення показників функціональної стійкості інформаційних систем.</b>	197
<i>ДУДКІН О.М., бакалаврант</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Мусієнко А.П.</i>	
<b>Аналіз проблематики встановлення джерел альтернативної енергетики на місцевості.</b>	200
<i>КРУТЬ К.О., бакалаврант</i>	
<i>Керівник - асист. Голець В.О.</i>	
<b>Можливості вебтехнологій при створенні цифрових середовищ організації роботи в реальному часі.</b>	202
<i>ОГРЕБЧУК П.М., бакалаврант</i>	
<i>Керівник - асист. Сулім В.О.</i>	
<b>Розробка сервісу веб застосунку забезпечення якості освітньої діяльності кафедри з використанням мовних моделей на базі апаратних засобів кафедри.</b>	204
<i>ЧУКІН С.В., бакалаврант</i>	
<i>Керівник - асист. Голець В.О.</i>	
<b>Забезпечення функціональної стійкості інформаційних систем на основі фрактального аналізу.</b>	207
<i>СВИЧУК О.В., мол. вчений</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Барабаш О.В.</i>	

**СЕКЦІЯ №9 КОМП'ЮТЕРНИЙ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
МОНІТОРИНГ ТА ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ І  
СИСТЕМ** 210

**Оптимізація кросплатформних ігор на рушії Unity за допомогою Occlusion Culling.** 211

*КОВАЛЕНКО І.В., магістрант*

*Керівник - проф., д.т.н. Аушева Н.М.*

**Оцінка залежності споживання температури та електроенергії у місті.** 214

*КРИВДА Д.О., магістрант*

*Керівник - доц., к.е.н. Сегеда І.В.*

**Використання інструментів ArcGIS в процесах верифікації та валідації геоданих та картографічних виробів..** 216

*КРИВОВ'ЯЗЮК М.О., магістрант*

*Керівник - доц., к.т.н. Сидоренко Ю.В.*

**Виявлення аномалій в даних на основі методів машинного навчання.** 218

*МОРОЗ Є.О., магістрант*

*Керівник - проф., д.т.н. Шушура О.М.*

**Персональний інформатор пацієнта про критичність стану забрудненості повітря.** 221

*ЧУЙКО Д.С., бакалаврант*

*Керівник - доц., к.ф.-м.н. Тарнавський Ю.А.*

**СЕКЦІЯ №10 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА КОМП'ЮТЕРНЕ  
МОДЕЛЮВАННЯ** 223

**System of experimental research of cryptographic protection methods.** 224

*VARENKOV A.V., MS's programme*

*Academic leader - assoc.prof., cand.eng.sc. Shapovalova S.I.*

**Удосконалення алгоритму вирівнювання стоматологічних моделей для сканування в 3D принтерах.** 226

*ВЕРЕМІЙЧУК І.А., аспірант*

*Керівник - проф., д.т.н. Аушева Н.М.*

**Лазерний доплерівський віброметр.** 228

*ЖИЛА Д.Ю., магістрант*

*Керівник - доц., к.т.н. Дивнич М.П.*

**Автоматизація конвертації банківських виписок для інформаційних систем підприємств.** 230

*ЗАСТУПАЙЛО М.І., магістрант*

*Керівник - проф., д.т.н. Шушура О.М.*

**Використання графових баз даних та нечіткої логіки для аналізу та моделювання соціальних мереж.** 233

*КОКІДЬКО Б.С., аспірант*

*Керівник - проф., д.т.н. Шушура О.М.*

**Нейромережеві методи генерації текстур заданого матеріалу для тривимірних моделей.** 236

*НЕРОСЛИК М.Є., магістрант*

*Керівник - доц., к.т.н. Шаповалова С.І.*

**Проблеми управління процесами підтримки льотної придатності повітряних суден з урахуванням неповної інформації під час використання інтернету речей.** 238

*ПЛУГОВОЙ А.О., аспірант; САЛІМОВ Р.М., мол. вчений*

<i>Керівник - проф., к.т.н. Морозова І.В.</i>	
<b>Використання штучного інтелекту для оцінювання ефективності мультикоптерів при моніторингу стану вітрогенераторів .</b>	240
<i>ХАРЧЕНКО Я.Г., магістрант; КОВАЛЕНКО А.В., магістрант</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Кривоносенко О.П.</i>	
<b>Розробка застосунку для автоматизації подачі електронних заявок.</b>	243
<i>ЧУПРОВ В.В., магістрант</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Кузьменко І.М.</i>	
<b>Визначення площ, придатних для встановлення вітрових електричних установок.</b>	245
<i>КАРДАШОВ О.В., аспірант</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Аушева Н.М.</i>	
<b>Формування лінгвістичних змінних для визначення енергетичних потреб населення.</b>	248
<i>КЛОКОВ А.Р., магістрант</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Аушева Н.М.</i>	
<b>Поєднання вендорних LLM та TF-IDF для категоризації Telegram-каналів без вчителя.</b>	251
<i>СОФІЄНКО А.Ю., аспірант</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Шаповалова С.І.</i>	
<b>Виявлення та виправлення помилок у розподіленій комп'ютерній системі.</b>	253
<i>ТИТОВ В.М., магістрант</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Шаповалова С.І.</i>	
<b>Методика оптимального оцінювання вихідних координат багатомірного стаціонарного об'єкта.</b>	255
<i>ПАВЛІКОВСЬКИЙ М.В., бакалаврант</i>	
<i>Керівник - асист. Юрченко О.М.</i>	
<b>Synthesis of PD-controller for Position Control of Nuclear Reactor Rods.</b>	258
<i>KRYVOSHEIA N.I., BS's programme</i>	
<i>Academic leader - assoc.prof., cand.eng.sc. Klipa A.M.</i>	
<b>Signal processing using an FPGA with information output via VGA interface.</b>	261
<i>NIEDOV Y.B., BS's programme</i>	
<i>Academic leader - assoc.prof., cand.eng.sc. Demchyshyn A.A.</i>	
<b>Software system for measuring the frequency response of an acoustic loudspeaker.</b>	263
<i>POSHTARENKO Y.Y., BS's programme</i>	
<i>Academic leader - assoc.prof., cand.eng.sc. Demchyshyn A.A.</i>	
<b>Прогнозування ймовірності вступу до університету на основі моделей штучного інтелекту.</b>	265
<i>АЛЄЙНИК О.Р., бакалаврант</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Кузьменко І.М.</i>	
<b>Методи штучного інтелекту з визначення властивостей об'єктів ієрархічних систем для автоматизованого керування.</b>	267
<i>БАРАНИЧЕНКО О.М., аспірант</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Шаповалова С.І.</i>	
<b>Керування проєктами розробки програм на основі веб-технологій.</b>	270
<i>БАСТРАКОВ І.Д., бакалаврант</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Кублій Л.І.</i>	
<b>Інформаційний портал для студентів кафедри.</b>	272
<i>БЕКІРОВ В.В., бакалаврант</i>	
<i>Керівник - асист. Алдохін М.Д.</i>	

<b>Сервіс пошуку закладів харчування за смаковими вподобаннями користувача.</b>	274
<i>ГУРИН І.А., бакалаврант</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Тихоход В.О.</i>	
<b>Система обліку й аналізу ефективності роботи підприємства.</b>	276
<i>ДЕМИДОВИЧ Д.П., бакалаврант</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Кублій Л.І.</i>	
<b>Обмін інформацією системи Odoo з месенджером Telegram.</b>	278
<i>ЗЕЛІНСЬКИЙ В.Я., бакалаврант</i>	
<i>Керівник - проф., д.т.н. Шушура О.М.</i>	
<b>Система генерації мультимедійного контенту з використанням штучного інтелекту.</b>	280
<i>КОНДРАШІН О.М., бакалаврант</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Тихоход В.О.</i>	
<b>Веб-тренажер для багатокористувацької онлайн-гри Mobile Legends.</b>	282
<i>КОРДЯК Р.М., бакалаврант</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Кублій Л.І.</i>	
<b>Розробка лабораторного стенду для дослідження застосування методів ідентифікації пристроїв інтернету речей на базі архітектури цифрових об'єктів.</b>	284
<i>КОРЧАН В.М., аспірант</i>	
<i>Керівник - проф., к.т.н. Морозова І.В.</i>	
<b>Застосування великих мовних моделей для забезпечення якості освітньої діяльності кафедри.</b>	286
<i>СУГУЛОВ Є.С., бакалаврант</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Коваль О.В.</i>	
<b>Веб-застосунок для організації діяльності спортивної школи.</b>	289
<i>ХОЛОДНИЦЬКА А.Ю., бакалаврант</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Кублій Л.І.</i>	
<b>Веб-додаток обліку товарів в складському приміщені.</b>	291
<i>ХОРОШИХ О.Л., бакалаврант</i>	
<i>Керівник - доц., к.е.н. Сегеда І.В.</i>	
<b>Розробка сервісу веб застосунку забезпечення якості освітньої діяльності кафедри з використанням мовних моделей на базі апаратних засобів кафедри.</b>	293
<i>ЧУКІН С.В., бакалаврант</i>	
<i>Керівник - асист. Голець В.О.</i>	
<b>Розв'язання гравітаційної задачі N тіл за допомогою швидкого методу мультиполів.</b>	295
<i>ЮРИК Д.М., бакалаврант</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Лабжинський В.А.</i>	
<b>Засоби генерації текстових математичних задач шкільної програми з використанням Windows form.</b>	298
<i>ЯКИМЕНКО Д.В., бакалаврант</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Кублій Л.І.</i>	
<b>Веб-система пошуку та рейтингування закладів навчальних закладів.</b>	300
<i>ЯЦЕНКО М.І., бакалаврант</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Тихоход В.О.</i>	

## ПОКАЖЧИК АВТОРІВ ДОКЛАДІВ

- Demchyshyn A.A. 261,263  
Husyeva I.I. 118  
Klipa A.M. 258  
Kryvosheia N.I. 258  
Lytvynov O.R. 116  
Melnychenko A.V. 193  
Nedashkivskiy O.L. 116,193  
Niedov Y.B. 261  
Poshtarenko Y.Y. 263  
Shaldenko O.V. 193  
Sharovalova S.I. 224  
Varenikov A.V. 224  
Yagunych V.P. 118  
Алдохін М.Д. 272  
Алейнік О.Р. 265  
Андрушак Т.В. 54  
Антонюк А.О. 120  
Ареф'єва А.О. 56  
Аршанський Д.І. 21  
Аушева А.А. 23  
Аушева Н.М. 211,226,245,248  
Баган Т.Г. 15,40  
Бандурка О.І. 174  
Барабаш О.В. 145,207  
Бараніченко О.М. 267  
Бастраков І.Д. 270  
Батюк С.Г. 26,62,87,97,106  
Бекіров В.В. 272  
Белій Д.А. 58  
Білий В.В. 122  
Богза М.С. 18  
Богомолець А.А. 60  
Бочок В.О. 180  
Бунке О.С. 65,103  
Бунь В.П. 31,58,81,84,109  
Варава І.А. 125,177  
Васянович В.М. 62  
Веремійчук І.А. 226  
Войтко Д.О. 65  
Волощук В.А. 10,12,18,23  
Ворошилов А.І. 26  
Гаврилко Є.В. 122,162  
Гагарін О.О. 130  
Герашенко О.О. 4  
Геренштейн П.А. 125  
Гікало П.В. 68  
Голець В.О. 183,200,204,293  
Гощицький Я.В. 29  
Гриценко А.О. 68  
Гришко А.Є. 127  
Гуменюк В.Ю. 70  
Гуменюк М.Д. 72  
Гурин І.А. 274  
Гуріненко А.Р. 130  
Гусєва І.І. 148,167,185  
Гуцало А.С. 31  
Демидович Д.П. 276  
Дем'яник Д.М. 195  
Дзюмак В.С. 34  
Дивнич М.П. 228  
Добровольський Р.В. 132  
Дубовик І.С. 75  
Дудкін О.М. 197  
Єзгор В.С. 185  
Жила Д.Ю. 228  
Житник А.С. 77  
Жмуденко Є.В. 79  
Заступайло М.І. 230  
Захарченко А.С. 54,92,113  
Здольник М.О. 7  
Зелінський В.Я. 278  
Зінченко Д.Д. 49  
Іващенко В.І. 134  
Кардашов О.В. 245  
Клименко Я.В. 137  
Клоков А.Р. 248  
Коваленко А.В. 240  
Коваленко І.В. 211  
Коваль О.В. 132,151,160,183,190,286  
Кокідько Б.С. 233  
Кондрашін О.М. 280  
Кордяк Р.М. 282  
Король А.С. 81  
Корчан В.М. 284  
Костючик О.А. 37  
Кривда Д.О. 214  
Кривов'язюк М.О. 216  
Кривоносенко О.П. 240  
Круть К.О. 200  
Кублій Л.І. 270,276,282,289,298  
Кузьменко І.М. 243,265  
Кузьмініх В.О. 195  
Курсон Д.С. 84  
Кучинська К.А. 52  
Лабжинський В.А. 295  
Лісняк О.М. 160  
Лукінський Д.Д. 140  
Любицький С.В. 79  
Макаревич А.В. 143

Макарчук А.В. 145  
Максименко П.О. 148  
Маріяш Ю.І. 37,60  
Мар'янський М.О. 87  
Мороз Є.О. 218  
Морозова І.В. 238,284  
Мусієнко А.П. 120,134,197  
Невмержицький О.М. 151  
Недашківський О.Л. 157  
Некрашевич О.В. 43,95  
Нерослик М.Є. 236  
Нечипоренко В.А. 10  
Новіков П.В. 4,49,52,75  
Огребчук П.М. 202  
Остапенко І.П. 154  
Павліковський М.В. 255  
Пінчук М.Л. 90  
Плугової А.О. 238  
Поліщук І.А. 45,47,56,70,72,77,90  
Половінкін П.О. 157  
Полякова А.Р. 160  
Пономаренко К.С. 92  
Радчук І.В. 95  
Росошик В.О. 40  
Салівон Д.В. 97  
Салімов Р.М. 238  
Самара В.О. 100  
Сарибога Г.В. 140,143  
Свинчук О.В. 137  
Свичук О.В. 207  
Сегеда І.В. 214,291  
Сельоткін В.О. 12  
Сенченко В.Р. 190  
Сидоренко Ю.В. 216  
Сігайов А.О. 170  
Солоп В.О. 43  
Сопронюк Ю.А. 162  
Софієнко А.Ю. 251  
Степанець О.В. 7,21,34,100  
Столбов Д.В. 45  
Сугулов Є.С. 286  
Сулім В.О. 202  
Тарнавський Ю.А. 221  
Темчур В.С. 15  
Терещенко М.С. 188  
Тихоход В.О. 274,280,300  
Тітов В.М. 253  
Топиха М.І. 103  
Трощинський О.А. 164  
Тютюнник О.Г. 167  
Федоров Д.Д. 106  
Федорова Н.В. 127,154,164,172,180,188  
Фернець В.П. 170,172  
Харченко Я.Г. 240  
Холодницька А.Ю. 289  
Хоменко О.М. 190  
Хороших О.Л. 291  
Черниш В.О. 109  
Черноусов Д.І. 174  
Чуйко Д.С. 221  
Чукін С.В. 204,293  
Чупров В.В. 243  
Шаповалова С.І. 236,251,253,267  
Шевченко М.Г. 47  
Шівей Ж.. 132  
Штіфзон О.Й. 29,111  
Шушура О.М. 218,230,233,278  
Юдін О.С. 111  
Юрик Д.М. 295  
Юрченко В.О. 113  
Юрченко О.М. 255  
Якименко Д.В. 298  
Ярмак Д.О. 177  
Яценко М.І. 300

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
Свідоцтво про державну реєстрацію: серія ДК № 5354 від 25.05.2017 р.  
просп. Берестейський, 37,  
м. Київ, 03056

Підп. до друку 09.05.2023. Формат 60×841/16. Папір офс. Гарнітура Times.  
Спосіб друку – електрографічний. Ум. друк. арк. 18,32. Обл.-вид. арк. 22,74. Наклад 14 пр.  
Поз. 24-3-3-006. Зам. № 24-032.

Видавництво «Політехніка» КПІ ім. Ігоря Сікорського  
вул. Політехнічна, 14, корп. 15  
м. Київ, 03056  
тел. (044) 204-81-78