



ДУКТ

**Державний університет
інформаційно-комунікаційних
технологій**

15 ТРАВНЯ 2026



**VI ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-
ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ**

**«Сучасні інтелектуальні
інформаційні технології в науці
та освіті»**



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-
КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ**

VI ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

**«СУЧАСНІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В
НАУЦІ ТА ОСВІТІ»**

15 травня 2026

ЗБІРНИК ТЕЗ

м. Київ

VI ВСЕУКРАЇНЬКА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ
«СУЧАСНІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В НАУЦІ ТА ОСВІТІ».
Збірник тез. – К.: ДУІКТ, 2026.

Даний збірник містить тези доповідей учасників VI ВСЕУКРАЇНЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ «СУЧАСНІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В НАУЦІ ТА ОСВІТІ», яка проходила 15 травня 2026 р. на кафедрі Штучного інтелекту Навчально-наукового інституту інформаційних технологій Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій, м. Київ. Розглянуті сучасні проблеми розвитку науки і техніки та визначено шляхи їх вирішення.

Робоча мова конференції – українська та англійська.

Вчений секретар конференції:

Кисіль Т.М. – Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій,
моб.тел.+38(063)390-20-90

e-mail: ZinchenkoO@duikt.edu.ua

ОРГАНІЗАТОРИ КОНФЕРЕНЦІЇ

Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій
Навчально-науковий інститут інформаційних технологій
Кафедра штучного інтелекту

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

Зінченко О.В. – д.т.н., професор, Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій

Бондарчук А.П. – д.т.н., професор, Київський столичний університет імені Бориса Грінченка

Онищенко В.В. - д.т.н., професор, Вармінсько-Мазурський університет, Польща

Жураковський Б.Ю. – д.т.н., професор, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Хлапонін Ю.І. – д.т.н., професор, Київський національний університет будівництва і архітектури

Бичков О.С. – д.т.н., доцент, Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Коршун Н.В. – д.т.н., професор, Київський столичний університет імені Бориса Грінченка

Завгородній В.В. – д.т.н., професор, Національний транспортний університет

Чичкарьов Є.А. - д.т.н., професор, Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій

Звенігородський О.С. – к.т.н., доцент, Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій

Фесенко М.А. – к.т.н., доцент, Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ 1. МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ	14
<i>Волошин Д.В., Поперешняк С.В. МЕТОД КОДУВАННЯ ЧАСОВИХ ОЗНАК У НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ МОДЕЛЯХ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ РИНКОВИХ СИГНАЛІВ ...</i>	<i>14</i>
<i>Замахіна Т.А., Шантур А.С. СИСТЕМА РОЗПІЗНАВАННЯ УКРАЇНСЬКОЇ МОВИ НА ОСНОВІ СУЧАСНИХ НЕЙРОННИХ АРХІТЕКТУР: ЛІНГВІСТИЧНИЙ ВИМІР</i>	<i>16</i>
<i>Івченко Д.Є., Хохлачова Ю.Є., ПРОБЛЕМАТИКА ВИЯВЛЕННЯ МАНІПУЛЯЦІЙ З ЦИФРОВИМИ ЗОБРАЖЕННЯМИ</i>	<i>19</i>
<i>Кисіль Т.М. АРХІТЕКТУРА ІНТЕГРОВАНОГО АНАЛІЗУ ЕМОЦІЙ НА БАЗІ 3D-CNN ТА АЛГОРИТМІВ ЩІЛЬНОЇ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ У ВІДЕОПОТОЦІ</i>	<i>20</i>
<i>Котвицький В. Д., Іщеряков С.М. МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ДАНИХ У TELEGRAM-БОТАХ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ КРИПТОВАЛЮТНОГО РИНКУ</i>	<i>23</i>
<i>Лановенко О.А, Малержик Д.Ю., Селіванова А.В. ІНТЕГРАЦІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ПРОЦЕСІ ОПЕРАЦІЙНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ПІДПРИЄМСТВ</i>	<i>25</i>
<i>Микитюк Д.С., Ананченко О.Є. ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ МЕТАДАНИХ У SELF-HOSTED СИСТЕМІ ОРГАНІЗАЦІЇ МЕДІА ДАНИХ</i>	<i>26</i>
<i>Мороз М.В., Катков Ю.І. ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ ДЕТЕКТОРІВ У СИСТЕМАХ ВІЗУАЛЬНОЇ ОДОМЕТРІЇ</i>	<i>29</i>
<i>Побіженко І.О. ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ МОВОЮ ПРОГРАМУВАННЯ PYTHON</i>	<i>31</i>
<i>Свіриденко Р.А., Коваленко Ю.Б. МОДЕЛЬ РОЗПІЗНАВАННЯ ВІЗУАЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ НА ОСНОВІ ГЛИБОКИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ</i>	<i>33</i>
<i>Сич М.Є., Читулян В.О. ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ПЕРСОНАЛІЗОВАНОГО ПЛАНУВАННЯ КАР'ЄРНОГО РОЗВИТКУ В ІТ-ГАЛУЗІ.....</i>	<i>35</i>
<i>Тертишний В.І., Шевченко А.І. МЕТОД НАВЧАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ НА ОСНОВІ ПРИНЦИПУ МІНІМІЗАЦІЇ ХАОСУ</i>	<i>37</i>
<i>Чорний В.В., Чичур А.І. РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ TELEGRAM-БОТА З ЕЛЕМЕНТАМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ КОРИСТУВАЦЬКОГО СЕРВІСУ</i>	<i>40</i>
<i>Шепетун О.О., Гніденко М.П. МЕТОДИ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЛЮДИНИ НА ФОТОЗОБРАЖЕННЯХ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ МОДУЛЬНИХ НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ МОДЕЛЕЙ</i>	<i>42</i>
<i>Яковенко О.Ю., Работя О.В. ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ ЗДОРОВ'Я КОРИСТУВАЧА</i>	<i>44</i>
СЕКЦІЯ 2. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ДАНИХ.....	46
<i>Анеляк Д.В., Березовська Ю.В. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ДАНИХ У СИСТЕМАХ ОБЛІКУ ТА ОБРОБКИ ЗАПИТІВ ТЕХНІЧНОЇ ПІДТРИМКИ.....</i>	<i>46</i>
<i>Вертій М.О., Шевченко С.М. ВИЗНАЧЕННЯ ВИМОГ ДО РОЗРОБКИ СИСТЕМИ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ЯКОСТІ СЛУЖБИ</i>	<i>47</i>

<i>Дейнека В.Б., Коваленко Ю.Б.</i> ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ФІНАНСОВИХ ДАНИХ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ	49
<i>Дикий Н.В., Звенігородський О.С.</i> ЗАСТОСУВАННЯ ЗГОРТКОВИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ДОРОЖНІХ ЗНАКІВ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМАХ.....	51
<i>Дишлюк Б.О., Шантир А.С.</i> ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕКСТОВИХ ДАНИХ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ НЕБАЖАНОГО КОНТЕНТУ В ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ	52
<i>Довбиус В.С., Герцюк М.М.</i> ЦИФРОВИЙ СЕРВІС ДЛЯ АНАЛІЗУ ТА УПРАВЛІННЯ ОСОБИСТИМИ ФІНАНСАМИ З ІНТЕГРАЦІЄЮ ВЕЛИКОЇ МОВНОЇ МОДЕЛІ GEMINI	54
<i>Дубик А.Р., Катков Ю.І.</i> ВИЯВЛЕННЯ СКООРДИНОВАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ КАМПАНІЙ У СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖАХ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПОВЕДІНКОВИХ ПІДХОДІВ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ДАНИХ.....	56
<i>Єрємкін М.М., Семенюк С.А.</i> ВИКОРИСТАННЯ ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ У КІБЕРБЕЗПЕЦІ	58
<i>Єфімов М.О., Аронов А.О.</i> ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ АНАЛІЗ У ВЕБ-ОРІЄНТОВАНІЙ СИСТЕМІ НАВЧАННЯ.....	59
<i>Зайцев В.Є., Зінченко В.В.</i> ТЕХНОЛОГІЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ПРОГНОЗУВАННЯ У СИСТЕМАХ БІЗНЕС-АНАЛІТИКИ НА БАЗІ SCIKIT-LEARN	61
<i>Кіч Р.О., Аронов А.О.</i> ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ МЕТОДІВ ОБРОБКИ ДАНИХ У КАСТОМНИХ СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ КОНТЕНТОМ ДЛЯ ЕЛЕКТРОННОЇ КОМЕРЦІЇ	63
<i>Крест'янінов І.О., Катков Ю.І.</i> МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ НЕПОВНИХ ТА ЗАШУМЛЕНИХ ДАНИХ У СИСТЕМАХ АНАЛІТИКИ «РОЗУМНОГО БУДИНКУ»	64
<i>Наконечний В.В., Гніденко І.А.</i> АЛГОРИТМИ ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАВАНТАЖЕНОСТІ ТА РЕКОМЕНДАЦІЙ ПАРКУВАЛЬНИХ МІСЦЬ У СИСТЕМІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ ПАРКУВАННЯМ	66
<i>Омельянович О.С., Фесенко М.А.</i> РОЗРОБКА ІНТЕГРАЦІЙНИХ РІШЕНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ ПЛАТФОРМИ N8N.....	68
<i>Пономаренко В.В., Катков Ю.І.</i> ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ КЛАСИФІКАЦІЇ ДАНИХ РОЗУМНИХ ПРИСТРОЇВ У СИСТЕМАХ ТАРГЕТОВАНОЇ ВЗАЄМОДІЇ	69
<i>Пономаренко О.М., Шимко В.О.</i> МІНІМАЛІСТИЧНІ НЕЙРОМЕРЕЖЕВІ АРХІТЕКТУРИ В ЗАДАЧАХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ МЕРЕЖЕВОГО ТРАФІКУ	72
<i>Прокоф'єв О.М., Поперешняк С.В.</i> ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ОБРОБКИ ВІДЕО В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ.....	73
<i>Prokipchyn Stepan, Ishcheryakov Serhiy,</i> MULTI-AGENT SYSTEMS IN INSTRUCTIONAL DESIGN: OPTIMIZING SYLLABI BASED ON SEMANTIC ANALYSIS OF EMPLOYER REQUIREMENTS	74
<i>Снітка Н.В., Катков Ю.І.</i> ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ДАНИХ У LARAVEL	76
<i>Сягровський П.Д., Читулян В.О.</i> ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЯ ОБРОБКИ СЕРВІСНИХ ЗАМОВЛЕНЬ У ВЕБ-ПЛАТФОРМІ AUTOASSIST+.....	78

<i>Тітенко Д.Д., Тітенко Н.В., Вишнівський В.В.</i> ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНОГО СТАНУ БОЙОВИХ МЕДИКІВ	80
<i>Тернавський М.В., Шевченко А.І.</i> ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ФІЛЬТРАЦІЇ СПАМ-КОНТЕНТУ У ВЕБ-РЕСУРСАХ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ...	82
<i>Чернов Н.В., Кравчук П.О.</i> ВПРОВАДЖЕННЯ ТА ІНФРАСТРУКТУРНА ПІДТРИМКА ВЕКТОРНОГО ПОШУКУ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОННОЇ КОМЕРЦІЇ	84
<i>Янків Н.М., Ткаченко О.М.</i> ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ПРОГРАМНА СИСТЕМА ПРЕДИКТИВНОГО МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ВБУДОВАНИХ ПРИСТРОЇВ	86
СЕКЦІЯ 3. МАШИННЕ НАВЧАННЯ	89
<i>Андроненков А.О., Звенігородський О.С.</i> СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ І АНАЛІЗУ ФІЗІОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЛЮДИНИ З ВИКОРИСТАННЯМ МАШИННОГО НАВЧАННЯ.....	89
<i>Ахмедов А.Ф., Рашидов С.Ф.</i> ФІЛОСОФСЬКИЙ АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ІНДУКЦІЇ ТА ЕПІСТЕМІЧНИХ МЕЖ МАШИННОГО НАВЧАННЯ.....	91
<i>Бажан Т.О.</i> ЗАСТОСУВАННЯ SHAP-АНАЛІЗУ ДЛЯ ІНТЕРПРЕТАЦІЇ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО НАВЧАННЯ У ЗАДАЧІ ПРОГНОЗУВАННЯ ІНВЕСТИЦІЙ.....	92
<i>Гадун'як А.А., Фесенко М.А.</i> ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ПЕРСОНАЛІЗАЦІЇ ОСВІТНЬОГО КОНТЕНТУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ.....	94
<i>Горобець М.Ю., Березовська Ю.В.</i> ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ПРЕДИКТИВНОГО МОНІТОРИНГУ СЕРВЕРНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ	95
<i>Грибовод Б.О., Іщераков С.М.</i> РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ РУКОПИСНИХ СИМВОЛІВ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ.....	97
<i>Дацишин Н.-М. О., Фесенко М.А.</i> ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ПЕРСОНАЛІЗАЦІЇ КОНТЕНТУ В ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ	100
<i>Залізний О.В., Кисіль Т.М.</i> АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ВЕБ-ОРІЄНТОВАНОГО ІНСТРУМЕНТАРІЮ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ТА АНАЛІЗУ ДАНИХ	101
<i>Каминін І.О., Кисіль Т.М.</i> КЛАСИФІКАЦІЯ ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ЗА АЕРОФОТОЗНІМКАМИ МЕТОДАМИ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ.....	104
<i>Козир К.В., Кисіль Т.М.</i> МОДЕЛЮВАННЯ РИЗИКІВ СЕРЦЕВО-СУДИННИХ ПАТОЛОГІЙ МЕТОДОМ ДЕРЕВ РІШЕНЬ.....	107
<i>Кооп К.О., Чичкарьов Є.А.</i> СИСТЕМА КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ.....	109
<i>Кулик В.В., Кисіль Т.М.</i> СИСТЕМА МУЛЬТИКЛАСОВОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ РОЗШИРЕНИХ АФЕКТИВНИХ СТАНІВ НА ЗОБРАЖЕННЯХ ЗАСОБАМИ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ	111

<i>Лебединченко К.О., Звенігородський О.С.</i> РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОНОМНОГО КЕРУВАННЯ БПЛА У ЗАДАЧАХ ДИНАМІЧНОГО СЛІДКУВАННЯ ЗА ЦІЛЛЮ НА ОСНОВІ НАВЧАННЯ З ПІДКРІПЛЕННЯМ	113
<i>Остренський Н.П., Кисіль Т.М.</i> ТЕХНОЛОГІЇ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ В СИСТЕМАХ ВІДЕОНАГЛЯДУ	115
<i>Полежаєва О.М., Кисіль Т.М.</i> НЕЙРОМЕРЕЖЕВІ ТА ПАРАМЕТРИЧНІ МОДЕЛІ У ЗАДАЧАХ ВИЯВЛЕННЯ ФІНАНСОВИХ АНОМАЛІЙ.....	118
<i>Реденський О.О., Котляр О.В., Духновська К.К</i> ПОРІВНЯННЯ АЛГОРИТМІВ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ ДЛЯ ПОБУДОВИ БАГАТОФАСЕТНОГО ПРОФІЛЮ АВТОРА	120
<i>Цапро І.В., Золотухіна О.А.</i> РОЗРОБКА МЕТОДУ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ВІДСЛЮВАННЯ ХИБНО ПОЗИТИВНИХ ПОДІЙ ПОКАЗНИКІВ МЕХАНІСТИЧНОГО ПІДХОДУ НА РИНКУ КРИПТОВАЛЮТ	122
<i>Чернецький А.А., Чичкарьов Є.А</i> ВИЯВЛЕННЯ МЕРЕЖЕВИХ АНОМАЛІЙ НА ОСНОВІ ГІБРИДНИХ АЛГОРИТМІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ	124
<i>Читулян В.О. Жебка В.В</i> ML-КЛАСИФІКАЦІЯ АРХІТЕКТУРНИХ РІШЕНЬ КОРПОРАТИВНИХ СИСТЕМ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ SHAP ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ХМАРНОГО РОЗГОРТАННЯ	127
СЕКЦІЯ 4. РОЗПІЗНАВАННЯ ЗВУКОВИХ ТА СИГНАТУРНИХ ОБРАЗІВ.....	130
<i>Василенко О.О., Шантур А.С.</i> СИСТЕМИ ГОЛОСОВОЇ ВЗАЄМОДІЇ З КОРИСТУВАЧЕМ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ	130
<i>Гайдамаченко Т.М., Поперешняк С.В.</i> ВИЯВЛЕННЯ ТА ПРОТИДІЯ AI-ГЕНЕРОВАНИМ БОТАМ У КОРПОРАТИВНІЙ ВЕБ-ІНФРАСТРУКТУРІ.....	132
<i>Замахіна Т.А., Шантур А.С.</i> ВПРОВАДЖЕННЯ НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ СИСТЕМ РОЗПІЗНАННЯ МОВЛЕННЯ В ОСВІТІ ТА МЕДІА.....	134
<i>Іванов Р.М., Кисіль Т.М.</i> АНАЛІЗ МОДЕЛІ PARAPHRASE-MULTILINGUAL-MINILM-L12-V2 ДЛЯ БАГАТОМОВНОЇ ОБРОБКИ ТЕКСТУ	136
<i>Комаристий Д.О., Шевченко А.І</i> АРХІТЕКТУРИ RAG-СИСТЕМ ДЛЯ ДЕКОНСТРУКЦІЇ НАРАТИВІВ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ВІЙНИ	137
<i>Костюк К.О. Чичкарьов Є.А.</i> ГІБРИДНА СХЕМА ВИЯВЛЕННЯ КРИЗОВИХ СТАНІВ У ТЕКСТОВИХ ПОВІДОМЛЕННЯХ ВЕБСИСТЕМИ ЕМОЦІЙНОЇ ПІДТРИМКИ НА ОСНОВІ МОВНОЇ МОДЕЛІ	139
<i>Леус Л.Д., Звенігородський О.С.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ ДЛЯ АНАЛІЗУ ТОНАЛЬНОСТІ УКРАЇНОМОВНИХ ТЕКСТІВ.....	141
<i>Мацкевич В.В.</i> ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ АЛГОРИТМІВ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ У МІМО-СИСТЕМАХ ЗВ'ЯЗКУ З РОЗНЕСЕНИМИ АНТЕНАМИ	143
<i>Панченко К.О., Кисіль Т.М.</i> АРХІТЕКТУРА GRAPHRAG ЯК ІНСТРУМЕНТ РОЗШИРЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ У ЗАВДАННЯХ ЗІ СКЛАДНИМ ЛОГІЧНИМ ВИВЕДЕННЯМ	145
<i>Попов А.О., Сєрих С.О.</i> ВИКОРИСТАННЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ГЕНЕРАЦІЇ ЕМОЦІЙНО ЗАБАРВЛЕНОГО МОВЛЕННЯ	146

<i>Рябко Ю.В., Завацький В.О.</i> ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ NLP-МЕТОДІВ ДЛЯ АНАЛІЗУ ТОНАЛЬНОСТІ ВІДГУКІВ КОРИСТУВАЧІВ НА ПЛАТФОРМАХ ЕЛЕКТРОННОЇ КОМЕРЦІЇ.....	148
<i>Саленко Д.В., Кисіль Т.М.</i> ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА АРХІТЕКТУРНА ІНТЕГРАЦІЯ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОГО МОДУЛЯ ГЕНЕРАЦІЇ ФОРТЕПІАННОЇ АПЛІКАТУРИ В ОСВІТНЮ ВЕБ-ПЛАТФОРМУ	150
<i>Фурса Є.І., Звенігородський О.С.</i> МЕТОДИ АНАЛІЗУ ТЕМАТИКИ ТА ТОНАЛЬНОСТІ ТЕКСТІВ УКРАЇНСЬКОГО НОВИННОГО ІНФОПРОСТОРУ НА ОСНОВІ ТРАНСФОРМЕРНИХ МОДЕЛЕЙ	152
<i>Чернецький А.А., Чичкарьов Є.А.</i> ФІЛЬТРАЦІЯ КОНТЕНТУ НА ОСНОВІ ЛОКАЛЬНИХ ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ.....	154
<i>Черняга Д.В., Шевченко А.І.</i> СИСТЕМА ГЕНЕРАЦІЇ НРС З УНІКАЛЬНИМИ МОДЕЛЯМИ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ	156
<i>Швірін М.М., Фесенко М.А.</i> АРХІТЕКТУРА МУЛЬТИАГЕНТНОЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ LLM ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЄКТУВАННЯ ПЕРСОНАЛЬНИХ КОМП'ЮТЕРІВ.....	158
<i>Штойко М.В., Кисіль Т.М.</i> СИСТЕМА ГЕНЕРАЦІЇ НАВЧАЛЬНОГО КОНТЕНТУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ЛОКАЛЬНИХ ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ.....	160
СЕКЦІЯ 5. ТЕХНОЛОГІЇ ХМАРНИХ ОБЧИСЛЕНЬ	163
<i>Анеляк Д.В., Березовська Ю.В.</i> ТЕХНОЛОГІЇ ХМАРНИХ ОБЧИСЛЕНЬ У КОНТЕКСТІ РОЗРОБКИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ОБЛІКУ ЗАЯВОК ТЕХНІЧНОЇ ПІДТРИМКИ.....	163
<i>Бобик В.В., Завацький В.О.</i> ОПТИМІЗАЦІЯ ПОКАЗНИКІВ ВІДМОВСТІЙКОСТІ РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ БАГАТОРІВНЕВОГО РЕЗЕРВУВАННЯ КАНАЛІВ ЗВ'ЯЗКУ	164
<i>Бовкун В.В., Кисіль Т.М.</i> ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ХМАРНИХ ВЕБ-СЕРВІСІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ДОВГОТРИВАЛОГО АРХІВУВАННЯ ВІДЕОКОНТЕНТУ	166
<i>Бондаренко Є.Р., Жебка В.В.</i> ВИКОРИСТАННЯ ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ FIREBASE У МОБІЛЬНОМУ ЗАСТОСУНКУ	168
<i>Дубовицький Д.С., Іщераков С.М.</i> ВИКОРИСТАННЯ EVENT-LOOP ДЛЯ ВІДСТЕЖЕННЯ АСИНХРОННИХ ЗАПИТІВ ПІД ЧАС СЕРВЕРНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ.....	171
<i>Котирло В.В., Кисіль Т.М.</i> ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ APACHE SPARK В ETL-НАВАНТАЖЕННЯХ	172
<i>Кравченко О.О., Самойленко Г.Т.</i> ЗАСТОСУВАННЯ РОЗПОДІЛЕНИХ БАЗ ДАНИХ НА ПІДПРИЄМСТВАХ	174
<i>Криворучко В.Ф., Садовенко В.С.</i> АДАПТИВНЕ ОНЛАЙН-НАВЧАННЯ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ КОНСЕРТ DRIFT У СИСТЕМАХ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ХМАРНИХ ПЛАТФОРМ	176
<i>Омельянович О.С., Раєвський В.Ю., Фесенко М.А.</i> ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОДУКТИВНОСТІ РЕЛЯЦІЙНИХ БАЗ ДАНИХ НА ПРИКЛАДІ POSTGRESQL У ВИСОКОНАВАНТАЖЕНИХ СИСТЕМАХ.....	179
<i>Сиволап Е.В., Гніденко І.А</i> КЛІЄНТ-СЕРВЕРНА АРХІТЕКТУРА СИСТЕМИ ОБЛІКУ РОБОЧОГО ЧАСУ СПІВРОБІТНИКІВ МАЛОГО БІЗНЕСУ	180

<i>Ситнік А.Е., Гніденко І.А. ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ ХМАРНИХ ПЛАТФОРМ ПРИ РОЗРОБЦІ СЕРВІСІВ ДИНАМІЧНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ ДОКУМЕНТІВ</i>	<i>182</i>
<i>Сушко П.С., Самойленко Г.Т. БЕЗПЕКА РОЗПОДІЛЕНИХ БАЗ ДАНИХ</i>	<i>183</i>
СЕКЦІЯ 6. РОЗРОБКА ІГОР ТА ІГРОФІКАЦІЯ ОСВІТНІХ ТА БІЗНЕС ПРОЦЕСІВ	186
<i>Анчев А.О., Читулян В.О. РОЗРОБКА ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ВЕБ-ПЛАТФОРМИ ДЛЯ АГРЕГАЦІЇ ДАНИХ ПРО КІБЕРСПОРТИВНІ ТУРНІРИ ТА ІГРОВІ ПОДІЇ</i>	<i>186</i>
<i>Бахмут М.С., Олейніков І.А. ПРОТОТИП АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ ФОРМУВАННЯ СКЛАДНОСТІ ТА НАГОРОД У ROGUELIKE-ГРИ НА БАЗІ UNREAL ENGINE 5</i>	<i>187</i>
<i>Грисик В.О., Герцюк М.М. ЖАНРОВА КОНЦЕНТРАЦІЯ ІСТОРИЧНОГО КОНТЕНТУ В МОБІЛЬНИХ ІГРАХ: ПРИЧИНИ ТА НАСЛІДКИ</i>	<i>189</i>
<i>Железняк С.О., Зінченко О.В. ПРОБЛЕМИ ТА ОБМЕЖЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ГЕНЕРАТИВНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ГЕНЕРАЦІЇ 2D-ІГРОВОГО КОНТЕНТУ</i>	<i>191</i>
<i>Королюк М.О., Іщераков С.М. РОЗРОБКА ОФЛАЙН 3D ГРИ НА РУШІЇ UNITY</i>	<i>193</i>
<i>Процюк М.Я., Юрченко Ю.Ю. ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ІГРОФІКАЦІЇ В ІНТЕРФЕЙСИ КОРИСТУВАЧА ДЛЯ СИСТЕМ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ</i>	<i>194</i>
<i>Сидоров Г.С., Олейніков І.А. КОМПОНЕНТНИЙ ПІДХІД ДО АРХІТЕКТУРИ 2D ПЛАТФОРМЕРА В UNITY ЯК ОСНОВА СУЧАСНОЇ РОЗРОБКИ ІГОР</i>	<i>196</i>
<i>Теклюк А.О., Гніденко І.А. ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ГЕЙМЕРСЬКОЇ СПІЛЬНОТИ З ФУНКЦІЯМИ ПУБЛІКАЦІЇ КОНТЕНТУ ТА МОНІТОРИНГУ ІГРОВИХ ПОДІЙ</i>	<i>198</i>
<i>Целованський Т.Р., Чичкарьов Є.А. РОЛЬ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В РОЗВИТКУ СУЧАСНОЇ ІНДУСТРІЇ ВІДЕОІГОР</i>	<i>200</i>
СЕКЦІЯ 7. СУЧАСНІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ В УКРАЇНІ І СВІТІ	203
<i>Андрюшин І.Г., Абрамов В.О. 3D-МОДЕЛЮВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ІНТЕР'ЄРУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ VR-ТЕХНОЛОГІЙ</i>	<i>203</i>
<i>Антипенко С.В., Чичур А.І. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ РОЗРОБКИ TELEGRAM-БОТІВ ДЛЯ ОБЛІКУ ОСОБИСТИХ ФІНАНСІВ</i>	<i>204</i>
<i>Асмолов С.О., Поперешняк С.В. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ В УМОВАХ ВІЙНИ: УКРАЇНСЬКИЙ ДОСВІД ТА ГЛОБАЛЬНІ ІННОВАЦІЇ</i>	<i>207</i>
<i>Бандура А.І. Шикуча О.М. РОЗРОБКА TELEGRAM-БОТА ДЛЯ ОБЛІКУ КЛІЄНТІВ МАЛОГО БІЗНЕСУ НА ОСНОВІ PYTHON</i>	<i>210</i>
<i>Богуславець В.А., Шикуча О.М. РОЗРОБКА САЙТУ ФІРМИ З ОРГАНІЗАЦІЇ ПОДОРОЖЕЙ НА JAVASCRIPT</i>	<i>211</i>
<i>Бондаренко Д.В., Гніденко І.А. ВПРОВАДЖЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБІГУ</i>	<i>213</i>
<i>Бровченко Т.Я., Бученко І.А. ОГЛЯД СУЧАСНИХ ПРОТОКОЛІВ СИНХРОНІЗАЦІЇ ЧАСУ В AUDIO OVER IP: NTP ТА RTP</i>	<i>215</i>
<i>Василець С.О., Зінченко О.В. ЗАСТОСУНОК ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ЗАВДАННЯМИ ТА ПРОЄКТАМИ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ</i>	<i>217</i>

<i>Даценко В.Д., Бондарчук А.П.</i> РОЗРОБКА АВТОНОМНОГО ЗАСТОСУНКУ ОБРАХУНКУ ДАНИХ ДЛЯ ПРИЦІЛУ НА ОСНОВІ ВВЕДЕНИХ ПОПРАВОК.....	218
<i>Дубовицький Д.С., Іщераков С.М.</i> МЕХАНІЗМ ПАУЗИ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ГЕНЕРАЦІЇ ВЕБ-САЙТУ НА БОЦІ СЕРВЕРУ ПРИ ВИКОНАННІ АСИНХРОННИХ ЗАПИТІВ	220
<i>Дуляницький Є.М., Чичкарьов Є.А.</i> РОЗРОБКА ВЕБ-ОРІЄНТОВАНОЇ СИСТЕМИ РОЗПІЗНАВАННЯ РУКОПИСНИХ ЦИФР ТА ЛІТЕР ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ	221
<i>Дьогтяр А.С., Вишинівський В.В.</i> ПРОЕКТУВАННЯ АСИНХРОННОГО TELEGRAM-БОТА ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТА АНАЛІЗУ ПЕРСОНАЛЬНИХ ФІНАНСІВ.....	223
<i>Журба В.І., Катков Ю.І.</i> РОЗРОБКА WEB APPLICATION E-LIBRARY МОВОЮ PYTHON З ВИКОРИСТАННЯМ ФРЕЙМВОРКУ DJANGO	225
<i>Іванова Є.Р., Жебка В.В.</i> АНАЛІЗ ГЛОБАЛЬНИХ ТА НАЦІОНАЛЬНИХ ТЕНДЕНЦІЙ ВПРОВАДЖЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ПРОЦЕСИ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ.....	227
<i>Колодюк А.В., Аронов А.О.</i> СУЧАСНИЙ СТАН ТА ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ АПАРАТНОГО І ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ.....	230
<i>Касабов І.О., Кисіль Т.М.</i> АВТОМАТИЗАЦІЯ ІНТЕРФЕЙСНОЇ ВЕБ-РОЗРОБКИ НА БАЗІ КОНЦЕПЦІЇ HUMAN-IN-THE-LOOP	231
<i>Коломієць Н.Я., Аронов А.О.</i> ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ МІКРОСЕРВІСНОЇ ВЕБ-ПЛАТФОРМИ ОРЕНДИ ЖИТЛА З СИНХРОНІЗАЦІЄЮ ДАНИХ У РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ.....	233
<i>Котельницький Н.В., Шикуча О.М.</i> РОЗРОБКА АСИНХРОННОГО REST API ДЛЯ ОНЛАЙН МАГАЗИНУ ФІЛЬМІВ НА ОСНОВІ FASTAPI ТА POSTGRESQL.....	235
<i>Ляшок А.В., Турукало А.В.</i> АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА AI-КОНТЕНТ МЕНЕДЖМЕНТУ НА ПЛАТФОРМІ MAKE.COM.....	237
<i>Наровило Р.Я., Кисіль Т.М.</i> ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ ВІДМОВ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ МЕТОДАМИ МАШИННОГО НАВЧАННЯ	239
<i>Нестеров А.С., Шикуча О.М.</i> РОЗРОБКА ФОРУМ-ПЛАТФОРМИ ДЛЯ ІТ-СПІЛЬНОТИ СТУДЕНТІВ REACT & TYPESCRIPT	241
<i>Пугач А.С., Кисіль Т.М.</i> НЕЙРОМЕРЕЖЕВЕ РОЗПІЗНАВАННЯ ЕМОЦІЙНОГО СТАНУ ЗА АКУСТИЧНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ МОВЛЕННЯ.....	243
<i>Малигін В.В., Прокопов С.В.</i> АВТОМАТИЗАЦІЯ ОБРОБКИ ЗАЯВОК ТА МОНІТОРИНГУ РЕСУРСІВ ОРГАНІЗАЦІЇ НА БАЗІ ФРЕЙМВОРКУ LARAVEL.....	245
<i>Міскун Є.М., Кисіль Т.М.</i> ОПТИМІЗОВАНЕ ІНТЕГРУВАННЯ ГЕНЕРАТИВНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В КОРИСТУВАЦЬКІ ПРОГРАМНІ ПРОДУКТИ	247
<i>Нечай І.О., Вишинівський В.В.</i> ПРОЕКТУВАННЯ ВЕБ-РЕСУРСУ ІНТЕРАКТИВНОЇ ВЕБ-ВІЗИТКИ ДЛЯ СФЕРИ РОЗВАЖАЛЬНИХ ПОСЛУГ НА БАЗІ СТЕКУ JS/PHP/MYSQL	249
<i>Олійник Б.О., Чичкарьов Є.А.</i> AI-АГЕНТИ З ПІДТРИМКОЮ MCR ДЛЯ ПОБУДОВИ САМООНОВЛЮВАНОЇ КОРПОРАТИВНОЇ БАЗИ ЗНАНЬ.....	251
<i>Олійчук С.О., Шантир А.С.</i> АНАЛІЗ ВПЛИВУ СТРУКТУРИ ФУНКЦІЇ ВИНАГОРОДИ НА СТРАТЕГІЮ ПОВЕДІНКИ ІІІ-АГЕНТІВ У ЛАБІРИНТАХ	253

<i>Омельянович О.С., Раєвський В.Ю., Фесенко М.А. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ДЛЯ ПІДТРИМКИ КОРИСТУВАЧІВ ВИКОРИСТАННЯМ ШІ</i>	<i>254</i>
<i>Пархотько Є.О., Завацький В.О. ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ ІТ-ІНФРАСТРУКТУРИ СУЧАСНОГО ОФІСУ</i>	<i>256</i>
<i>Приходченко Д.М., Шикуча О.М. РОЗРОБКА TELEGRAM-БОТА ДЛЯ ГЕНЕРАЦІЇ ПОСТІВ НА ОСНОВІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ</i>	<i>257</i>
<i>Prokipchyn Stepan, Ishcheryakov Serhiy FROM SPOKEN DIAGNOSIS TO ADAPTIVE CURRICULA: A LIVEKIT-BASED ARCHITECTURE FOR AI-POWERED INSTRUCTIONAL DESIGN.....</i>	<i>259</i>
<i>Реул Н.Є. ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В НАУЦІ ТА ОСВІТІ.....</i>	<i>261</i>
<i>Сіденко І.А., Чичкарьов Є.А. СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО ВИЯВЛЕННЯ СПАМУ В СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖАХ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ...</i>	<i>263</i>
<i>Салтан С.С., Гніденко М.П. РОЗРОБКА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ АКАДЕМІЧНОЮ АКТИВНІСТЮ СТУДЕНТА У ВИГЛЯДІ TELEGRAM БОТА НА ОСНОВІ PYTHON</i>	<i>264</i>
<i>Стеблевський Р.О., Шикуча О.М. РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПЕРСОНАЛЬНИМИ ЕЛЕКТРОННИМИ ДОКУМЕНТАМИ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЙ NODE.JS ТА REACT</i>	<i>266</i>
<i>Ступак Н.О., Гордієнко К.О. МЕТОДИ ІНТЕГРАЦІЇ ЦИФРОВОЇ СИСТЕМИ ЗАСВОЄННЯ МОВИ SQL З GOOGLE WORKSPACE</i>	<i>267</i>
<i>Фещенко Б.В. ГІБРИДНА АРХІТЕКТУРА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ МУЗИЧНОЇ ПЛАТФОРМИ НА БАЗІ ІОТ-ІНФРАСТРУКТУРИ ТА ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ</i>	<i>269</i>
<i>Чепкасова Д.О., Шикуча О.М. РОЗРОБКА НАВЧАЛЬНОЇ ПРОГРАМИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ СЛОВОТВОРЕННЯ В АНГЛІЙСЬКІЙ МОВІ НА МОВІ ПРОГРАМУВАННЯ C++</i>	<i>270</i>
<i>Чикало В.Д., Залива В.В. ПРАКТИЧНІ ПИТАННЯ ВБУДОВУВАННЯ ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ У МОБІЛЬНІ iOS-ЗАСТОСУНКИ</i>	<i>272</i>
<i>Чорний В.В., Чичур А.І. ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЯ TELEGRAM-БОТІВ ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ВЗАЄМОДІЇ З КОРИСТУВАЧАМИ</i>	<i>274</i>
<i>Яковенко О.Ю., Работя О.В. TELEGRAM-БОТ ДЛЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ДАНИХ ПРО СТАН ЗДОРОВ'Я.....</i>	<i>276</i>
<i>Яровий Б.С., Березовська Ю.В. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ, ПОРІВНЯННЯ ТА АНАЛІЗУ ЕФЕКТИВНОСТІ АЛГОРИТМІВ СОРТУВАННЯ ЗАСОБАМИ JAVA</i>	<i>277</i>
СЕКЦІЯ 8. НОВІТНІ АПАРАТНІ ТА ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ	279
<i>Балвак А.А., Лащевська Н.О. ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДСЬКОЇ ТА ТРАНСПОРТНОЇ ЛОГІСТИКИ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДІВ ВИПЕРЕДЖАЛЬНОГО ВІДВАНТАЖЕННЯ</i>	<i>279</i>
<i>Бровченко Т.Я., Бученко І.А. ДОСЛІДЖЕННЯ AUDIO-OVER-IP ТА СТАНДАРТА AES67.....</i>	<i>281</i>

<i>Виливок М.В., Гавор А.С. РОЗШИРЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОСТІ ТОКЕНА ERC-20 З ВИКОРИСТАННЯ ERC20PREMIT ТА ERC20VOTES</i>	<i>283</i>
<i>Гавриленко О.В., Ткаченко О.М. МЕТОДИ КОЛІРНОЇ СУБДИСКРЕТИЗАЦІЇ ВОКСЕЛЬНИХ 3D-ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ВІДЕОПАМ'ЯТІ</i>	<i>285</i>
<i>Гніденко М.М., Прокопов С.В. ОПТИМІЗАЦІЯ ІНФРАСТРУКТУРИ SDN НА ОСНОВІ РОЗМІЩЕННЯ КОНТРОЛЕРІВ.....</i>	<i>287</i>
<i>Корнєєв В.О., Шевченко С.М. ПРОГРАМНИЙ МОДУЛЬ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ОРКЕСТРАЦІЇ ТА АНАЛІТИКИ ДЛЯ ІНФРАСТРУКТУРИ FORTIGATE</i>	<i>289</i>
<i>Крест'янінов І.О., Катков Ю.І. ГІБРИДНА МОДЕЛЬ PARETO-NASH-MPC ДЛЯ ВИРІШЕННЯ КОНФЛІКТІВ ЦІЛЕЙ У РОЗУМНИХ БУДИНКАХ</i>	<i>291</i>
<i>Лясковський Д.О., Бученко І.А. РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ КОНФІГУРАЦІЇ МАРШРУТИЗАТОРІВ НА БАЗІ OPENWRT</i>	<i>293</i>
<i>Ніщепенко Д.О. ФУНКЦІЯ КОРИСНОСТІ З АДАПТИВНИМИ ВАГОВИМИ КОЕФІЦІЄНТАМИ ДЛЯ БАГАТОЦІЛЬОВОГО КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ.....</i>	<i>294</i>
<i>Писаренко М.А., Кисіль Т.М. НЕЙРОМЕРЕЖЕВЕ КЕРУВАННЯ БІОНІЧНИМИ ПРОТЕЗАМИ НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРНИХ СИСТЕМ</i>	<i>296</i>
<i>Прокоф'єв Д.А., Поперешняк С.В. АРХІТЕКТУРА МАСШТАБОВАНОЇ СИСТЕМИ ОБРОБКИ ВІДЕО В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ</i>	<i>298</i>
<i>Руденко Д.В., Работя О.В. СИСТЕМА ВЗАЄМОДІЇ ПРИСТРОЇВ РОЗУМНОГО БУДИНКУ НА БАЗІ ПРОТОКОЛУ ZIGBEE</i>	<i>299</i>
<i>Шимко В.О., Пономаренко О.М. САМООРГАНІЗОВАНА СИСТЕМА ВІДЕОАНАЛІТИКИ ДЛЯ ДИНАМІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА РОЗУМНОГО МІСТА</i>	<i>301</i>
АВТОРИ ПУБЛІКАЦІЙ	303

СЕКЦІЯ 1. МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

*Волошин Данило Віталійович, студент, ДУІКТ
Поперешняк Світлана Володимирівна, к.т.н., доцент
Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського*

МЕТОД КОДУВАННЯ ЧАСОВИХ ОЗНАК У НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ МОДЕЛЯХ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ РИНКОВИХ СИГНАЛІВ

Постановка задачі. Ефективність сучасних систем алгоритмічної торгівлі критично залежить від використання нейромережових архітектур, де часовий контекст (сесії бірж, періоди волатильності) є критичним предиктором. Проте стандартний числовий формат представлення часу створює проблему математичного розриву між завершенням та початком доби. Це призводить до некоректного навчання моделей через відсутність циклічної неперервності даних. Необхідність розробки методів трансформації ознак для усунення подібних артефактів підготовки даних та забезпечення адекватної інтерпретації часових рядів нейронними мережами визначає актуальність цього дослідження.

Мета дослідження. Метою роботи є аналіз та впровадження методу циклічного кодування часових показників через тригонометричні перетворення, а також ідентифікацію глобальних торгових сесій.

Результати дослідження. У результаті роботи розроблено конвеєр підготовки ознак (Feature Engineering Pipeline), що забезпечує трансформацію часових міток у формат, адаптований для моделей глибокого навчання та алгоритмів прогнозування фінансових часових рядів. Основу запропонованого підходу становить циклічне кодування часових параметрів — годин та хвилин — за допомогою тригонометричних функцій синуса та косинуса. Така модель представлення дозволяє коректно враховувати циклічну природу часу та усувати математичні розриви при переході між торговими добами, забезпечуючи обчислювальну безперервність і стабільність вхідних даних для нейромережових моделей [1].

Додатково реалізовано механізм ідентифікації глобальних торгових сесій шляхом маркування часових інтервалів активності основних фінансових центрів світу. Запропонований підхід дозволяє враховувати зміну ринкової активності та нерівномірність ліквідності протягом доби, що є важливим фактором для задач прогнозування волатильності та поведінки фінансових інструментів. Зокрема, модель отримує можливість точніше ідентифікувати часові області підвищеної активності, пов'язані з відкриттям Нью-Йоркської, Лондонської чи Токійської торгових сесій, які характеризуються збільшенням обсягів торгів та ринкової волатильності [2].

На рис. 1 представлено розроблену схему конвеєра підготовки ознак, яка відображає послідовність обробки часової мітки: від виділення окремих компонент часу до етапів тригонометричного кодування, інтеграції контекстних ознак торгових сесій та формування результуючого вектора ознак для подальшого використання в моделях машинного та глибокого навчання.

Застосування запропонованого методу сприяє стабілізації навчання нейронних мереж та покращує розпізнавання ринкових патернів у часовому розрізі [3].

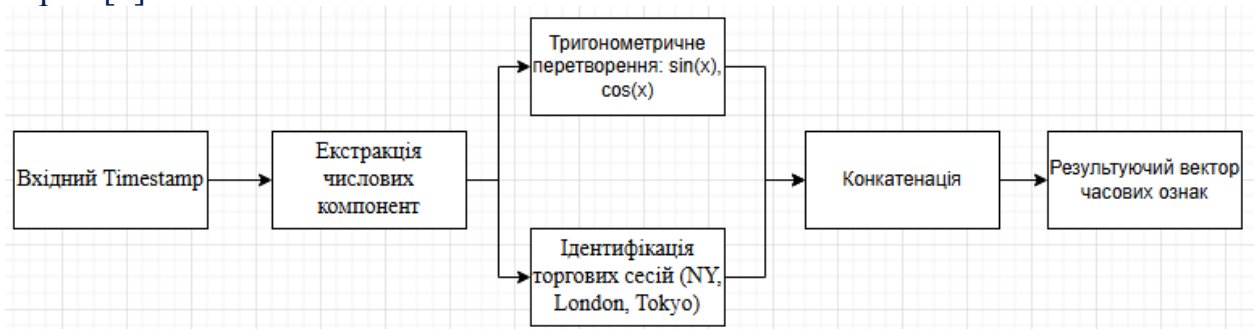


Рис. 1. Етапи підготовки часових даних для нейромережевого аналізу.

Процес конвеєризації даних відображає послідовність перетворення первинних часових міток у високоінформативні ознаки для нейромережових моделей прогнозування ринкових сигналів. Завдяки декомпозиції вхідного часового штампа та подальшій паралельній обробці його компонентів забезпечується одночасне врахування як неперервних математичних властивостей часу через тригонометричні функції, так і дискретного ринкового контексту шляхом ідентифікації активних торгових сесій. Кінцева конкатенація цих параметрів дозволяє сформувати збалансований результуючий вектор часових ознак, який усуває проблему розривності циклічних даних і безпосередньо оптимізує обчислювальну здатність архітектури глибокого навчання

Висновки та перспективи. У результаті дослідження доведено, що використання циклічного кодування часових ознак дозволяє усунути математичні розриви між послідовними часовими інтервалами та забезпечити стабільність навчання нейромережових моделей під час обробки фінансових часових рядів. Запропонований підхід забезпечує коректне представлення циклічної природи часу та підвищує якість інтерпретації ринкового контексту залежно від фази торгової сесії, рівня ліквідності та характеру ринкової активності. Додаткове врахування глобальних торгових сесій дозволяє підвищити чутливість моделі до періодів підвищеної волатильності та інтенсивності торгів.

Подальші дослідження планується спрямувати на інтеграцію запропонованого методу в архітектури Transformer та інші моделі глибокого навчання для аналізу довгострокових залежностей у фінансових даних. Окрему увагу передбачається приділити дослідженню взаємозв'язку між макроекономічними подіями, новинними потоками та періодами аномальної волатильності фінансових активів у режимі реального часу, а також розширенню набору контекстних ознак для підвищення точності прогнозування ринкової поведінки.

Список використаних джерел:

1. Kolambe M., Arora S. Forecasting the Future: A Comprehensive Review of Time Series Prediction Techniques. Journal of Electrical Systems. 2024. DOI:10.52783/jes.1478

2. Yan K., Yue Z., Wu C., He Q., Zhou J., Hao Z., Li Y. Flexible Target Prediction for Quantitative Trading in the American Stock Market: A Hybrid Framework Integrating Ensemble Models, Fusion Models and Transfer Learning. *Entropy*. 2026. DOI:10.3390/e28010084

3. Yemets K., Izonin I., Dronyuk I. Time Series Forecasting Model Based on the Adapted Transformer Neural Network and FFT-Based Features Extraction. *Italian National Conference on Sensors*. 2025. DOI: 10.3390/s25030652

*Замахіна Тетяна Андріївна, студентка, ДУІКТ
Шантур Антон Сергійович, к.т.н., доцент, ДУІКТ*

СИСТЕМА РОЗПІЗНАВАННЯ УКРАЇНСЬКОЇ МОВИ НА ОСНОВІ СУЧАСНИХ НЕЙРОННИХ АРХІТЕКТУР: ЛІНГВІСТИЧНИЙ ВИМІР

Постановка задачі. Сучасний етап розвитку голосових інтерфейсів та систем цифрової доступності вимагає високої якості автоматичного розпізнавання мовлення (ASR). Проте для української мови цей процес ускладнений низкою чинників: вона належить до малоресурсних мов (обсяг розмічених аудіокорпусів є обмеженим), а також має складну флексивну структуру (що спричиняє проблему рідкісних словоформ), специфічні фонологічні ознаки, діалектне варіювання та явище кодозміщення (code-switching).

Метою дослідження є підвищення якості, точності та репрезентативності автоматичного розпізнавання українського мовлення за умов обмеженості мовленнєвих ресурсів шляхом розробки комплексного лінгво-інженерного підходу, що поєднує стратегію перенесення знань (transfer learning) сучасних нейромережових архітектур із глибоким моделюванням мовних рівнів (фонологічного, морфологічного та синтаксичного).

Результати дослідження. Поширення голосових інтерфейсів, систем автоматичного транскрибування та інструментів цифрової доступності робить особливо актуальним завдання розбудови якісних технологій розпізнавання мовлення для української мови. Попри помітний прогрес у відповідній галузі для так званих мажоритарних мов, українська й досі належить до маломовних із позиції технологічного забезпечення обсяг публічно доступних розмічених аудіокорпусів суттєво поступається ресурсам, наявним для англійської чи китайської [3, с. 6]. У такому контексті лінгвістичне осмислення особливостей мови постає необхідною передумовою якісного інженерного рішення.

Українська мова належить до східнослов'янської групи й вирізняється розгалуженою флексивною системою, яка породжує десятки словоформ для однієї лексики. Власне, ця морфологічна складність прямо ускладнює побудову мовних моделей: для аналогічного покриття корпусу слов'янська мова потребує значно більшого словника, ніж аналітичні мови. Через це для систем розпізнавання українського мовлення доцільнішим виявляється моделювання на рівні підслівних одиниць як-от BPE, WordPiece чи Unigram LM, яке згладжує

проблему рідкісних словоформ [4, с. 3]. Фонологічний рівень налічує близько 32–38 приголосних і 6 голосних фонем; специфічними рисами є опозиція твердих і м'яких приголосних, відносно вільний наголос та чергування голосних у коренях. Окремо варто згадати пару /г/ – /г'/: рідкісність фонemi /г'/ у природному мовленні часто провокує її систематичне змішування з /г/ під час автоматичного розпізнавання.

Сучасні системи автоматичного розпізнавання мовлення спираються здебільшого на дві архітектурні парадигми: енкодер-декодер моделі типу Whisper та CTC-системи на базі wav2vec 2.0 і Conformer. Whisper, розроблена компанією OpenAI, є seq2seq-трансформером, навченим на 680 000 годин аудіо, зібраного з відкритих джерел [3, с. 7]. Архітектура wav2vec 2.0 натомість реалізує парадигму самонавчання: модель здобуває акустичні представлення на масштабних обсягах нерозміченого аудіо через контрастивне завдання, а вже потім донавчається на невеликій кількості розмічених прикладів із застосуванням втрати CTC. Conformer, своєю чергою, поєднує механізм самоуваги та згорткові шари, що дає змогу одночасно моделювати як глобальні, так і локальні залежності в акустичному сигналі.

Для маломовних мов, до яких належить й українська, ключем до конкурентоспроможної якості залишається стратегія перенесення знань (transfer learning): попередньо натреновану мультимовну модель донавчають (fine-tuning) на цільовій мові. Емпіричні розвідки засвідчують, що базова версія Whisper medium демонструє WER у межах 15–25 % на наявних україномовних тестових наборах, тоді як донавчання на корпусі обсягом близько 100 годин знижує цей показник до 9–12 %, залежно від домену та якості аудіо [5, с. 3]. Подібну тенденцію зафіксовано й для XLSR-53 мультимовної версії wav2vec 2.0 [1, с. 11062].

Окремий лінгвістичний пласт проблеми формування навчального корпусу, який забезпечував би належну репрезентативність української мови. Серед публічно доступних ресурсів найвідомішими є україномовний сегмент Mozilla Common Voice, M-AILABS та гібридні набори, що поєднують реальні й синтетичні записи. Останні створюються із залученням сучасних нейронних систем синтезу мовлення (як-от VITS, YourTTS) і слугують засобом масштабування корпусу за умов дефіциту природного матеріалу [4, с. 3]. Щоправда, синтетичні дані відрізняються від природного мовлення просодичними та ритмічними характеристиками, тож доцільним виявляється їхнє змішування з реальним мовленням у пропорції, визначеній через крос-валідацію.

Не менш суттєвою є проблематика діалектного й соціолектного варіювання української мови. Галицький, слобожанський, поліський та південноукраїнські говори демонструють фонетичні й просодичні особливості, які за недостатнього представлення в навчальному корпусі ведуть до зростання WER на 5–7 відсоткових пунктів, якщо порівнювати з нейтральним київським вимовним стандартом [5, с. 5]. Збір аудіоматеріалу, рівномірно розподіленого за регіональними, віковими та статевими групами мовців, постає першочерговим завданням розбудови репрезентативного україномовного корпусу. Окремий

виклик становить і кодозмішане мовлення (code-switching) вкраплення англіцизмів та запозиченої термінології у природному мовленні освіченого міського мовця.

Якість розпізнавання прийнято оцінювати за метриками WER (Word Error Rate) та CER (Character Error Rate). Для морфологічно складних мов CER нерідко є інформативнішим: дрібна морфологічна похибка (скажімо, помилка в флексії) штрафується не цілою лексемою, а лише символьною різницею. Поза тим, об'єктивне зіставлення систем потребує єдиного протоколу нормалізації тексту приведення до нижнього регістру, уніфікації пунктуації, стандартизації числових записів. Інверсна нормалізація тексту (ITN) для української мови є самостійною дослідницькою проблемою з огляду на відмінювання числівників та узгодження з іменниками за родом, числом і відмінком.

Постпроцесинг результатів розпізнавання охоплює відновлення пунктуації, велику літеру власних назв, форматування числових і темпоральних виразів. Для української мови такий модуль доцільно будувати на основі попередньо натренованої двоспрямованої трансформерної моделі приміром, LiBERTa, навченої виключно на українських текстах із нуля. Окрім інженерної цінності, такий підхід має й лінгвістичну вагу, оскільки відображає синтаксичну структуру речень і поліпшує читабельність автоматично згенерованого тексту. Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні на період до 2030 року виокремлює україномовні мовленнєві технології як один із пріоритетних напрямів державної підтримки [2, с. 198].

Висновки та перспективи. Побудова системи автоматичного розпізнавання української мови на основі сучасних нейронних архітектур постає лінгво-інженерною задачею, ефективне розв'язання якої передбачає синтез мовознавчого аналізу й технічних рішень. Стратегія донавчання попередньо натренованих мультимовних трансформерних моделей (Whisper, wav2vec 2.0) на якісних, репрезентативних україномовних корпусах є оптимальним підходом за умов обмеженості мовленнєвих ресурсів. Перспективи подальших розвідок пов'язані з розширенням корпусів за рахунок діалектного й спонтанного мовлення, удосконаленням методів інверсної нормалізації тексту та інтеграцією систем розпізнавання у комплексні україномовні цифрові продукти.

Список використаних джерел

1. Лозинська О., Різник В. Архітектура системи голосових команд на основі wav2vec 2.0 та fine-tuning для української мови. *Комп'ютерні науки та кібербезпека*. 2023. URL: <https://csit.lpnu.ua/en/node/11062>
2. Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні (2023–2030) : монографія / за заг. ред. А. І. Шевченка. Київ : ІПШІ, 2023. 305 с. URL: https://jai.in.ua/archive/2023/ai_mono.pdf
3. Dumyn A., Fedushko S., Syerov Yu. Review of Automatic Speech Recognition Systems for Ukrainian and English Language. *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*. 2024. Vol. 212. Springer. URL: https://www.researchgate.net/publication/384433045_Review_of_Automatic_Speech_Recognition_Systems_for_Ukrainian_and_English_Language

4. Lipianina-Honcharenko K., Bohuta H., Ivaniush A., Soia M. A Dataset of Real and Synthetic Speech in Ukrainian. *Scientific Data*. 2025. Vol. 12. Art. 745. UR: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40328782/>

Івченко Дмитро Євгенович, студент, ДУІКТ
Хохлачова Юлія Євгеніївна, к.т.н., професор, ДУІКТ

ПРОБЛЕМАТИКА ВИЯВЛЕННЯ МАНІПУЛЯЦІЙ З ЦИФРОВИМИ ЗОБРАЖЕННЯМИ

Постановка задачі. Сучасні підходи до обробки медіаконтенту створюють значні виклики для систем безпеки через складність ідентифікації високоякісних цифрових фальсифікацій. Традиційні методи аналізу часто виявляються малоефективними при роботі з артефактами багаторазового стиснення. Актуальним напрямом є розробка систем, що здатні автоматично ідентифікувати аномалії в піксельній структурі та локалізувати зони стороннього втручання, використовуючи гібридні підходи комп'ютерного бачення.

Мета дослідження. Метою дослідження є розробка та оцінка ефективності інтелектуальної системи виявлення і аналізу змін цифрових зображень на основі алгоритмів машинного навчання, зокрема згорткових нейронних мереж у поєднанні з методом аналізу рівня помилок. Система має автоматично класифікувати зображення як автентичні або змінені, а також візуалізувати ймовірні зони стороннього втручання.

Результати дослідження. У процесі дослідження було проаналізовано особливості застосування алгоритмів машинного навчання для виявлення цифрових маніпуляцій та ідентифіковано ключові технічні обмеження цього процесу. Встановлено, що пряме застосування згорткових нейронних мереж до сирих кольорних масивів зображення часто є неефективним через вплив природного шуму матриці камери, складних умов освітлення та різноманітності семантики кадру. Ефективним розв'язанням цієї проблеми є впровадження етапу попередньої обробки за допомогою методу Error Level Analysis. Такий підхід дозволяє трансформувати приховані артефакти стиснення у виражені математичні аномалії, перетворюючи задачу розпізнавання складних візуальних підробок на задачу класифікації височастотного шуму. При виявленні даних артефактів можна аналізувати зображення, які мали будь який вплив та зміну.

Важливим аспектом дослідження є аналіз проблеми навчання моделей. На відміну від класичних задач комп'ютерного зору, пошук локальних маніпуляцій вимагає глибокого розуміння текстурних мікро-артефактів. Навчання глибоких архітектур з нуля для таких задач супроводжується ризиком перенавчання та вимагає колосальних обчислювальних ресурсів. Дослідження показало, що найбільш доцільним підходом є використання стратегії перенесеного навчання із застосуванням оптимізованих архітектур, таких як MobileNet. Адаптація попередньо навчених вагових коефіцієнтів до аналізу ELA-карт дозволяє суттєво підвищити стабільність моделі та скоротити час її розробки.

Окрему увагу в роботі приділено фундаментальній проблемі інтерпретованості нейромереж. У сфері верифікації контенту алгоритм не може функціонувати як «чорна скринька», видаючи лише імовірнісний вердикт. Для забезпечення доказовості рішень ШІ критично важливим є використання методів градієнтної візуалізації активацій Grad-CAM. Застосування цього алгоритму дозволяє встановлювати просторовий зв'язок між рішенням нейромережі та конкретними пікселями вхідного файлу, формуючи теплові карти. Це перетворює модель машинного навчання з бінарного класифікатора на повноцінний інструмент локалізації цифрового втручання.

Висновки та перспективи. Розроблена система демонструє, що поєднання класичного методу аналізу рівня помилок зі згортковою нейронною мережею забезпечує більш ефективне виявлення маніпуляцій, ніж кожен із методів окремо. Система не залежить від наявності метаданих та працює з зображеннями, отриманими з мережі Інтернет. Практична цінність рішення полягає у можливості його інтеграції до систем верифікації контенту в медіа, а також розпізнавання правдоподібних медіафайлів, вилучаючи деталі спотворення для подальшого аналізу автентичності. Перспективним напрямом розвитку є адаптація моделі до розпізнавання вдосконалення детектора ШІ-генерованих зображень у відповідь на швидкий розвиток генеративних моделей. Це забезпечить комплексне оцінювання фотографій, уникаючи отримання недостовірної інформації, для забезпечення отримання тільки автентичних зображень без стороннього втручання.

Список використаних джерел:

1. Neal Krawtz, Error Level Analysis: A Digital Forensics Tool // [Електронний ресурс]: <https://www.hackerfactor.com/papers/bh-usa-07-krawtz-wp.pdf>, Дата звернення: 11.05.

2. TensorFlow Core, Transfer learning and fine-tuning (MobileNetV2) // [Електронний ресурс]: https://www.tensorflow.org/tutorials/images/transfer_learning, Дата звернення: 12.05.2026

3. Keras Code Examples, Grad-CAM class activation visualization // [Електронний ресурс]: https://keras.io/examples/vision/grad_cam/, Дата публікації: 26.04.2020

Кисіль Тетяна Миколаївна, старший викладач ДУІКТ

АРХІТЕКТУРА ІНТЕГРОВАНОГО АНАЛІЗУ ЕМОЦІЙ НА БАЗІ 3D-CNN ТА АЛГОРИТМІВ ЩІЛЬНОЇ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ У ВІДЕОПОТОЦІ

Постановка задачі. Сучасні системи моніторингу психоемоційного стану людини під час фізичних навантажень потребують високої точності обробки мімічних реакцій у динамічному середовищі. Основною проблемою є висока варіативність виразів обличчя та необхідність ідентифікації емоційних станів без затримки в реальному часі. У межах роботи вирішується задача розробки

архітектури, що забезпечує автоматизоване виділення ознак обличчя за допомогою згорткових нейронних мереж (CNN) та подальшу їх класифікацію засобами алгоритму щільної кластеризації (HDBSCAN) для визначення емоційного профілю одного суб'єкта.

Мета дослідження. Метою роботи є підвищення якості аналізу психоемоційного стану людини шляхом побудови інтегрованого програмного комплексу, який автоматично виконує процес детекції емоційних патернів у відео-поточі та трансформує їх у кількісні статистичні дані, які відображають емоційну динаміку суб'єкта.

Результати дослідження. В межах проведеного дослідження було спроектовано та експериментально підтверджено ефективність інтегрованого конвеєра обробки відеоданих, призначеного для ідентифікації емоційного стану суб'єкта в умовах реального часу. Функціонування системи розпочинається з етапу детекції та попередньої обробки, під час якого за допомогою методів комп'ютерного зору здійснюється виділення області обличчя в кожному окремому кадрі відео-поточу. Отримані вибірки даних проходять процедуру нормалізації, спрямовану на компенсацію несприятливих зовнішніх факторів, таких як варіації освітлення або випадкові геометричні спотворення, що дозволяє мінімізувати шум і забезпечити необхідну для подальших етапів стабільність вхідного сигналу.

Безпосередній аналіз просторово-часових особливостей мимічних проявів реалізується шляхом застосування архітектури 3D-згорткових нейронних мереж (3D-CNN). На відміну від стандартних двовимірних моделей, використання 3D-фільтрів дозволяє мережі оперувати одночасно просторовими ознаками обличчя та часовою динамікою їх зміни у послідовних кадрах. Такий підхід забезпечує формування дескрипторів, які виділяють специфічні мікрорухи м'язів, що є визначальними індикаторами психоемоційного стану під час фізичної активності.

Для розв'язання задачі класифікації виділених нейронною мережею ознак залучено алгоритм щільної кластеризації на основі ієрархії (HDBSCAN). Цей метод забезпечує перевагу над традиційними статичними класифікаторами завдяки здатності до адаптивного групування даних, що дозволяє виявляти складні емоційні стани та їх нелінійні переходи. Завдяки ієрархічній природі алгоритму система ефективно ідентифікує тонкі зміни в миміці, що дає можливість кількісно обґрунтувати показник варіативності або ентропії емоційного профілю досліджуваної особи.

Процес експериментальної верифікації розробленого алгоритму передбачає застосування інструментів візуалізації, завдяки яким система виконує покадрову анотацію відео-поточу з накладанням міток відповідних емоційних станів, що наочно демонструє результати тестування, представлені на рис. 2. Окрім візуального відображення в реальному часі, програмний комплекс автоматизує формування агрегованого звіту, результатом якого є фінальна таблиця розподілу інтенсивності емоційних реакцій. Розраховані відсоткові показники для категорій *Neutral*, *Happy*, *Surprised*, *Active* та *Focused* створюють

репрезентативну базу для об'єктивного оцінювання індивідуального емоційного профілю, що дозволяє обґрунтувати характер динамічних реакцій суб'єкта.

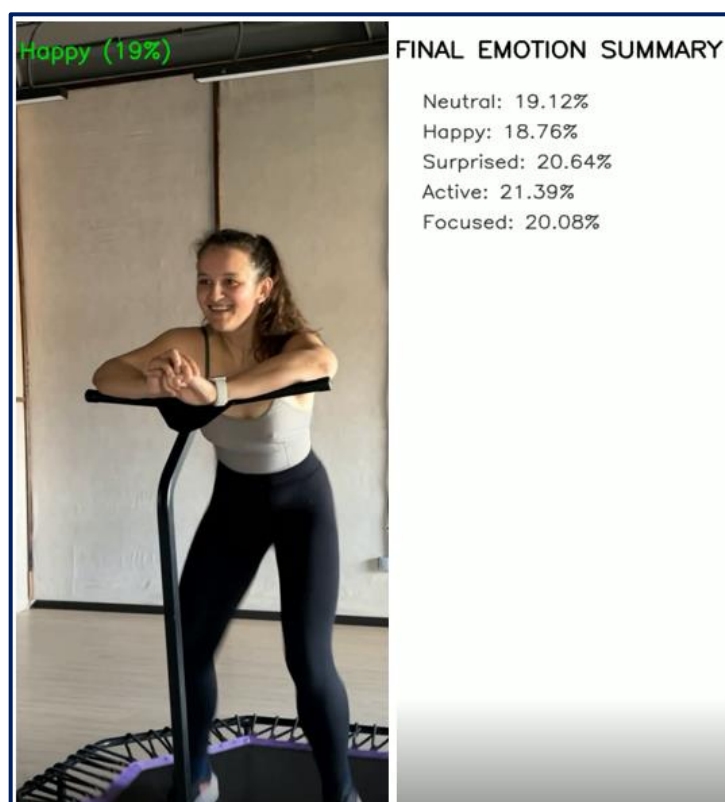


Рис. 2 Візуалізація результатів покадрового аналізу емоційного стану суб'єкта та підсумкова статистична звітність

Наведений програмний комплекс автоматизує формування агрегованого звіту, результатом якого є фінальна таблиця розподілу інтенсивності емоційних реакцій, розрахована за весь період спостереження. Відповідно до отриманих статистичних даних, емоційний профіль досліджуваної особи демонструє високу варіативність: стан *Neutral* становить 19,12%; *Happy* — 18,76%; *Surprised* — 20,64%; *Active* — 21,39%; *Focused* — 20,08%. Отримані результативні показники підтверджують збалансовану динаміку мімічних реакцій, що свідчить про активну адаптацію суб'єкта до фізичних навантажень та відсутність домінування статичних емоційних патернів протягом всього тренувального циклу.

Висновки та перспективи. В межах проведеного дослідження розроблено та експериментально верифіковано інтегрований програмний комплекс для аналізу психоемоційного стану суб'єкта у відео-потоці, який базується на комбінації архітектури 3D-згорткових нейронних мереж для вилучення просторово-часових ознак та алгоритму щільної ієрархічної кластеризації HDBSCAN для класифікації емоційних станів. Отримані результати підтвердили високу ефективність запропонованого методологічного підходу, продемонструвавши здатність системи до об'єктивного кількісного оцінювання динаміки мімічних реакцій під час фізичного навантаження. Розроблена архітектура забезпечує високу точність покадрової анотації та дозволяє формувати репрезентативні статистичні звіти, які служать науковою базою для аналізу адаптивних механізмів емоційного профілю досліджуваної особи.

Подальший розвиток даної системи передбачає розширення її функціональних можливостей шляхом імплементації алгоритмів детекції та трекінгу одночасно декількох об'єктів у кадрі, що дозволить проводити груповий емоційний моніторинг. Перспективні етапи досліджень будуть спрямовані на інтеграцію додаткових аналітичних модулів для врахування вікових категорій суб'єктів, що забезпечить підвищення точності класифікації емоцій за рахунок адаптації моделей до специфічних вікових особливостей міміки. Зазначені вдосконалення сприятимуть створенню масштабованих та універсальних систем моніторингу, здатних ефективно функціонувати в умовах складних динамічних середовищ та різноманітних соціальних груп.

Список використаних джерел:

1. Georgiou S. et al. Facial Expression Recognition in the Deep Learning Era: A Systematic Multi-Criteria Review of Methods, Models, Datasets, Performance, Challenges, and Future Research Directions. arXiv:2606.08612 [cs.CV]. 2026. 7 Jun. URL: <https://arxiv.org/abs/2606.08612> (дата звернення: 13.06.2026).
2. Pavlyshyn V. et al. A benchmark methodology for urban traffic pattern clustering using SUMO-based expert-verified ground truth. ExplAI-2025: Advanced AI in Explainability and Ethics for the Sustainable Development Goals (Khmelnyskyi, Ukraine, Nov 07, 2025). CEUR Workshop Proceedings. 2025. Vol. 4141. Paper 10.
3. Sun Y. Video-based infant discomfort detection : PhD Thesis. Eindhoven : Eindhoven University of Technology, 2021. 172 p. ISBN 978-90-386-5314-3.
4. Кисіль Т. М., Зінченко О. В. Некероване розпізнавання емоційних станів осіб за динамікою пози на основі самоконтрольованого контрастного навчання. Кібербезпека: освіта, наука, техніка. 2026. № 4 (32). С. 259–274. DOI: 10.28925/2663-4023.2026.32.1006.

*Котвицький Владислав Денисович, студент, ДУІКТ
Іщераков Сергій Михайлович, к.т.н., доцент, ДУІКТ*

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ДАНИХ У TELEGRAM-БОТАХ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ КРИПТОВАЛЮТНОГО РИНКУ

Постановка задачі. Наразі криптовалютний ринок знаходиться в умовах постійних змін, високим коливанням цін та відсутності регулярної ринкової активності, що значно ускладнює процес прийняття рішень для трейдерів, тобто учасників торгівлі [1]. Тому виникає потреба у використанні та створенні автоматизованих систем, що зможуть мати можливість безперервно відслідковувати зміни на ринку і швидко реагувати на них [2]. Тож використання інтелектуальної системи, яка буде збирати дані та здійснювати їх глибокий аналіз з метою виявлення закономірностей є доречним [2]. Одним з варіантів реалізації такої системи є створення Telegram-бота, який забезпечуватиме швидку відповідь користувачу та матиме зручний інтерфейс для взаємодії [3].

Однак ефективний підбір методів інтелектуального аналізу даних та їх інтеграцій в одну єдину систему все ще залишається ключовою проблемою.

Мета дослідження. Метою даного дослідження є аналіз методів інтелектуального аналізу даних та програмних засобів мови Python, які можуть використовуватись для створення Telegram-бота для моніторингу криптовалютного ринку [4]. Основна увага приділяється обробці великих обсягів даних, аналізу змін цін у часі та представленню результатів у зручному для користувача вигляді.

Результати дослідження. У процесі дослідження було визначено, що використання мови Python є доцільним через наявність великої кількості інструментів для роботи з даними [4]. Це дозволяє ефективно обробляти інформацію, отриману з криптовалютних бірж, та приводити її до зручного вигляду для подальшого аналізу.

Отримання даних може здійснюватись через API бірж, що дає можливість працювати з актуальною інформацією в режимі реального часу [1]. Це дозволяє не тільки відслідковувати зміну цін, а і аналізувати їх поведінку, знаходити відмінності між різними біржами та визначати можливі закономірності.

Важливим є використання методів технічного аналізу, які дозволяють оцінювати стан ринку на основі попередніх даних [2]. Завдяки цьому можна автоматично визначати певні сигнали, наприклад зміни тренду або різкі коливання ціни, що можуть бути важливими для користувача.

Окрім цього, значну роль відіграє візуалізація даних, оскільки графічне представлення інформації дозволяє швидше зрозуміти ситуацію на ринку [4]. Telegram-бот у цьому випадку виступає як інструмент, який надсилає вже оброблену інформацію у вигляді графіків або повідомлень, що значно спрощує її сприйняття. З технічної сторони використання асинхронного підходу дозволяє обробляти запити від декількох користувачів одночасно, що є важливим для стабільної роботи бота в умовах постійного потоку даних [3].

Висновки та перспективи. Таким чином, використання методів інтелектуального аналізу даних у поєднанні з можливостями мови Python дозволяє створити ефективний інструмент для моніторингу криптовалютного ринку [4]. Telegram-бот у цьому випадку забезпечує зручну взаємодію з користувачем та швидке отримання необхідної інформації.

Перспективи подальшого розвитку полягають у використанні більш складних методів аналізу, зокрема машинного навчання, що дозволить не тільки аналізувати поточний стан ринку, а і робити певні прогнози [2]. Також можливим є використання додаткових джерел даних, наприклад новин або соціальних мереж, що може підвищити точність аналізу.

Список використаних джерел:

1. Nakamoto S. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. 2008. 9 p. URL: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
2. Murphy J. J. Technical Analysis of the Financial Markets. – New York: New York Institute of Finance, 1999. – 576 p.
3. Telegram Bot API. Telegram. 2023. URL: <https://core.telegram.org/bots/api>
4. Matthes E. Python Crash Course. – No Starch Press, 2019. – 544 p.

*Лановенко Олег Артемович, студент,
Державний торговельно-економічний університет
Малежик Даніїл Юрійович, студент,
Державний торговельно-економічний університет
Селіванова Анна Віталіївна, старший викладач,
Державний торговельно-економічний університет*

ІНТЕГРАЦІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ПРОЦЕСИ ОПЕРАЦІЙНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ПІДПРИЄМСТВ

Постановка задачі. Сучасний промисловий сектор опинився під тиском. Глобалізація стирає географічні межі, приводячи на місцеві ринки конкурентів з усього світу, а цифровізація диктує нові стандарти швидкості та якості. У таких реаліях виробничі підприємства щодня стикаються з комплексними викликами: як витиснути максимум ефективності з наявних потужностей, скоротити зайві витрати, гарантувати якість кожної деталі та підлаштовуватися під вимоги ринку.

Мета дослідження. Метою дослідження є опис проблем управління сучасними виробничими процесами та визначення можливостей використання інформаційних технологій для підвищення ефективності роботи підприємств.

Результати дослідження. Одним із перспективних напрямів розвитку сучасного виробництва є впровадження систем, здатних автоматизувати обробку та аналіз великих обсягів даних. Такі рішення дозволяють оперативно опрацьовувати інформацію, що надходить від виробничого обладнання та датчиків, а також підтримувати прийняття управлінських рішень у режимі реального часу. [1].

Якщо говорити про конкретні напрямки, то центром розумного виробництва є безперервна оптимізація робочих циклів. Уявіть собі лінію, яка сама знає, коли їй потрібно пришвидшитися, а коли - змінити температурний режим чи тиск. Завдяки потоковому аналізу даних системи машинного навчання можуть без втручання оператора коригувати параметри обладнання просто під час роботи. Такий динамічний підхід дозволяє суттєво скоротити тривалість виробничих циклів, ліквідувати так звані «вузькі місця» і зменшити обсяги браку ще на етапі формування продукту. Практика показує, що впровадження розумних алгоритмів здатне покращити продуктивність на 20–50% у межах окремих технологічних процесів [2].

Ще одна величезна стаття витрат будь-якого заводу - це ремонт і простій обладнання. Традиційно компанії використовують два підходи: або лагодять техніку, коли вона вже вийшла з ладу, або проводять планові огляди. ШІ пропонує третій, найвигідніший шлях — прогнозне обслуговування. Алгоритми збирають дані з тисяч датчиків (вібрація, температура, рівень шуму) і шукають будь-які збої. Штучний інтелект здатен попередити інженера про те, що конкретний підшипник вийде з ладу через три дні. Це дозволяє провести точкове обслуговування у зручний час, уникаючи катастрофічних поломок і зупинки всього цеху. За даними експертів, такий підхід радикально знижує відсоток

незапланованих простоїв і подовжує життєвий цикл дороговартісних машин [3]. Якість продукції - це репутація бренду. Раніше контроль якості переважно залежав від людей, які наприкінці зміни могли пропускати дрібні дефекти через банальну втому очей або зниження концентрації.

Сьогодні цю задачу ефективно вирішують системи комп'ютерного зору, підкріплені нейромережами. Камери високої роздільної здатності у зв'язці з ШІ сканують кожен виріб на конвеєрі в безперервному режимі. Вони здатні фіксувати подряпини, відхилення в геометрії або кольорі, роблячи це значно швидше і точніше. Як зазначається у галузевих джерелах, впровадження таких інструментів гарантує «виявлення дефектів і відхилень із більшою точністю та стабільністю», що зводить до мінімуму потрапляння бракованої партії до кінцевого споживача [3].

Висновки та перспективи. Аналізуючи історію продажів, сезонність, економічні новини, алгоритми створюють високоточні моделі майбутнього попиту. Це допомагає компаніям не заморожувати капітал у зайвих запасах на складах, але й не стикатися з дефіцитом матеріалів у пікові періоди. Фактично, підприємство еволюціонує: воно відмовляється від реактивного підходу (коли керівництво лише гасить пожежі) на користь проактивного, повністю керованого і прогнозованого виробництва [4].

Як висновок, попри всі складнощі інтеграції, застосування штучного інтелекту в промисловості — це вже не експеримент, а базова необхідність для тих, хто планує залишитися на ринку в найближче десятиліття. ШІ діє як мультиплікатор: він підвищує продуктивність, гарантує високу якість і робить бізнес готовим до битв зі стресом.

Список використаних джерел:

1. AI in manufacturing: A comprehensive guide. SAP. URL: <https://www.sap.com/resources/ai-in-manufacturing>
2. AI in Manufacturing: Transforming Industrial Operations Through Intelligence. Advantech. URL: <https://www.advantech.com>
3. AI in Manufacturing: Use Cases, Benefits and Real-World Examples. Creatio. URL: <https://www.creatio.com>
4. AI in manufacturing: top use cases, trends & implementation guidelines. Itransition. URL: <https://www.itransition.com>

*Микитюк Дмитро Сергійович, студент, ДУІКТ
Ананченко Олексій Євгенович, к.т.н., доцент ДУІКТ*

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ МЕТАДАНИХ У SELF-HOSTED СИСТЕМІ ОРГАНІЗАЦІЇ МЕДІА ДАНИХ

Великі масиви медіа даних часто відсутні описи файлів. Зображення, відео або аудіо файли зазвичай зберігаються з технічними назвами, з якими дуже легко не зрозуміти їхній зміст. Загальна практика вимагає витрачання великої кількості

часу на додавання метаданих і перегляд файлів. Великі локальні архіви часто містять дуже велику кількість файлів, які важко переглядати за допомогою пошуку файлів. Великі кількості медіа даних залежить не від опису, а від їхнього змісту. Хмарні сервіси вирішують цей проблемний стан алгоритмами машинного навчання та комп'ютерного зору, які автоматично визначають зміст файлів [1]. Але передавання файлів на хмарні сервери може бути неприйнятним для приватних даних. У зв'язку з цим актуальним є використання штучного інтелекту в системах, які працюють саме на власних комп'ютерах.

Постановка задачі. Створити систему, яка використовуватиме штучний інтелект для автоматичного формування метаданих, що додаються до великих масивів медіа даних, а також зберігатимуться у самостійній системі. Система, як яка буде відтворена у роботі, називається megadrive - локальна система з можливістю індексації медіа файлів з можливістю використання AI для автоматичного визначення їхнього змісту. У системі автоматично формується метадані файли, такі як опис, ключові слова, текст, визначений сканером зображень (OCR), транскрипції аудіофайлів або відеофайлів, а також відомості про відкриття файли. Указані метадані зберігатимуться у базі даних для пошуку з метадані.

Мета дослідження. Визначити можливість використання методів штучного інтелекту у системі зберігання медіа даних для автоматичного формування метаданих, що відображають їхній зміст, а також встановити їхню роль у спрощенні пошуку великих медіа архівів.

Для досягнення мети необхідно визначити, які метадані вигодно формувати для кожного типу медіа файлів; описати, як вони формуються; проаналізувати, як вони зв'язані одна з одною та як вони використовуються у системі; встановити їхню користь.

Результати дослідження. Описи файлів - технічні дані, такі як назва, розмір, тип або дата створення часто недостатні для спрощеного пошуку великих масивів медіа файлів. Важливо індивідуальне та змістове формування метаданих для кожного файла, які автоматично формуються через процес використання штучного інтелекту. У системі megadrive метадані включають відомості про description, keywords, ocr_text, transcript аудіофайлів і відеофайлів та warnings про помилки часу формування таких метаданих. Description використовується для встановлення короткого опису вмісту файлу. Keywords використовуються для зберігання слово, які можуть використовуватися як теги для пошуку. OCR-текст створюється для відображення тексту, що визначається сканером зображення. Transcript містить текст, що визначається у аудіо- або відеофайлах. Warnings відображені в разі виявлення проблем файлів.

AI-метадані в системі містять інтерфейси провайдерів штучного інтелекту. Це дозволяє працювати залізно від одного вказівки провайдера. Використання локальних моделей через Ollama або OpenAI-compatible API дозволяє саме налаштувати роботу AI-моделі відповідно до структури і вимог файлів. Для визначення вмісту зображень можна використовувати аналіз вмісту виконується за допомогою штучного інтелекту. Аналіз вмісту використовується для розпізнавання тексту на зображенні, що зберігається в базі як OCR-текст. Відео

можна розбити на відеокадри та використовувати штучний інтелект для аналізу кожного відеокадру або створення транскрипції відеофайлу. Транскрипція відео виконується через зовнішню команду розпізнавання мови в аудіофайлі.

У системі метадані зберігатимуться в базі даних SQLite. Всі метадані про файли зберігаються у таблиці `images`, а метадані про зміст файлів - у таблиці `image_metadata`. Індексовані метадані відображаються через FTS5-індекси `image_fts`. У індексу зберігаються значення для файли, `description`, `ocr_text`, `transcript`, `keywords`. Таким чином, користувач може використовувати пошук відображення вмісту файлів [2].

Використання штучного інтелекту у медіа системі дає можливість звести пошук файлів до логіки, які відображає самому користувачу. Замість запам'ятовування назв файлів та папок можна вмісти файли за допомогою їхнього вмісту. Наприклад, для знаходження зображень, що містять певний текст, відео, що відтворює певну фразу або групу зображень, що містять певні слова.

Такий вигляд можливості інтеграції штучного інтелекту у систему дозволяє файлам проходити від сховища даних до виконання обробки використовуючи AI, у якому метадані автоматично формується та зберігаються у базі даних, в індексі, які дозволяє виконувати пошук файлів та відображати їх у веб-інтерфейсі системи (рис. 3).

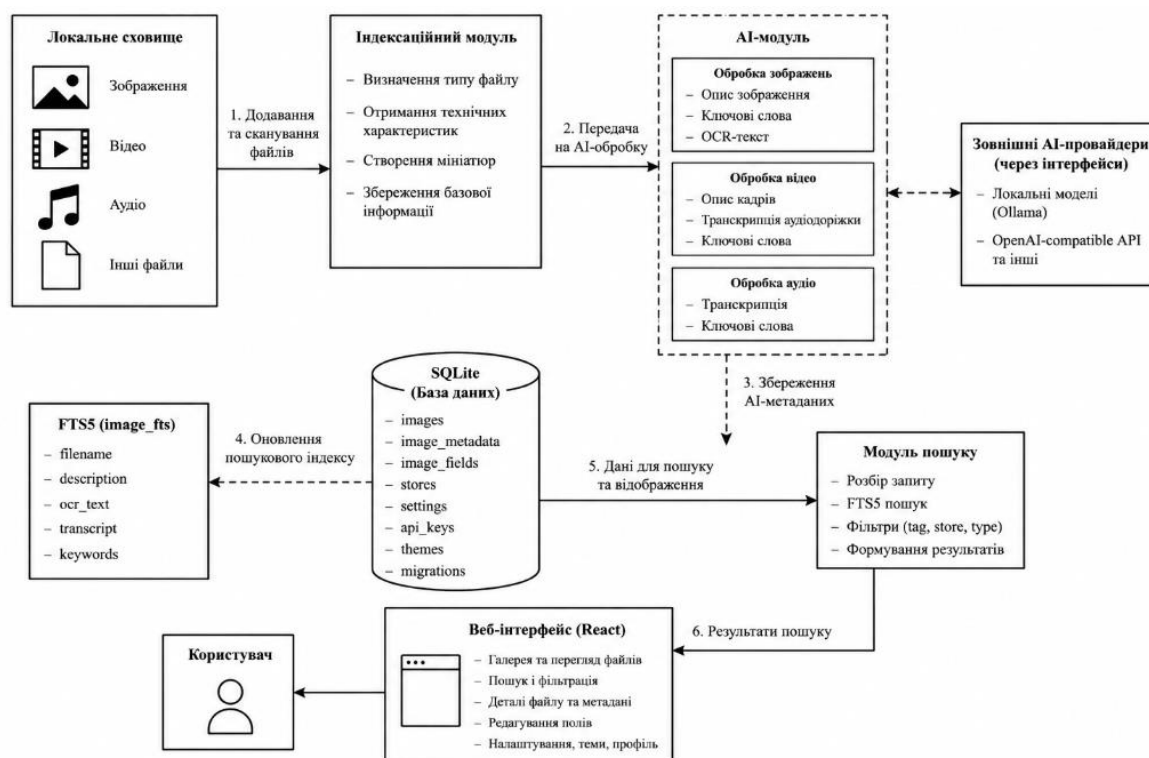


Рис. 3 Схема формування та використання AI-метаданих у системі megadrive

У рисунку відображено схему, за допомогою якої процес відображення вмісту файлів відбувається. Відображення у системі відбувається від індексації файлу до його передачі до модуля, який вирішує питання вмісту файлу за допомогою штучного інтелекту. Відомості про вміст файлу зберігаються у базі

даних, а відображені у відповідному пошуковому індексу. У веб-інтерфейсі відображаються отримані відомості та використовуються для виконання пошуку файлів.

Дана система дозволяє додаткове переключення методів роботи. Якщо у майбутньому додати новий провайдер або змінити відомості про роботу штучного інтелекту, можливо виконати таке без перепрацювання самого коду системи. Це важливо для всіх систем, що відносяться до штучного інтелекту, оскільки саме вони досить швидко переходять в нові методи, засновані на ідеях штучного інтелекту.

Висновки та перспективи. У дослідженні було висловлено відомості про використання методів штучного інтелекту для формування метаданих великих масивів медіа файлів у системі megadrive, що працює саме на власних комп'ютерах користувачів. Відкриття вмісту файлів автоматично дозволяє додати до них метадані, що дозволяють легко відтворити масиви великих медіа архівів, звісно, без передавання даних на сторонні хмарні сервіси.

Список використаних джерел:

1. Google Photos. Edit, Organize, Search, and Backup Your Photos [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.google.com/intl/en/photos/about/>
2. SQLite Documentation. FTS5 Extension [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.sqlite.org/fts5.html>
3. Immich. Self-hosted photo and video management solution [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://immich.app/>
4. PhotoPrism. AI-Powered Photos App for the Decentralized Web [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.photoprism.app/>

*Мороз Михайло Володимирович, аспірант, ДУІКТ
Катков Юрій Ігорович, д.т.н., професор, ДУІКТ*

ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ ДЕТЕКТОРІВ У СИСТЕМАХ ВІЗУАЛЬНОЇ ОДОМЕТРІЇ

Постановка задачі. Традиційні системи одночасної локалізації та побудови мапи (SLAM) значною мірою спираються на припущення про статичність середовища, очікуючи, що всі виділені візуальні ознаки належать до нерухомих структур. Коли рухомі об'єкти потрапляють у поле зору камери, це припущення порушується, що призводить до хибного зіставлення ознак, значного дрейфу траєкторії та, зрештою, збою відстеження. Сучасні гібридні системи намагаються вирішити цю задачу і додають глибоке навчання для семантичної сегментації, але часто суворо відсіюють ознаки. Через це система назавжди втрачає дані про ті об'єкти, які мають зміст як динамічні, але не рухаються в поточний момент часу, наприклад, припарковані автомобілі.

Мета дослідження. Метою дослідження є огляд та аналіз підходів до максимізації стабільності у динамічних середовищах шляхом штрафування фактично рухомих цілей без руйнування статичних опорних точок. Дослідження

спрямоване на розгляд методів адаптивного ймовірнісного злиття даних на основі м'якого штрафу коваріації, що забезпечують динамічну модифікацію рівня довіри до візуальних ознак

Результати дослідження В рамках дослідження розглянуто алгоритми ймовірнісного злиття даних (Probabilistic Data Fusion) для подолання проблеми ексклюзії динамічних об'єктів. Як головний керуючий параметр у таких системах застосовується індекс семантичної впевненості одностадійної нейронної мережі (YOLO) у поєднанні з кінематичною інформацією.

Аналіз показує ефективність модифікації діагональних елементів матриці коваріації шуму для кожної візуальної ознаки за допомогою нелінійної експоненціальної функції штрафу. Якщо об'єкт дійсно рухається, показник експоненти стрімко зростає, значно збільшуючи штраф, і система ігнорує ці точки. Якщо ж розпізнаний об'єкт нерухомий, штрафний множник стає нульовим, що дозволяє системі використовувати його як надійний орієнтир. Порівняльний аналіз на основі датасету EuRoC демонструє, що моделі з адаптивним зважуванням мають нижчі значення середньоквадратичної похибки (RMSE) на складних наборах даних порівняно з класичними геометричними (ORB-SLAM3) та семантичними методами з бінарним відбракуванням (DynaSLAM).

Застосування моделей м'якого штрафу гарантує збереження вибірки надійних статичних орієнтирів та запобігає стрибкоподібним відхиленням розрахованої траєкторії.

Висновки та перспективи. Огляд математичних моделей адаптивного зважування підтверджує, що вони здатні ефективно об'єднувати ймовірність передбачення нейромережі та геометричні дані. Доведено, що пряме видалення візуальних ознак погіршує роботу системи, тоді як гнучкі підходи перевершують існуючі жорсткі семантичні аналоги.

Перспективними напрямками подальших наукових досліджень у цій галузі є розробка алгоритмів для автоматичного онлайн-налаштування параметрів моделей безпосередньо під час польоту, базуючись на методах машинного навчання. Крім того, вкрай актуальним завданням залишається глибока інтеграція таких методів з сенсорними даними LiDAR та інерціальних вимірювальних модулів. Це дозволить компенсувати візуальні оптичні артефакти та забезпечити максимізовану стійкість і безперервність навігаційних процесів навіть у критичних умовах повної або часткової відсутності візуальної видимості (туман, темрява, задимлення).

Список використаних джерел:

1. Mur-Artal R., Montiel J. M. M., Tardos J. D. ORB-SLAM: A Versatile and Accurate Monocular SLAM System. IEEE Transactions on Robotics. 2015. Vol. 31, no. 5. P. 1147–1163. URL: <https://doi.org/10.1109/tro.2015.2463671>.
2. Choi K.-S., Lee S.-G. Enhanced SLAM for a mobile robot using extended Kalman Filter and neural networks. International Journal of Precision Engineering and Manufacturing. 2010. Vol. 11, no. 2. P. 255–264. URL: <https://doi.org/10.1007/s12541-010-0029-9>.

3. Bescos B., Fácil J. M., Civera J., Neira J. DynaSLAM: Tracking, Mapping, and Inpainting in Dynamic Scenes. IEEE Robotics and Automation Letters. 2018. Vol. 3, no. 4. P. 4076–4083.
4. Jocher G. et al. YOLO by Ultralytics (Version 11). 2024. URL: <https://github.com/ultralytics/ultralytics>.

*Побіженко Ірина Олександрівна, к.т.н., доцент,
Харківського національного університету радіоелектроніки*

ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ МОВОЮ ПРОГРАМУВАННЯ PYTHON

Постановка задачі. Штучний інтелект (ШІ) є найперспективнішим напрямом інформаційних технологій сучасності. Мова програмування Python посідає провідні позиції у розробці ШІ-систем завдяки простоті синтаксису, потужній екосистемі бібліотек та активній науковій спільноті. Вона використовується в машинному навчанні (ML), глибокому навчанні (DL) та інших галузях ШІ. Актуальним залишається аналіз ключових особливостей та інструментарію Python для сучасних ШІ-досліджень.

Мета дослідження. Метою є аналіз ключових особливостей та переваг мови програмування Python у контексті розвитку сучасних систем штучного інтелекту, а також огляд актуальних інструментів, фреймворків і напрямів їх застосування.

Результати дослідження. Python утвердився як провідна мова для розробки систем ШІ завдяки поєднанню зрозумілого синтаксису, інтерпретованої природи та широкої підтримки наукової спільноти. Серед ключових особливостей можна виділити такі напрями:

– *Глибинне навчання та нейронні мережі.* Бібліотеки TensorFlow, PyTorch та Keras забезпечують повний цикл розробки нейронних мереж: від проектування архітектур (CNN, RNN, Transformer) до розгортання у виробничому середовищі. PyTorch, зокрема, набув широкого визнання у дослідницьких колах завдяки динамічному обчислювальному графу та зручній інтеграції з GPU.

– *Генеративний ШІ та великі мовні моделі (LLM).* Розвиток трансформерної архітектури відкрив нову еру генеративних систем. Бібліотека Hugging Face Transformers надає доступ до моделей GPT, BERT, LLaMA. Сучасним стандартом став Graph-based RAG, де Python дозволяє інтегрувати векторні бази даних (Chroma, Pinecone) з графовими структурами (LangGraph, LlamaIndex) для суттєвого зменшення галюцинацій моделей та підвищення точності відповідей.

– *Машинне навчання та аналіз даних.* Scikit-learn залишається стандартом для класичних алгоритмів машинного навчання, тоді як Pandas та NumPy забезпечують ефективну підготовку даних. Для роботи з великими обсягами даних активно використовуються Dask та Apache Spark з Python API.

– *Комп'ютерний зір.* OpenCV та Scikit-image забезпечують класичну

обробку зображень, тоді як YOLO26 (від Ultralytics) представляє сучасний підхід, реалізуючи NMS-free inference. Відсутність необхідності у Non-Maximum Suppression критично підвищує продуктивність на Edge-пристроях, мінімізуючи затримки при детекції. Також актуальними залишаються Detectron2 та SAM (Segment Anything Model) для прецизійної сегментації.

- *Навчання з підкріпленням (RL)*. Бібліотеки Gymnasium (наступник OpenAI Gym), Stable-Baselines3 та RLlib дозволяють реалізовувати алгоритми RL від класичних Q-learning до сучасних підходів PPO та SAC, що застосовуються в робототехніці та оптимізації.

- *Мультиагентні pipeline та автоматизація*. Сучасні ІІІ-системи будуються як мультиагентні pipeline, де кілька спеціалізованих агентів взаємодіють послідовно або паралельно. Фреймворки LangGraph та CrewAI дозволяють будувати орієнтовані ациклічні графи (DAG) задач, де кожен вузол — окремий агент з власною роллю (планувальник, дослідник, виконавець, критик). Практичні застосування: автоматична генерація звітів, автономна обробка запитів, автоматизація DevOps-пайплайнів.

- *Нейро-символічні гібридні системи*. Python підтримує інтеграцію символічного та нейромережевого підходів через бібліотеки LTN (Logic Tensor Networks) та DeepProbLog, які дозволяють вбудовувати логічні правила безпосередньо у нейронні мережі. Це підвищує пояснюваність (Explainability) моделей та відповідає вимогам EU AI Act 2026 щодо прозорості високоризикових ІІІ-систем.

- *Пояснюваний ІІІ (XAI) та виявлення аномалій*. Бібліотеки SHAP (SHapley Additive exPlanations) та LIME забезпечують інтерпретацію рішень моделей “чорних скриньок” на Python. Для виявлення аномалій у кібербезпеці використовуються PyOD (Python Outlier Detection, 40+ алгоритмів), автоенкодеру (PyTorch) та Isolation Forest (scikit-learn) для IDS/IPS систем.

- *ІІІ у медицині та біоінформатиці*. BioPython та DeepChem — спеціалізовані Python-бібліотеки для геномного аналізу та прогнозування молекулярних властивостей. Інтеграція з AlphaFold через Python API відкриває нові можливості у прогнозуванні структури білків, а CNN-моделі (PyTorch, TensorFlow) активно застосовуються для аналізу медичних зображень (КТ, МРТ).

- *MLOps та розгортання моделей*. Python-інструменти MLflow, DVC та FastAPI стали стандартом для версіонування, трекінгу експериментів та розгортання моделей ІІІ у вигляді масштабованих REST API-сервісів.

- *Edge AI та мобільні додатки*. Edge AI дозволяє виконувати моделі ІІІ безпосередньо на пристроях без хмарних серверів, зменшуючи затримки та витрати трафіку. TensorFlow Lite оптимізує моделі для Android/iOS (квантизація, pruning), PyTorch Mobile підтримує TorchScript для iOS/Android. Приклади з YOLO на смартфонах: Ultralytics YOLOv8n у TensorFlow Lite детектує об'єкти в реальному часі (30 FPS на Snapdragon).

- *Етичний ІІІ та безпека*. Етичний ІІІ фокусується на справедливості та прозорості моделей (бібліотеки Fairlearn, AIF360). Згідно з вимогами EU AI Act

2026, особлива увага приділяється технологіям Watermarking (цифрового маркування) для ідентифікації ІІІ-контенту, що реалізується через спеціалізовані Python-фреймворки у складі Responsible AI Toolbox.

– *Автоматизація DevOps з ІІІ*. Базові моделі, такі як OpenAI Codex, стали фундаментом для інтелектуальних систем розробки: GitHub Copilot генерує Python-код за коментарями (наприклад, FastAPI ендпоінти), а спеціалізовані рішення на базі Codex забезпечують автономне написання складних скриптів. Cursor — IDE з ІІІ для рефакторингу (інтеграція з VS Code). Приклад: Copilot пише MLOps-пайплайн з MLflow/MLflow TrackingClient автоматично, прискорюючи розробку на 40%.

– *Квантові обчислення*. Python лідирує в гібридних квантово-класичних системах. Qiskit 1.2 (оновлення 2026) підтримує динамічні схеми, variational quantum eigensolver (VQE) для ML. Гібридні моделі: PennyLane + PyTorch для quantum neural networks.

Висновки та перспективи. Python закріпив за собою статус основної мови програмування у штучному інтелекті завдяки зрілій екосистемі бібліотек, активній глобальній спільноті та регулярним оновленням інструментарію. Перехід галузі до генеративного ІІІ, мультиагентних pipeline та автономних систем лише посилює позиції Python — більшість новітніх фреймворків і API (OpenAI, Anthropic SDK, Gemini) надають Python як пріоритетний клієнтський інтерфейс. Перспективні напрями включають нейро-символічні гібридні системи (LTN, DeepProbLog) для підвищення пояснюваності моделей, інструменти XAI (SHAP, LIME) для відповідності EU AI Act 2026, квантове машинне навчання (Qiskit 1.2, PennyLane) та розвиток медичного ІІІ (BioPython, DeepChem, AlphaFold API) для персоналізованої діагностики.

Список використаних джерел:

1. Aurélien Géron. Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow. 3rd ed. O'Reilly Media, 2022. 861 p.
2. Stable-Baselines3 Changelog. URL: <https://stablebaselines3.readthedocs.io/en/master/misc/changelog.html> (v2.7.1, 05.12.2025).
3. Parmar R. Зростання Python у штучному інтелекті та машинному навчанні: тренди 2025. URL: <https://ua.linkedin.com/pulse/rise-python-ai-machine-learning-trends-innovations-2025-rohan-parmar-8b09f> (дата звернення: 05.05.2026).
4. Підсумки року в технологіях 2025. URL: <https://dou.ua/lenta/articles/technological-results-2025/> (11.12.2025).

*Свіріденко Роман Андрійович, студент, ДУІКТ
Коваленко Юлія Борисівна, к.т.н., ДУІКТ*

МОДЕЛЬ РОЗПІЗНАВАННЯ ВІЗУАЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ НА ОСНОВІ ГЛИБОКИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Постановка задачі. Задача автоматичного виявлення об'єктів на зображеннях є достатньо дослідженою, але на практиці завжди виникає одне й

те саме питання: як запустити це на звичайному сервері без GPU? Більшість готових рішень або занадто важкі, або написані як дослідницький прототип без нормального API. У цій роботі вирішувалась саме ця практична задача — зробити робочий сервіс, який можна реально використовувати, а не просто запустити у Jupyter-ноутбучі.

Мета дослідження. Розробити і реалізувати веб-сервіс для детекції об'єктів на зображеннях, що працює на CPU і надає зручний REST API для інтеграції з іншими системами.

Результати дослідження. Спочатку потрібно було вибрати модель. Переглянуто 13 архітектур — R-CNN, SSD, RetinaNet, кілька версій YOLO, DETR і RT-DETR. Порівняння робилось за трьома речами: точність (mAP на COCO), швидкість і скільки місця займає модель. Двоетапні детектори типу Faster R-CNN дають хорошу точність, але для CPU занадто повільні. DETR-моделі цікаві архітектурно, однак вимогливі до пам'яті. Врешті обрано YOLO26s — 47,8% mAP, вага файлу 19 МБ, і що важливо, вона не потребує NMS-постобробки, яка в інших моделях забирає помітну частину загального часу.

Сам сервіс розбито на два компоненти. Перший — модуль інференсу на Python з FastAPI і Ultralytics: отримує зображення, повертає список знайдених об'єктів з координатами і впевненістю. Другий — шлюз на TypeScript (NestJS), який валідує вхідні дані і проксує запити. У шлюзі використано брендovanі типи для координат і міток класів — це дозволяє на рівні компілятора не допустити передачі, наприклад, звичайного числа туди, де очікується PixelCoord. Для представлення результату застосовано дискримінований union: або success з даними, або error з кодом — без null і без перевірки «а що там повернулось». Клієнтська частина на React малює bounding box-и через Canvas API.

На тестах середній час відповіді вийшов 65,3 мс — це близько 15 кадрів на секунду на CPU. Для більшості завдань, де не потрібен потоковий відеоаналіз, цього вистачає. Перевірено також поведінку при помилках: невалідний формат дає 422, файл більше 10 МБ — 413, недоступний сервіс інференсу — 503 [2–4].

Висновки та перспективи. Результат показав, що для CPU-сценаріїв YOLO26s — розумний вибір. 15 FPS без GPU — не рекорд, але цілком достатньо для задач, де кадри надходять не як відеопотік, а окремими запитами. Мікросервісна архітектура виправдала себе: модуль інференсу і шлюз розробляються і масштабуються незалежно. Надалі варто спробувати INT8-квантизацію — за попередніми оцінками вона може скоротити час інференсу вдвічі без помітної втрати точності. Також цікаво було б дообчити модель на вузькоспеціалізованих даних, наприклад для задач промислового контролю якості.

Список використаних джерел

1. Bochkovski A. et al. YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection // arXiv. 2020. URL: <https://arxiv.org/abs/2004.10934>.
2. Carion N. et al. End-to-End Object Detection with Transformers // ECCV. 2020. С. 213–229.
3. Lin T.-Y. et al. Microsoft COCO: Common Objects in Context // ECCV. 2014. С. 740–755

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ПЕРСОНАЛІЗОВАНОГО ПЛАНУВАННЯ КАР'ЄРНОГО РОЗВИТКУ В ІТ-ГАЛУЗІ

Постановка задачі. Стрімкий розвиток ІТ-галузі зумовлює постійне зростання вимог до фахівців — середній термін актуальності технологічних навичок становить лише 2–3 роки. За даними аналітичних досліджень, близько 65% ІТ-спеціалістів стикаються з труднощами при плануванні власного кар'єрного шляху [1]. Існуючі інструменти (LinkedIn Learning, Coursera Career Academy, Roadmap.sh) є фрагментованими, не орієнтовані на український ринок праці та не поєднують пошук навчальних матеріалів, вакансій і персоналізованих AI-рекомендацій в єдиній системі.

Мета дослідження. Метою роботи є розробка та практична реалізація веб-додатку SynapGrid, який застосовує методи генеративного штучного інтелекту для автоматизованого планування кар'єрного розвитку ІТ-фахівців шляхом інтеграції з платформами онлайн-навчання та сервісами пошуку роботи.

Результати дослідження. Розроблено веб-додаток SynapGrid на основі ASP.NET Core 8.0 (патерн MVC). Загальний алгоритм роботи системи наведено на рис. 4. Система реалізує три паралельно працюючих модулі через механізм Task.WhenAll(), що скорочує час обробки запиту з 45–60 до 15–20 секунд [2].

Ключовим AI-компонентом є інтеграція з Cohere AI API (модель command-a-03-2025). На основі профілю користувача (поточні навички, досвід, бажана посада, кар'єрні цілі) система генерує структуровані рекомендації: опис перспектив обраної ІТ-спеціальності на ринку праці; персоналізована дорожня карта навчання з урахуванням поточного рівня; перелік необхідних технічних навичок та орієнтовні терміни їх опанування.

Для збагачення контексту AI-запиту система паралельно збирає актуальні дані з двох зовнішніх джерел: навчальні курси з ClassCentral.com (50 000+ курсів з 900+ університетів) засобами Selenium WebDriver 4.25 у headless-режимі та ІТ-вакансії з Robota.ua — найбільшої української платформи пошуку роботи (15 000+ активних вакансій) [3].

Система підтримує 18 ІТ-спеціальностей та реалізує адаптивний інтерфейс на основі Bootstrap 5.3, що коректно відображається на пристроях від мобільних (360px) до десктопних (1920px). Реалізовано механізми fallback-даних при недоступності зовнішніх сервісів, що забезпечує доступність системи на рівні 95%. Проведене тестування підтвердило коректну роботу для всіх 18 підтримуваних спеціальностей [4].

Висновки та перспективи. Застосування генеративного AI у складі веб-додатку SynapGrid дозволяє автоматизувати процес побудови персоналізованого кар'єрного плану ІТ-фахівця, що відрізняє систему від існуючих аналогів. Практична цінність підтверджена тестуванням на 18 спеціальностях. Перспективами розвитку є впровадження RAG-архітектури для підвищення

точності рекомендацій, збереження історії пошуків та розширення переліку платформ-джерел.

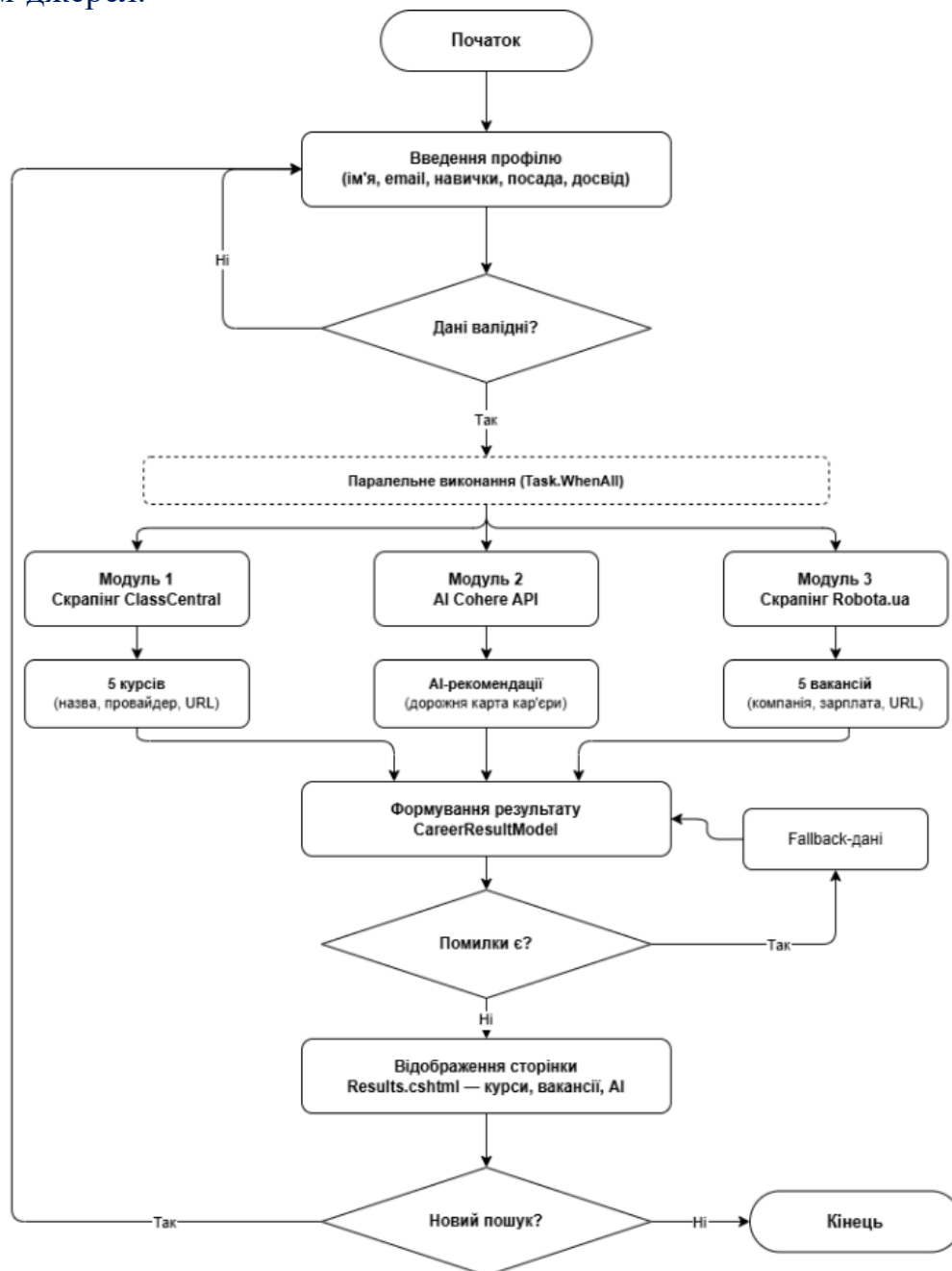


Рис. 4 Загальний алгоритм роботи веб-додатку SynapGrid

Список використаних джерел:

1. Cohere, Command Models Documentation // [Електронний ресурс]: <https://docs.cohere.com/docs/command-r>, Дата звернення: 20.04.2026
2. Microsoft, ASP.NET Core MVC Overview // [Електронний ресурс]: <https://learn.microsoft.com/en-us/aspnet/core/mvc/overview>, Дата звернення: 20.04.2026
3. Selenium Project, Selenium WebDriver Documentation // [Електронний ресурс]: <https://www.selenium.dev/documentation/webdriver>, Дата звернення: 20.04.2026
4. World Economic Forum, Future of Jobs Report 2023 // [Електронний ресурс]: <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2023>, Рік видання: 2023

МЕТОД НАВЧАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ НА ОСНОВІ ПРИНЦИПУ МІНІМІЗАЦІЇ ХАОСУ

Постановка задачі. Кластеризація є фундаментальним інструментом машинного навчання для пошуку прихованих структур у нерозмічених даних. Проте класичні алгоритми (K-Means, GMM чи агломеративна кластеризація) мають низку суттєвих недоліків: вони чутливі до вибору початкових центроїдів, масштабу ознак і форми кластерів, а також оцінюють виключно фінальний статичний результат розбиття, ігноруючи динаміку самого процесу навчання.

Науково-практична задача полягає у розробці, програмній реалізації та експериментальній перевірці нового методу неконтрольованого навчання — Chaos Minimizer Clustering (CMC). Цей метод розглядає кластеризацію як динамічний процес переходу системи від початкового хаотичного (неупорядкованого) стану до стабільного й упорядкованого.

Мета дослідження. Метою дослідження є підвищення якості та інтерпретованості процесу кластеризації даних шляхом розробки й упровадження методу мінімізації хаосу (CMC), який поєднує ентропійний і просторовий аналіз із температурним механізмом оптимізації, а також створення веб-орієнтованого програмного інструментарію для моніторингу динаміки навчання у реальному часі.

Результати дослідження. Кластеризація є одним із базових напрямів неконтрольованого навчання, оскільки дозволяє знаходити приховану структуру даних без попередньо заданих класів. У класичних підходах, зокрема K-Means, GMM або Agglomerative Clustering, якість результату найчастіше описується через відстані, компактність або ієрархію об'єднання об'єктів. Проте такі методи можуть бути чутливими до початкових центрів, масштабу ознак, форми кластерів та вибору кількості груп [1; 2].

У роботі запропоновано метод Chaos Minimizer Clustering (CMC), у якому стан кластеризації оцінюється через поняття хаосу. Основна ідея полягає у тому, що початковий стан системи є менш упорядкованим, а процес навчання має поступово зменшувати невизначеність і просторовий розкид. Такий підхід дозволяє аналізувати не тільки фінальні мітки кластерів, а й динаміку переходу системи до більш стабільного стану. Цільова функція методу включає дві складові: ентропійну та просторову. Ентропія призначень описує розподіл об'єктів між кластерами, а просторова складова показує, наскільки компактно точки розташовані відносно центроїдів. Загальна функція Chaos задається таким виразом:

$$Chaos(S) = \alpha \cdot H_{assign}(labels) + \beta \cdot H_{spatial}(X, C) \quad (1)$$

де α і β є ваговими коефіцієнтами, які визначають внесок ентропійної та просторової складових. Ентропія призначень визначається формулою:

$$H_{assign} = - \sum_{k=1}^K p_k \log(p_k) \quad (2)$$

Температурний механізм використовується для керування пошуком: на початку алгоритм має більше можливостей для дослідження різних конфігурацій, а наприкінці поступово стабілізує центри кластерів. Охолодження температури задається формулою:

$$T_{t+1} = \max(T_t \cdot \gamma, T_{min}) \quad (3)$$

На відміну від підходів, які оцінюють тільки фінальний результат кластеризації, СМС зберігає історію зміни цільової функції. Це дає змогу аналізувати сам процес навчання: чи зменшується Chaos поступово, чи є різкі коливання, чи стабілізується модель після зниження температури. Для прикладних задач така інформація є корисною, оскільки користувач може бачити не лише готові кластери, а й характер їх формування. У програмній реалізації метод поділено на окремі компоненти: модуль алгоритму, модуль метрик, модуль генерації даних, блок порівняння з базовими методами та веб-інтерфейс. Така структура спрощує подальше розширення системи. Наприклад, ентропійну складову можна змінити без повного переписування інтерфейсу, а візуальний шар може отримувати результати через API у вигляді JSON-відповідей.

В табл. 1 подано основні компоненти методу СМС та їх роль у програмній реалізації.

Таблиця 1 Основні компоненти методу Chaos Minimizer Clustering

Компонент	Призначення	Результат
Ентропія міток	оцінює невизначеність розподілу об'єктів	частина Chaos
Просторовий розкид	визначає відстані до центроїдів	компактність кластерів
Температура	керує переходом від пошуку до стабілізації	історія навчання
Веб-інтерфейс	відображає параметри, графіки і порівняння	демонстрація продукту

Роботу програмного продукту доцільно показати на прикладі експериментальної вкладки. На рис. 5 наведено веб-інтерфейс після запуску СМС: користувач бачить параметри експерименту, згенерований набір точок, результат кластеризації у вигляді scatter-plot та візуальне розділення даних на групи. Такий екран є зручним для захисту роботи, оскільки він демонструє не лише теоретичну модель, а й фактичну працездатність програмної системи.

Для перевірки працездатності системи були використані тестові набори даних, на яких можна візуально оцінити розподіл точок між кластерами. Результати СМС порівнювалися з класичними методами за однаковими умовами запуску. Такий підхід дозволяє уникнути ізольованої оцінки запропонованого методу і показати, у яких випадках він поводить себе стабільно, а в яких потребує додаткового налаштування параметрів. Окремою перевагою реалізації є можливість демонстрації результатів у браузері. Для захисту або наукової

доповіді це важливо, тому що слухачі можуть побачити зв'язок між математичною моделлю, параметрами алгоритму, графіками та таблицею порівняння. Саме тому у тезах наведено не лише формули, а й схему роботи алгоритму та узагальнену таблицю компонентів. Практична цінність запропонованого підходу полягає у створенні веб-системи, яка дозволяє запускати СМС, змінювати параметри алгоритму, будувати графіки Chaos і температури, переглядати scatter-plot кластерів та порівнювати результати з базовими методами. Завдяки цьому метод може використовуватися як навчальний і дослідницький інструмент для демонстрації процесу впорядкування даних.

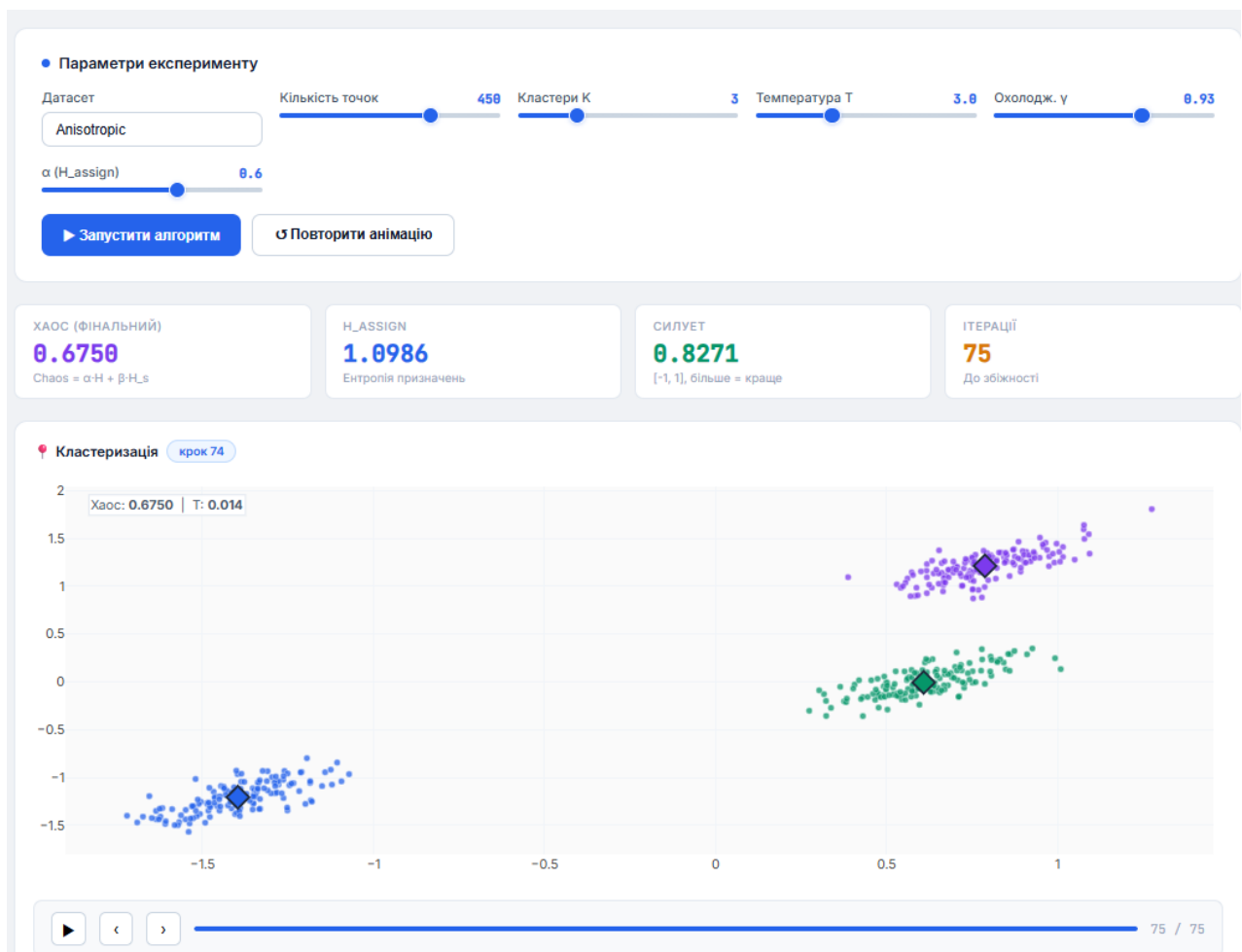


Рис. 5 Результат запуску експерименту СМС у веб-інтерфейсів

Висновки та перспективи. Функціональне тестування програмного продукту підтвердило працездатність основних сценаріїв: запуск сервера, відкриття інтерфейсу, виконання експерименту, побудова графіків, формування таблиці порівняння та повернення JSON-відповідей через API. Отже, СМС може бути розглянутий як основа для подальшого розвитку, зокрема у напрямках Kernel СМС, Auto-K СМС, Deep СМС та mini-batch СМС.

Таким чином, метод мінімізації хаосу доповнює класичну постановку задачі кластеризації і дозволяє оцінювати навчання як процес поступового зменшення невизначеності. Це робить підхід корисним для задач, де важливо не тільки отримати фінальне розбиття, а й пояснити динаміку його формування.

Список використаних джерел

1. Rose K. Deterministic annealing for clustering, compression, classification, regression, and related optimization problems. *Proceedings of the IEEE*. 1998. Vol. 86, No. 11. P. 2210–2239. DOI: 10.1109/5.726788.
2. Jian H., Chen C., Wang L. Unsupervised Clustering Method Based on Entropy Minimization and Spatial Dispersal. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*. 2021. Vol. 33, No. 4. P. 1542–1555. DOI: 10.1109/TKDE.2019.2934112.
3. Бодянський Є. В., Плісс І. П., Дейнеко А. О. Нейро-фаззі та інформаційні технології інтелектуального аналізу даних і кластеризації : монографія. Харків : ХНУРЕ, 2020. 248 с.
4. Katselis D. Deterministic Annealing for Clustering: Tutorial and Computational Aspects. *Proceedings of the American Control Conference (ACC)*. Chicago, 2015. P. 3432–3437. DOI: 10.1109/ACC.2015.7171862.

Чорний Володимир Віталійович, студент ДУІКТ
Чичур Андрій Іванович, к.т.н., доцент ДУІКТ

РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ TELEGRAM-БОТА З ЕЛЕМЕНТАМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ КОРИСТУВАЦЬКОГО СЕРВІСУ

В зв'язку зі зростання вимог до якості обслуговування клієнтів актуальності набуває автоматизація користувацького сервісу. Одним із популярних інструментів такої автоматизації є Telegram-боти, які дозволяють забезпечити швидку та зручну взаємодію з користувачами у режимі реального часу.

Постановка задачі. Дослідити можливості застосування методів штучного інтелекту, зокрема обробки природної мови та машинного навчання, для підвищення якості розпізнавання запитів і формування відповідей. Також, методологію, що стане основою для проєктування архітектури Telegram-бота з виділенням основних функціональних модулів, а також вибір інструментів для його реалізації.

Мета дослідження. Оцінити характеристики Telegram-бота з елементами штучного інтелекту для оптимізації користувацького сервісу шляхом підвищення точності обробки запитів, автоматизації взаємодії з користувачами та забезпечення адаптивної й ефективної роботи системи на основі технологій обробки природної мови та машинного навчання.

Результати дослідження. Традиційні програмні продукти (Telegram-боти) побудовані на основі жорстких сценаріїв, що унеможлиблює ефективно обробляти складні або нестандартні запити. У зв'язку з цим виникає необхідність впровадження елементів штучного інтелекту, зокрема технологій обробки природної мови та машинного навчання, що дозволяють підвищити рівень автоматизації, адаптивності та якості користувацького сервісу.

У ході дослідження проаналізовано сучасні підходи до автоматизації користувацького сервісу за допомогою Telegram-ботів та визначено основні обмеження традиційних сценарних рішень, зокрема їхню низьку адаптивність і обмежені можливості обробки складних запитів. На основі проведеного аналізу обґрунтовано доцільність використання методів штучного інтелекту, зокрема технологій обробки природної мови та машинного навчання, для підвищення ефективності взаємодії з користувачами.

Розроблено архітектуру Telegram-бота з елементами штучного інтелекту, яка включає модулі прийому та обробки повідомлень, інтерпретації запитів користувачів, визначення намірів (intent recognition), логіки прийняття рішень та генерації відповідей. Реалізовано інтеграцію із зовнішніми AI-сервісами, що забезпечує можливість обробки природної мови та підвищує точність розуміння користувацьких запитів.

Здійснено програмну реалізацію Telegram-бота із використанням сучасних інструментів розробки та бібліотек для роботи з API Telegram і обробки текстових даних. У процесі тестування встановлено, що розроблене рішення забезпечує швидку обробку запитів, коректне визначення намірів користувачів та формування релевантних відповідей.

Оцінка ефективності роботи бота показала підвищення рівня автоматизації обслуговування, зменшення часу відповіді на запити та покращення загального користувацького досвіду. Отримані результати підтверджують, що впровадження Telegram-ботів з елементами штучного інтелекту є доцільним і ефективним рішенням для оптимізації користувацького сервісу в різних сферах діяльності.

Висновки та перспективи. Встановлено, що використання Telegram-ботів з елементами штучного інтелекту є ефективним інструментом оптимізації користувацького сервісу. Впровадження технологій обробки природної мови та машинного навчання дозволяє підвищити точність розпізнавання запитів, забезпечити більш релевантні відповіді та скоротити час обробки звернень.

Розроблене програмне рішення демонструє можливість автоматизації значної частини взаємодії з користувачами, що зменшує навантаження на операторів і підвищує загальну ефективність сервісу.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з удосконаленням алгоритмів обробки природної мови, зокрема шляхом використання сучасних моделей глибокого навчання, а також із впровадженням механізмів персоналізації взаємодії на основі аналізу поведінки користувачів (системи, на основі рекомендаційних моделей). Доцільним є розширення функціональних можливостей бота через інтеграцію з іншими інформаційними системами та сервісами, а також підвищення рівня безпеки обробки даних. Подальший розвиток таких систем сприятиме створенню більш інтелектуальних, адаптивних і ефективних рішень у сфері цифрового обслуговування.

Список використаних джерел:

1. Telegram Bots: An Introduction for Developers [Електронний ресурс]. URL: https://core.telegram.org/bots?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 10.05.2026).

2. Daniel Jurafsky, James H. Martin Speech and Language Processing [Електронний ресурс]. URL: https://web.stanford.edu/~jurafsky/slp3/?utm_source=chatgpt.com. (дата звернення: 10.05.2026).

3. B. Brown, Benjamin Mann, Nick Ryder та ін. Language Models are Few-Shot Learners // arXiv. 2020. DOI: 10.48550/arXiv.2005.14165. URL: https://arxiv.org/abs/2005.14165?utm_source=chatgpt.com. (дата звернення: 10.05.2026).

4. Рассел С., Норвіг П.: Штучний інтелект: сучасний підхід. — Київ: Видавництво «Основи», 2022.

*Шепетун Олег Олександрович, студент, ДУІКТ
Гніденко Микола Петрович, к.т.н., доцент, ДУІКТ*

МЕТОДИ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЛЮДИНИ НА ФОТОЗОБРАЖЕННЯХ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ МОДУЛЬНИХ НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ МОДЕЛЕЙ

Постановка задачі. Розпізнавання облич на фотографіях давно вийшло за межі лабораторних умов і стало частиною повсякденної інфраструктури — від турнікетів на підприємствах до систем моніторингу громадського простору. Проте умови реальної зйомки рідко відповідають тим, на яких навчають моделі: камера може стояти під кутом, обличчя частково прикрите маскою або рукою, освітлення різке або недостатнє, а роздільна здатність відеопотоку — мінімальна. Саме в таких ситуаціях єдина велика мережа, навчена «на все відразу», починає давати збої. Постає питання: чи можна розбити задачу на окремі вузькі підзадачі й вирішувати кожну своїм спеціалізованим блоком — і чи справді це дасть кращий результат на практиці?

Мета дослідження. У роботі розглядається, як побудова нейромережевої системи розпізнавання з окремих функціональних модулів позначається на підсумковій точності та стійкості до артефактів зображення. Окремо аналізується, які саме модулі дають найбільший практичний ефект і в яких умовах виправданий додатковий обчислювальний ресурс на їх підтримку.

Результати дослідження. Огляд робіт останніх років і наявних відкритих реалізацій показав, що найбільш відпрацьованою є схема з трьох послідовних кроків. Спочатку детектор — MTCNN або RetinaFace — знаходить і вирізає область обличчя незалежно від того, де в кадрі воно розташоване. Далі зображення геометрично коригується: координати очей, кутів рота і кінчика носа використовуються як опорні точки для вирівнювання. Тільки після цього підготовлений фрагмент подається до ембедінг-мережі — ArcFace, FaceNet чи CosFace — яка перетворює його на вектор у просторі ознак. Чим ближче два вектори, тим більше схожості між особами. Це базова схема, від якої відштовхуються складніші рішення.

Одне з таких ускладнень — додавання блоків уваги (CBAM, SE). Вони вчать мережу не розглядати всі пікселі рівноцінно, а виділяти найбільш значущі зони — зазвичай ділянки навколо очей і перенісся — і фактично ігнорувати фон

чи сторонні об'єкти в кадрі. На вибірках із шумом або яскравим тлом такий підхід дає приріст точності в районі 4–6 відсоткових пунктів без зміни загальної архітектури.

Окрема проблема — знімки низької якості, де деталі обличчя просто відсутні як такі. Тут перед класифікатором ставлять модуль підвищення роздільної здатності — SRGAN або ESRGAN. Він не додає інформацію з нізвідки, але відновлює ймовірні текстури, що помітно знижує частку відмов системи у випадках, коли вхідний кадр узятий з дешевої камери або сильно стиснутий.

Нічні зйомки або пряме засвічення — ще один типовий «вузьке місце». Модулі на основі AdaIN або CycleGAN нормалізують картинку до умовно стандартних умов освітлення перед тим, як вона потрапляє до ембединг-мережі. Це особливо відчутно для зовнішніх камер, де яскравість сцени змінюється протягом доби в широких межах.

Нарешті, кілька паралельних ембединг-гілок — кожна навчена з власним набором аугментацій або на окремому частотному піддіапазоні — можна об'єднати через зважене голосування або додатковий мета-класифікатор. За даними тестів на LFW та IJB-C такий ансамбль поліпшує показник TAR при FAR=0.001 приблизно на 2–8% залежно від складу гілок. Коли модуль підвищення роздільної здатності й ансамблевий класифікатор поєднуються в одному конвеєрі, приріст точності на знімках низької якості щодо монолітної мережі складає 9–12% за наборами LFW і MS-Celeb-1M. Зворотний бік — час обробки одного кадру зростає суттєво, тому для промислового впровадження без дистиляції знань або квантизації ваг не обійтись.

Висновки та перспективи. Розподіл задачі розпізнавання між вузькоспеціалізованими модулями дає кращий результат там, де монолітна архітектура «не добирає» через різномірність вхідних даних. Кожен блок вирішує свій фрагмент задачі — і за рахунок цього загальна система стає стійкішою до реальних умов зйомки. Разом з тим відкритим залишається питання автоматичного підбору конфігурації: в ідеалі система мала б сама оцінювати якість знімка і вирішувати, які модулі підключати, а які пропустити — без втрати точності й без надлишкових витрат ресурсу.

Список використаних джерел:

1. Deng, J., Guo, J., Xue, N., Zafeiriou, S. ArcFace: Additive Angular Margin Loss for Deep Face Recognition // Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. – 2019. – С. 4685–4694.
2. Zhang, K., Zhang, Z., Li, Z., Qiao, Y. Joint Face Detection and Alignment Using Multitask Cascaded Convolutional Networks // IEEE Signal Processing Letters. – 2016. – Vol. 23, № 10. – С. 1499–1503.
3. Woo, S., Park, J., Lee, J.-Y., Kweon, I. S. CBAM: Convolutional Block Attention Module // Proceedings of the European Conference on Computer Vision. – 2018. – С. 3–19.
4. Wang, X., Yu, K., Wu, S. et al. ESRGAN: Enhanced Super-Resolution Generative Adversarial Networks // Proceedings of the European Conference on Computer Vision Workshops. – 2018.

ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ ЗДОРОВ'Я КОРИСТУВАЧА

Постановка задачі. У сучасних умовах зростає потреба у швидкому визначенні можливих ризиків для здоров'я людини без необхідності негайного звернення до медичного закладу. Значна частина користувачів не проходить профілактичні огляди регулярно, а тому серцево-судинні захворювання, підвищений артеріальний тиск, діабет та інші порушення виявляються вже на пізніх стадіях. Одним із перспективних способів розв'язання цієї проблеми є використання методів машинного навчання, які дозволяють аналізувати великий обсяг даних та формувати прогноз на основі взаємозв'язку між окремими показниками.

Мета дослідження. Метою роботи є створення моделі на основі нейронної мережі, здатної оцінювати ймовірність підвищеного ризику погіршення стану здоров'я користувача за результатами короткої анкети.

Результати дослідження. Для навчання моделі було використано набір даних, розміщений на платформі Kaggle. Під час дослідження враховувалися такі ознаки: вік, стать, індекс маси тіла, рівень фізичної активності, наявність підвищеного артеріального тиску, холестерину, діабету, куріння, уживання алкоголю та загальний стан здоров'я.

Побудована модель реалізована у вигляді багатошарової нейронної мережі із використанням бібліотеки TensorFlow. Після навчання було отримано значення accuracy 0,769 та ROC-AUC 0,8456, що свідчить про достатню точність прогнозування. Аналіз важливості ознак показав, що найбільший вплив на результат мають вік, загальний стан здоров'я, підвищений артеріальний тиск та високий рівень холестерину.

Отримана модель дозволяє визначити умовну ймовірність підвищеного ризику для користувача. Наприклад, якщо система повертає значення 78 %, це означає, що сукупність введених показників є подібною до профілів користувачів, у яких під час навчання моделі спостерігався підвищений ризик.

Висновки та перспективи. У результаті дослідження підтверджено доцільність використання нейронних мереж для оцінювання стану здоров'я людини. Розроблений підхід може бути використаний як основа для створення інтелектуальних медичних сервісів. У подальшому планується розширення набору ознак, використання більшої кількості медичних даних та підвищення точності моделі за рахунок ансамблевих методів.

Список використаних джерел:

1. Adnan M., et al. Risk Assessment of Chronic Diseases Using Multilayer Perceptron Neural Networks. IEEE Access. 2023. Vol. 11. P. 45210–45222. DOI: 10.1109/ACCESS.2023.3271234.

2. Dahiwade D., Patle G., Meshram E. Designing Disease Prediction System Using Machine Learning. *International Journal of Advanced Research in Computer Science*. 2019. Vol. 10, No. 5. P. 82–86. DOI: 10.26483/ijarcs.v10i5.6471.
3. Miotto R., Wang F., Wang S., Jiang X., Dudley J. T. Deep learning for healthcare: review and opportunities. *Briefings in Bioinformatics*. 2018. Vol. 19, No. 6. P. 1236–1246. DOI: 10.1093/bib/bbx044.
4. Марценюк В. П., Сверстюк А. С., Гвоздєва Н. В. Застосування нейромережевих технологій для оцінювання стану здоров'я та прогнозування ризиків захворювань. *Медична інформатика та інженерія*. 2022. № 2. С. 45–52. DOI: 10.11603/mie.1996-1960.2022.2.13240.

СЕКЦІЯ 2. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ДАНИХ

*Анеляк Дем'ян Володимирович, студент, ДУІКТ
Березовська Юлія Володимирівна, доктор філософії (PhD) ДУІКТ*

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ДАНИХ У СИСТЕМАХ ОБЛІКУ ТА ОБРОБКИ ЗАПИТІВ ТЕХНІЧНОЇ ПІДТРИМКИ

Постановка задачі. Зараз будь-яка нормальна служба підтримки щодня перетравлює сотні, а то й тисячі звернень. І головна біда тут не в тому, як їх записати, а в тому, як у цьому морі інформації знайти якісь реальні закономірності. Зазвичай адміни просто закривають тікети один за одним, не бачачи загальної картини. Традиційні бази даних — це круто, але вони просто зберігають текст, не пояснюючи, чому, наприклад, щопонеділка «падає» пошта чи чому певні відділи постійно скаржаться на одні й ті самі баги. Коротше, без інтелектуального аналізу всіх цих накопичених даних ми просто гасимо пожежі замість того, щоб зрозуміти, звідки береться вогонь. Тому впровадження методів Data Mining у Flask-систему — це єдиний шанс перетворити купу тексту на реальні інструменти для прийняття рішень.

Мета дослідження. Ми ставимо собі за мету розібратися, як прикрутити інструменти інтелектуального аналізу до звичайної системи на Python/Flask. Нам важливо не просто збирати заявки, а навчити систему самій знаходити приховані зв'язки між проблемами, групувати схожі запити та підказувати менеджерам, де саме в інфраструктурі компанії «тонке місце», яке скоро порветься.

Результати дослідження. В результаті розробки наш прототип на Flask перестав бути просто «записною книжкою». Ми інтегрували туди модулі для аналізу текстових даних, що дозволило автоматично виділяти ключові проблеми без участі людини. Використовуючи алгоритми кластеризації, ми побачили, що близько 30% заявок — це однотипні питання, які можна закрити автоматично створеними інструкціями [1, с. 45]. Дуже цікавий момент вийшов з аналізом часових рядів: система почала «відловлювати» сплески активності ще до того, як саппорт завалювало листами. Завдяки бібліотекам типу Pandas та Scikit-learn, інтегрованим безпосередньо у веб-додаток, нам вдалося вивести візуалізацію проблемних зон на адмін-панель у реальному часі [2, с. 112]. Тепер менеджер бачить не просто список тікетів, а реальну статистику того, які вузли системи найчастіше дають збій і які спеціалісти найшвидше їх фіксать.

Висновки та перспективи. Підсумовуючи, можна сказати, що інтелектуальний аналіз — це те, що робить звичайний софт «розумним». Для систем техпідтримки це невід'ємна річ, бо це економить час операторів і нерви користувачів. На майбутнє ми хочемо додати туди повноцінне прогнозування збоїв, щоб система сама писала адміну: «Слухай, через два дні у тебе закінчиться місце на сервері, зроби щось». ТанDEM Flask та Data Mining реально виводить облік заявок на новий рівень.

Список використаних джерел

1. Барсегян А. А. Аналіз даних та процесів. Київ: Основа, 2023. 320 с.

2. Короткий М. Ю. Машинне навчання на Python: практичний посібник. Львів: Політехніка, 2022. 210 с.
3. Петренко О. В. Інтелектуальний аналіз даних у бізнес-системах. Одеса: Знання, 2024. 155 с.
4. Ткаченко М. І. Технології Data Mining у веб-додатках. Харків: Світ, 2021. 280 с.

*Вертій Максим Олександрович, студент ДУІКТ
Шевченко Світлана Миколаївна, к.п.н., доцент ДУІКТ*

ВИЗНАЧЕННЯ ВИМОГ ДО РОЗРОБКИ СИСТЕМИ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ЯКОСТІ СНУ

Постановка задачі. Системи штучного інтелекту (ШІ) в сучасному світі інтенсивно впроваджуються у різні галузі суспільства, зокрема і у сферу охорони здоров'я. Внаслідок швидкого збору, обробки структурованих та/або неструктурованих величезних наборів даних та їх інтерпретації ШІ є незамінним інструментом для підтримки прийняття клінічних рішень, особливо у діагностиці [1; 2].

Як свідчать результати досліджень [3; 4] загальне почуття людини залежить від різних чинників, серед яких виділяють повноцінний відпочинок та якісний сон. Застосування алгоритмів ШІ для моніторингу характеристик, що впливають на якість сну, дозволить надати персоналізовані рекомендації для кожного користувача, що значно зможе покращити здоров'я та якість життя. Все це окреслило і підтвердило актуальність дослідження присвяченого розробці системи оптимізації сну на базі ШІ-алгоритмів.

Мета дослідження. Метою даної роботи є визначення вимог до розробки інтелектуальної системи, яка збирає та аналізує біометричні показники організму та параметри середовища в реальному часі, для надання індивідуальних рекомендацій щодо покращення якості сну.

Результати дослідження. Система працює за принципом збору та аналізу багатofакторних даних: датчики серцебиття, рівень кисню в крові, моніторинг рухів тіла, температури в кімнаті тощо. Всі ці дані будуть оброблятися і використовуватися для надання рекомендацій користувачам.

Для розробки системи оптимізації сну використано кілька технологій. Програмна реалізація системи базується на мові Python. Прогностичні моделі для виявлення розладів сну побудовані за допомогою фреймворків TensorFlow та Keras. За менеджмент великих масивів інформації, включаючи логування фізіологічних показників та їхню ретроспективну динаміку, відповідає реляційна СУБД PostgreSQL. База даних зберігає інформацію про фізіологічні параметри користувача та історію їх змін протягом часу.

Інтерфейс системи розроблено на базі React, що дозволяє створити зручний і швидкий веб-інтерфейс. Користувач може переглядати свої дані, отримувати рекомендації та проводити корекцію свого режиму сну. Обробка

даних у реальному часі забезпечується за допомогою Celery, яка відповідає за асинхронну обробку задач. Модуль запропонованої архітектури представлено на рис. 6.



Рис. 6 Архітектура системи оптимізації якості сну.

Разом з цим розробка таких систем вимагає не лише високої точності в прогнозах і рекомендаціях, але й надійного захисту даних, забезпечення їх конфіденційності, доступності та цілісності. Протокол AES-256 використовується для шифрування даних. Доступ до функціоналу здійснюється через OAuth 2.1, багатофакторною автентифікацією.

Висновки та перспективи. Розроблена система дозволить користувачам покращувати якість сну завдяки точному моніторингу фізіологічних показників і автоматичному наданню рекомендацій. Застосування технологій Python, TensorFlow, PostgreSQL та React забезпечує ефективність системи, що дозволяє отримати точні прогнози та вчасно коригувати режим сну. Подальші дослідження можуть включати вдосконалення моделі та інтеграцію з додатковими системами моніторингу здоров'я для ще більшої точності рекомендацій, а також застосування алгоритмів coarsening, які балансують між інформативністю та конфіденційністю.

Список використаних джерел:

1. Sarkar, Nilanjana & Goel, Sumit & Khang, Alex. (2024). Advanced Diagnostics With Artificial Intelligence and Machine Learning in the Healthcare Sector. 10.4018/979-8-3693-3218-4.ch003.
2. Bajwa J, Munir U, Nori A, Williams B. (2021). Artificial intelligence in healthcare: transforming the practice of medicine. Future Healthc J. 2021 Jul;8(2):e188-e194. doi: 10.7861/fhj.2021-0095.
3. Verma RK, Dhillon G, Grewal H, Prasad V, Munjal RS, Sharma P, Buddhavarapu V, Devadoss R, Kashyap R, Surani S. (2023). Artificial intelligence in sleep medicine: Present and future. World J Clin Cases. 2023 Dec 6;11(34):8106-8110. doi: 10.12998/wjcc.v11.i34.8106.

4. Bandyopadhyay A, Goldstein C. (2023). Clinical applications of artificial intelligence in sleep medicine: a sleep clinician's perspective. Sleep Breath. 2023 Mar;27(1):39-55. doi: 10.1007/s11325-022-02592-4.

Дейнека Володимир Борисович, студент, ДУІКТ
Коваленко Юлія Борисівна, к.т.н., ДУІКТ

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ФІНАНСОВИХ ДАНИХ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

У умовах цифровізації фінансового сектору значно зростає обсяг даних, пов'язаних із динамікою фінансових ринків, змінами вартості активів та поведінкою учасників ринку. Аналіз таких даних є складною задачею через високу волатильність ринку, вплив зовнішніх факторів та значну кількість інформаційних потоків. Традиційні методи аналізу фінансових показників не завжди забезпечують достатню точність прогнозування та швидкість обробки даних.

У зв'язку з цим особливого значення набувають методи машинного навчання, які дозволяють автоматизувати процес аналізу даних, виявляти приховані закономірності та формувати прогнозні оцінки на основі історичної інформації. Використання інтелектуальних алгоритмів відкриває нові можливості для підвищення ефективності аналізу фінансових ринків та підтримки прийняття рішень.

Постановка задачі. Основною проблемою є складність аналізу великих обсягів фінансових даних, які характеризуються високою динамічністю, наявністю шумів та впливом численних зовнішніх факторів. Для ефективної обробки інформації необхідно реалізувати систему, здатну автоматично отримувати дані, здійснювати їх попередню обробку та аналіз із використанням методів машинного навчання.

Постає задача розробки програмної структури системи інтелектуального аналізу фінансових даних, яка забезпечує послідовну взаємодію між базою даних, модулем обробки інформації, модулем машинного навчання та інтерфейсом користувача. Важливими аспектами є точність аналізу, швидкодія системи та можливість масштабування.

Мета дослідження. Метою дослідження є аналіз та застосування методів машинного навчання для інтелектуальної обробки фінансових даних з метою виявлення закономірностей та підтримки прийняття рішень.

Результати дослідження. У ході дослідження було проаналізовано сучасні підходи до інтелектуального аналізу фінансових даних, розглянуто методи машинного навчання та їх застосування для обробки часових рядів. Досліджено особливості підготовки фінансових даних, включаючи очищення, нормалізацію та формування наборів даних для навчання моделей.

У процесі роботи було сформовано логічну структуру системи, яка забезпечує отримання фінансових даних, їх обробку та передачу до модуля

машинного навчання для подальшого аналізу. Отримані результати підтверджують ефективність використання інтелектуальних алгоритмів для автоматизації аналізу фінансової інформації. Для відображення процесу взаємодії між компонентами системи доцільно використати UML-діаграму послідовності, яка демонструє логіку обробки фінансових даних (рис. 7).

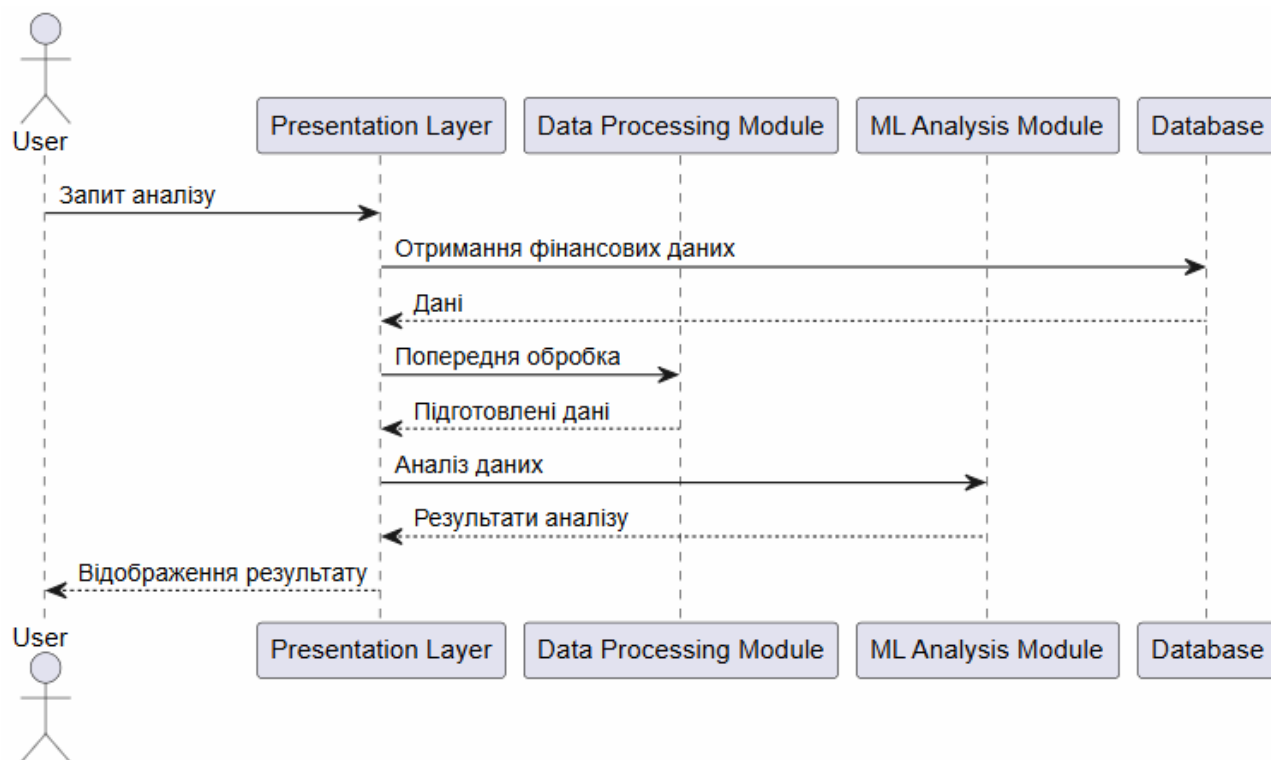


Рис. 7 UML-діаграма послідовності аналізу фінансових даних

Система реалізує послідовний процес отримання фінансових даних із бази, їх попередньої обробки, передачі до модуля машинного навчання та відображення результатів користувачу.

Висновки та перспективи. У результаті дослідження встановлено, що методи машинного навчання є ефективним інструментом для інтелектуального аналізу фінансових даних. Їх використання дозволяє автоматизувати обробку інформації, підвищити точність аналізу та забезпечити швидке формування аналітичних висновків.

Перспективи подальших досліджень полягають у використанні глибоких нейронних мереж, інтеграції аналізу інформаційного фону фінансових ринків, а також розробці адаптивних систем підтримки прийняття рішень на основі методів штучного інтелекту.

Список використаних джерел

1. Géron A. Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow. – O'Reilly Media, 2019.
2. Murphy K. P. Machine Learning: A Probabilistic Perspective. – MIT Press, 2012.
3. Yahoo Finance API Documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://finance.yahoo.com/> (дата звернення: 12.04.2026).

ЗАСТОСУВАННЯ ЗГОРТКОВИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ДОРОЖНІХ ЗНАКІВ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМАХ

Швидкий розвиток інтелектуальних транспортних систем (*Intelligent Transportation Systems*) та систем допомоги водієві (*ADAS*) висуває високі вимоги до точності, швидкодії та робастності алгоритмів автоматичного розпізнавання дорожніх знаків. Класичні методи комп'ютерного зору, що базуються на ручному виділенні ознак (*HOG*, *SIFT*, *SURF*), виявляються недостатньо ефективними в умовах змінного освітлення, погодних явищ, часткового перекриття та зношеності знаків. Застосування згорткових нейронних мереж (*CNN*) дозволяє суттєво підвищити стійкість та точність розпізнавання завдяки автоматичному навчанню ієрархічних ознак безпосередньо з вхідних зображень.

Постановка задачі. Проблема полягає в тому, що традиційні алгоритми класифікації демонструють низьку точність в реальних дорожніх умовах через високу варіативність зовнішнього вигляду знаків: зміна ракурсу, освітлення, погодних явищ, часткового перекриття іншими об'єктами та механічних пошкоджень. Необхідно розробити інтелектуальну систему, що використовує методи глибокого навчання для автоматичного розпізнавання знаків у реальному часі з мінімальними обчислювальними витратами. Задача полягає у побудові нейромережевої моделі, здатної забезпечити високу точність детекції та класифікації дорожніх знаків з можливістю інтеграції у бортові обчислювальні платформи транспортних засобів з обмеженими ресурсами.

Мета дослідження. Метою дослідження є аналіз та експериментальна оцінка можливостей застосування сучасних архітектур згорткових нейронних мереж для задач класифікації та детекції дорожніх знаків. Основний фокус спрямований на порівняння глибоких архітектур (*VGG*, *ResNet*) з полегшеними моделями для мобільних і вбудованих систем (*MobileNet*, *EfficientNet*), а також на дослідження детекторів реального часу родини *YOLO*. Кінцевою метою є кількісне обґрунтування вибору оптимальної моделі за критеріями точності, швидкодії та обчислювальної складності для подальшої інтеграції у бортові системи транспортних засобів.

Результати дослідження. У рамках роботи проведено порівняльний аналіз архітектур *LeNet-5*, *VGG-16*, *ResNet-50* та полегшеної моделі *MobileNetV2*, навчених на загальноновизнаному наборі даних *GTSRB* (*German Traffic Sign Recognition Benchmark*). Для підвищення узагальнюючої здатності моделей застосовано методи аугментації зображень, що включають геометричні перетворення, варіації яскравості, додавання гаусівського шуму та симуляцію погодних умов. Експериментальні дослідження засвідчили, що архітектура *ResNet-50* забезпечує найвищу точність класифікації на рівні 99,2%, тоді як *MobileNetV2* демонструє оптимальне співвідношення точності (98,4%) та

обчислювальної швидкодії, що робить її придатною для розгортання на вбудованих платформах транспортних засобів.

Для задачі детекції знаків у режимі реального часу досліджено однопрохідну модель YOLOv5, яка забезпечує обробку відеопотоку зі швидкістю понад 45 кадрів за секунду при середній точності (mAP) 94,7%. Виявлено, що застосування технік перенесення навчання (*transfer learning*) на основі попередньо навчених на *ImageNet* моделей суттєво скорочує час навчання та знижує вимоги до обсягу тренувальних даних, що є критично важливим при адаптації моделей до національних особливостей дорожніх знаків. Додатково запропоновано використання методів квантування ваг та структурного прунінгу, які дозволяють зменшити розмір моделі до 4 разів зі збереженням рівня точності, що відкриває можливість розгортання таких систем на мікроконтролерах з обмеженою пам'яттю.

Висновки та перспективи. Отримані результати переконливо доводять високу ефективність застосування згорткових нейронних мереж для побудови систем розпізнавання дорожніх знаків у складі інтелектуальних транспортних систем. Подальші дослідження доцільно спрямувати на розробку гібридних архітектур, що поєднують переваги CNN та трансформерів зору (*Vision Transformers*), оптимізацію моделей для роботи на пристроях з обмеженими ресурсами шляхом квантування та прунінгу, а також формування репрезентативного набору даних, що враховує специфіку дорожніх знаків України та умови їх експлуатації, включно з впливом несприятливих погодних явищ та руйнувань інфраструктури.

Список використаних джерел:

1. Traffic Sign Recognition Using Deep Convolutional Neural Networks // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. [Електронний ресурс]: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8455509>
2. A Review on Traffic Sign Recognition Approaches Based on Deep Learning // MDPI Sensors. [Електронний ресурс]: <https://www.mdpi.com/1424-8220/22/6/2335>
3. Real-Time Traffic Sign Detection Using YOLO Architecture // ResearchGate. [Електронний ресурс]: https://www.researchgate.net/publication/352784125_Real-Time_Traffic_Sign_Detection
4. Lightweight CNN Models for Traffic Sign Classification in Embedded Systems // ScienceDirect. [Електронний ресурс]: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050922003489>

*Дишлюк Богдан Олександрович, студент, ДУІКТ
Шантур Антон Сергійович, к.т.н., доцент, ДУІКТ*

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕКСТОВИХ ДАНИХ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ НЕБАЖАНОГО КОНТЕНТУ В ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

Стрімкий розвиток цифрових сервісів призвів до того, що традиційні методи боротьби зі спамом стають неієвими. Зловмисники дедалі частіше

використовують нейромережі для маскування шкідливих повідомлень, що вимагає розробки нових підходів до інтелектуального аналізу даних [3].

Постановка задачі. Основною проблемою є складність виявлення небажаного контенту, який генерується штучним інтелектом. Такі повідомлення маскуються під легітимні, що ускладнює їх ідентифікацію базовими класифікаторами. Постає задача оцінки стійкості інформаційних систем до подібних загроз.

Мета дослідження. Оцінка вразливостей сучасних систем фільтрації небажаного контенту шляхом моделювання нейромережевих загроз (генерації та модифікації спаму) та обґрунтування необхідності впровадження нових методів інтелектуального аналізу для їх розпізнавання.

Результати дослідження. Для проведення експериментів ми використали відкритий набір даних Enron Email Dataset та реалізували дослідницький програмний комплекс мовою Python. Наша система діє від зворотного: вона використовує рекурентні нейронні мережі типу LSTM (Long Short-Term Memory) [2] для генерації тестових спам-повідомлень та інтегрує API-інтерфейси машинного перекладу для їхньої подальшої семантичної модифікації (рис. 8). Ефективність обходу фільтрів оцінювалась за часткою хибнонегативних спрацювань (false negative rate) — відсотком згенерованих повідомлень, які не були розпізнані як спам цільовими класифікаторами.



Рис. 8 Структурна схема процесу генерації та модифікації тестового контенту

Тестування показало, що стандартні системи безпеки часто не здатні розпізнати такий адаптивний контент. Зокрема, частка автоматично створених повідомлень, які успішно обійшли фільтри, склала 43,08% для англomовних текстів та 37,96% для україномовних. Це експериментально доводить, що звичайних методів аналізу (на кшталт Naive Bayes [1]) вже недостатньо для боротьби з текстами, які генеруються та перекладаються алгоритмами глибокого навчання.

Висновки та перспективи. Проведене дослідження доводить, що традиційні та базові інтелектуальні системи фільтрації є вразливими до текстів, згенерованих та модифікованих за допомогою нейромереж. Значний відсоток пропущеного тестового спаму (до 43%) свідчить про необхідність переходу від статичних класифікаторів до складних моделей глибокого навчання (наприклад, трансформерів), які здатні виявляти приховані семантичні аномалії штучно створеного контенту. Як перспективна архітектура захисту пропонується двоетапна модель: на першому етапі трансформер (BERT або його варіанти) аналізує семантичну когерентність та статистичні аномалії тексту, на другому ансамблевий класифікатор об'єднує ці ознаки з поведінковими метаданими повідомлення. Подальші дослідження будуть спрямовані на практичну реалізацію та верифікацію такої адаптивної системи захисту.

Список використаних джерел:

1. Androutsopoulos I., Koutsias J., Chandrinos K. V., Spyropoulos C. D., An experimental comparison of naive Bayesian and keyword-based anti-spam filtering with personal e-mail messages // [Електронний ресурс]: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/345508.345569>, Дата звернення: 27.04.2026
2. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A., Deep Learning // [Електронний ресурс]: <https://www.deeplearningbook.org/>, Рік видання: 2016
3. Jurafsky D., Martin J. H., Speech and Language Processing // [Електронний ресурс]: <https://web.stanford.edu/~jurafsky/slp3/>, Рік видання: 2026, Дата звернення: 27.04.2026

*Довбиус Вадим Сергійович, студент, ДУІКТ
Герцюк Микола Модестович, д.ф. (PhD), доцент ДУІКТ*

ЦИФРОВИЙ СЕРВІС ДЛЯ АНАЛІЗУ ТА УПРАВЛІННЯ ОСОБИСТИМИ ФІНАНСАМИ З ІНТЕГРАЦІЄЮ ВЕЛИКОЇ МОВНОЇ МОДЕЛІ GEMINI

Постановка задачі. Сучасний ринок програмних рішень для управління особистими фінансами пропонує значну кількість додатків: від простих трекерів витрат до комплексних систем бюджетування. Попри доступність цих інструментів, більшість із них забезпечує лише базову функціональність — ручну або напівавтоматичну категоризацію транзакцій та побудову стандартних графіків. Реальна потреба користувачів полягає не просто у фіксації операцій, а в їх глибокому семантичному аналізі та отриманні персоналізованих рекомендацій щодо оптимізації бюджету [1, с. 12]. Вирішення цього завдання

потребує інтеграції інтелектуальних інструментів, зокрема великих мовних моделей (LLM), безпосередньо у веб-додаток для фінансового обліку.

Мета дослідження. Метою дослідження є розробка та опис архітектурних рішень повнофункціонального веб-додатку для управління особистими фінансами, який поєднує класичний інструментарій обліку та візуалізації фінансових даних із можливостями великої мовної моделі Gemini для автоматичного виявлення фінансових патернів і надання персоналізованих порад щодо оптимізації витрат. Дослідження охоплює вибір технологічного стеку, проектування архітектури системи, розробку алгоритмів агрегації даних та методику інтеграції LLM через зовнішній API.

Результати дослідження. У ході роботи розроблено веб-додаток на основі фреймворку Django (Python) із реляційною базою даних SQLite. Серверна частина реалізує REST API для взаємодії між клієнтською частиною та модулем інтелектуальної аналітики. Клієнтська частина побудована з використанням стандартного стеку HTML/CSS/JavaScript і забезпечує адаптивний інтерфейс для введення транзакцій, перегляду статистики та читання аналітичних звітів [2, с. 34].

Ключовим елементом системи є модуль інтеграції з великою мовною моделлю Gemini. Для забезпечення релевантності аналізу розроблено алгоритм підготовки промптів, який агрегує фінансові дані користувача (структуру витрат за категоріями, динаміку балансу, перевищення бюджетних лімітів) і передає їх до API Gemini. У відповідь система отримує структурований текстовий звіт із виявленими закономірностями та конкретними рекомендаціями [3, с. 5].

Функціональне тестування підтвердило коректність обробки транзакцій, точність агрегації фінансових показників та адекватність рекомендацій, сформованих моделлю. Порівняльний аналіз з існуючими рішеннями (Mint, YNAB, Spendee) показав, що розроблений додаток перевершує їх за рівнем персоналізованої аналітики завдяки використанню LLM.

Висновки та перспективи. Результати дослідження демонструють ефективність поєднання веб-технологій (Django, Python, SQLite) з інструментами штучного інтелекту для створення інтелектуальних фінансових систем. Інтеграція великої мовної моделі Gemini дозволяє суттєво підвищити якість аналізу фінансових даних та забезпечити користувача персоналізованими рекомендаціями, недоступними у більшості існуючих рішень [4, с. 78]. Перспективами подальшого розвитку є впровадження автоматичного імпорту транзакцій через банківські API, розширення аналітичного модуля методами прогнозування витрат, а також дослідження можливостей застосування спеціалізованих фінансових LLM для підвищення точності рекомендацій.

Список використаних джерел:

1. Google DeepMind. Gemini API Documentation. [Електронний ресурс]: <https://ai.google.dev/docs> Дата звернення: 20.04.2025.
2. Mint Personal Finance. Intuit Inc. [Електронний ресурс]: <https://mint.intuit.com> Дата звернення: 20.04.2025.
3. You Need A Budget. YNAB. [Електронний ресурс]: <https://www.youneedabudget.com> Дата звернення: 20.04.2025.

ВИЯВЛЕННЯ СКООРДИНОВАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ КАМПАНІЙ У СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖАХ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПОВЕДІНКОВИХ ПІДХОДІВ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ДАНИХ

Сучасні соціальні мережі стали основним майданчиком для маніпуляцій громадською думкою через координовану неавтентичну поведінку (CIB). Виявлення таких кампаній ускладнюється використанням «визрілих» акаунтів, що імітують органічну активність. Дане дослідження присвячене систематизації поведінкових індикаторів — спільного контенту, синхронності та міжплатформних слідів — для автоматизованого виявлення координації без аналізу тексту. Такий підхід дозволяє ефективно долати мовні бар'єри та протидіяти сучасним інформаційним загрозам.

Постановка задачі. Соціальні мережі перетворилися на основне середовище поширення суспільно важливої інформації, що робить їх привабливим майданчиком для організованих кампаній із маніпуляції громадською думкою. Одним із ключових інструментів таких кампаній є так звана координована неавтентична поведінка (Coordinated Inauthentic Behavior, CIB) — узгоджені дії груп акаунтів, спрямовані на штучне підсилення певних наративів та створення ілюзії органічної підтримки [1]. Попри зусилля платформ із модерації контенту, подібні операції залишаються поширеною загрозою: дослідження 2024–2025 рр. фіксують їхнє масштабне застосування у виборчих кампаніях одночасно на кількох платформах — X (Twitter), Facebook та Telegram [2]. Основна складність виявлення CIB полягає в тому, що задіяні акаунти нерідко є «визрілими» — мають реалістичну передісторію активності, що унеможливорює їх ідентифікацію за стандартними ознаками ботів. Постає задача систематизації поведінкових ознак координації, придатних для автоматизованого виявлення без покладання на контентний аналіз публікацій.

Мета дослідження. Метою дослідження є аналіз та систематизація поведінкових індикаторів скоординованої неавтентичної поведінки у соціальних мережах на основі огляду сучасних підходів інтелектуального аналізу даних, а також визначення найбільш інформативних ознак для побудови систем виявлення координованих кампаній.

Результати дослідження. На основі аналізу наукових джерел виокремлено три основні класи поведінкових індикаторів координованої неавтентичної поведінки:

Клас 1. Індикатори спільного контенту: найбільш поширеним підходом є побудова мереж схожості акаунтів на основі збігів у поширюваному контенті: однакові посилання, хештеги, зображення, текстові фрагменти. Pacheco et al. [3] довели, що навіть часткові збіги у послідовностях хештегів є надійним маркером координації у п'яти різних інформаційних кампаніях — від виборів у США до маніпуляцій із криптовалютою. Ключовою перевагою цього підходу є його незалежність від мови контенту.

Клас 2. Індикатори синхронної активності: аналіз часових патернів публікацій дозволяє виявляти групи акаунтів, що діють із підозрілим ступенем синхронізації. Nizzoli et al. [4], досліджуючи дані виборів у Великій Британії 2019 року, показали, що мережевий підхід на основі схожості поведінкових траєкторій дає змогу виявляти координацію без бінарної класифікації акаунтів як «ботів» чи «людей», натомість формуючи спектр ступенів підозрілості.

Клас 3. Міжплатформні індикатори: нові дослідження свідчать, що координовані кампанії дедалі частіше функціонують одночасно на кількох платформах, причому один і той самий контент з'являється на Telegram раніше, ніж розповсюджується на X та Facebook [2]. Це суттєво ускладнює виявлення в межах окремої платформи та вимагає аналізу міжплатформних поведінкових слідів.

Порівняльний аналіз підходів показує, що методи, засновані виключно на аналізі контенту публікацій (тональність, стилеметрія), поступаються за стійкістю поведінковим мережевим методам, оскільки координатори кампаній можуть легко варіювати формулювання, зберігаючи при цьому характерні патерни взаємодії. Водночас поєднання кількох класів індикаторів забезпечує найвищу точність виявлення.

Висновки та перспективи. Проведений аналіз засвідчує, що інтелектуальний аналіз поведінкових даних є провідним напрямом у виявленні скоординованих інформаційних кампаній у соціальних мережах. Найбільш перспективними є мережеві підходи, що будують графи схожості між акаунтами на основі поведінкових слідів (спільний контент, синхронна активність, патерни взаємодії) без залучення аналізу тексту публікацій. Це дозволяє долати мовні бар'єри та підвищує стійкість методу до навмисного приховування координації.

Перспективами подальших досліджень є: розробка уніфікованих метрик оцінювання координації, придатних для порівняння методів між собою; дослідження адаптації виявлювальних систем до нових платформ із відмінними механіками взаємодії (зокрема, відеоцентричних платформ на кшталт TikTok); а також вивчення впливу інструментів генеративного штучного інтелекту на масштабування та маскуванню координованих кампаній.

Список використаних джерел:

1. Cinus F., Minici M., Luceri L., Ferrara E. Exposing Cross-Platform Coordinated Inauthentic Activity in the Run-Up to the 2024 U.S. Election. Proceedings of the ACM on Web Conference 2025. P. 541–559. DOI: 10.1145/3696410.3714698. arXiv: 2410.22716.

2. Giglietto F., Righetti N., Rossi L., Marino G. It takes a village to manipulate the media: Coordinated link sharing behavior during 2018 and 2019 Italian elections. Information, Communication & Society. 2020. Vol. 23(6). P. 867–891. DOI: 10.1080/1369118X.2020.1739732.

3. Nizzoli L., Tardelli S., Avvenuti M., Cresci S., Tesconi M. Coordinated Behavior on Social Media in 2019 UK General Election. Proceedings of the International AAAI Conference on Web and Social Media. 2021. Vol. 15. P. 443–454.

4. Pacheco D., Hui P.-M., Torres-Lugo C., Truong B. T., Flammini A., Menczer F. Uncovering Coordinated Networks on Social Media: Methods and Case Studies.

*Єрьомкін Михайло Михайлович, аспірант
Національний університет «Львівська Політехніка»
Семенюк Сергій Анатолійович, к.ф.-м.н., доцент
Національний університет «Львівська Політехніка»*

ВИКОРИСТАННЯ ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ У КІБЕРБЕЗПЕЦІ

Постановка задачі. Сучасні реактивні методи виявлення загроз стикаються з надмірно динамічною еволюцією атак, що зумовлює гостру потребу в розвитку проактивних систем захисту на основі засобів штучного інтелекту. Традиційні системи мають обмеження, які можна подолати завдяки можливостям глибокого семантичного відображення, прогнозування на основі аналізу даних та динамічного впровадження політик безпеки.

Мета дослідження. Метою дослідження є аналіз проактивного підходу до передбачення, виявлення та контекстуалізації кібератак за допомогою великих мовних моделей (ВММ) шляхом опрацювання структурованих та неструктурованих потоків даних.

Результати дослідження. Системи на основі великих мовних моделей надають нові можливості, що недоступні класичним реактивним системам виявлення загроз на основі сигнатур:

- Перехресне міркування та семантичне збагачення: керована промптами кластеризація даних та автоматичне зіставлення з мітками матриці «MITRE ATT&CK». Такий підхід дозволяє ВММ надавати даним кількісний показник небезпеки, що допомагає аналітикам пріоритезувати найбільш імовірні загрози. Семантичне збагачення дозволяє перейти до високорівневого логічного обґрунтування атак від простого збору телеметрії.

- Створення когнітивного профілю атаки: обробка даних за допомогою ВММ дозволяє оцінити когнітивні риси сторін, зокрема: наполегливість, толерантність до ризиків, неприйняття збитків. Обчислення параметрів в реальному часі та логістична регресія дозволяє стороні захисту автоматично адаптувати політики безпеки під конкретну модель зловмисника.

- Доповнене пошуком генерування: інтеграція зовнішніх даних у реальному часі, що дозволяє ВММ оперувати даними про вразливості за межами тренувального набору даних та генерувати більш точні і контекстуально релевантні відповіді.

Застосування прогностичних моделей на базі ВММ означає зміну парадигми: перехід від ретроспективних методів захисту на основі виявлення сигнатур, до створення динамічних стратегій, що здатні адаптовуватися до загроз в реальному часі. Такі моделі забезпечують ранню ідентифікацію загроз з

низьким рівнем хибнопозитивних спрацювань. Використання федеративного навчання, р2р-моделей та безпечної агрегації даних на рівнях «периферія-сервер» створює надійну основу для впровадження ефективних систем захисту. Використання ВММ дозволяє швидко обробляти великі обсяги даних та надавати чіткі та зрозумілі результати у вигляді дашбордів або логічних дерев. Це дозволить фахівцям відповідно реагувати на інциденти та вживати заходи, необхідні для нівелювання загроз. Модульність архітектури систем на основі ВММ дозволяє легко адаптувати їх до комп'ютерних мереж різних масштабів, використовувати для проактивної форензики та профілювання загроз.

Висновки та перспективи. Впровадження великих мовних моделей значно доповнює фундаментальні принципи кіберзахисту, дозволяючи перехід від простої фіксації інцидентів до створення систем із вираженою прогностичною логікою. Такий підхід дозволяє суттєво підвищити ефективність роботи аналітиків завдяки отриманню контекстуально збагачених результатів, що мінімізують час на розслідування атак та прийняття рішень. Перспективним напрямом майбутніх досліджень є масштабування запропонованих архітектур на складні мережеві домени та посилення стійкості моделей через механізми федеративного навчання та безпечної обробки даних на периферії.

Список використаних джерел:

1. A. Chawla and U. Prasad, "Proactively Detecting Threats: A Novel Approach Using LLMs", 2025 *International Conference on Cyber-Enabled Distributed Computing and Knowledge Discovery (CyberC)*, Taiyuan, China, 2025, pp. 227-230 // [Електронний ресурс]: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2601.09029>
2. Hans, Soham & Marsella, Stacy & Hirschmann, Sophia & Gurney, Nikolos. (2025). Security Logs to ATT&CK Insights: Leveraging LLMs for High-Level Threat Understanding and Cognitive Trait Inference // [Електронний ресурс]: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2510.20930>
3. Paul, Shuva & Alemi, Farhad & Macwan, Richard. (2025). LLM-Assisted Proactive Threat Intelligence for Automated Reasoning // [Електронний ресурс]: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2504.00428>

*Єфімов Максим Олександрович, студент, ДУІКТ
Аронов Андрій Олексійович, к.т.н., доцент, ДУІКТ*

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ АНАЛІЗ У ВЕБ-ОРІЄНТОВАНИЙ СИСТЕМІ НАВЧАННЯ

Постановка задачі. У навчальних веб-системах накопичується багато інформації про роботу студентів: результати тестів, виконані завдання, дотримання дедлайнів. Усе це корисні дані, але коли вони розкидані по різних розділах, викладачеві складно швидко оцінити ситуацію в групі. Часто доводиться переглядати кілька сторінок, порівнювати оцінки вручну й витратити на це зайвий час. Тому виникла потреба у модулі, який збирав би ці дані разом і подавав їх у більш зручному вигляді.

Мета дослідження. Метою роботи є створення аналітичного модуля, який об'єднує дані про результати тестів і виконання завдань та перетворює їх на прості показники й графіки. Модуль має працювати всередині LMS-системи, де вже реалізовано тести, дедлайни та робота з файлами.

Результати дослідження. У межах роботи було створено веб-систему, що складається з модулів курсів, завдань, тестування й аналітики. Аналітичний модуль використовує дані, які вже зберігаються в системі. Результати тестів записуються у таблиці Test_Results і Student_Answers, а інформація про виконанні завдання у Assignment_Submissions. На основі цих даних формується кілька основних показників: середній бал, кількість зданих завдань, дотримання дедлайнів та загальна активність студентів.

Для зручності викладача у модулі додано графіки та таблиці. Вони дозволяють швидко побачити зміни у роботі студентів. Модуль не потребує додаткових налаштувань – він просто використовує ті дані, які накопичуються під час навчального процесу. Приклад роботи аналітичного модуля наведено на (рис. 9). На ньому видно як система показує середній бал, розподіл оцінок, статистику виконання завдань і тестів, а також загальний стан курсу.

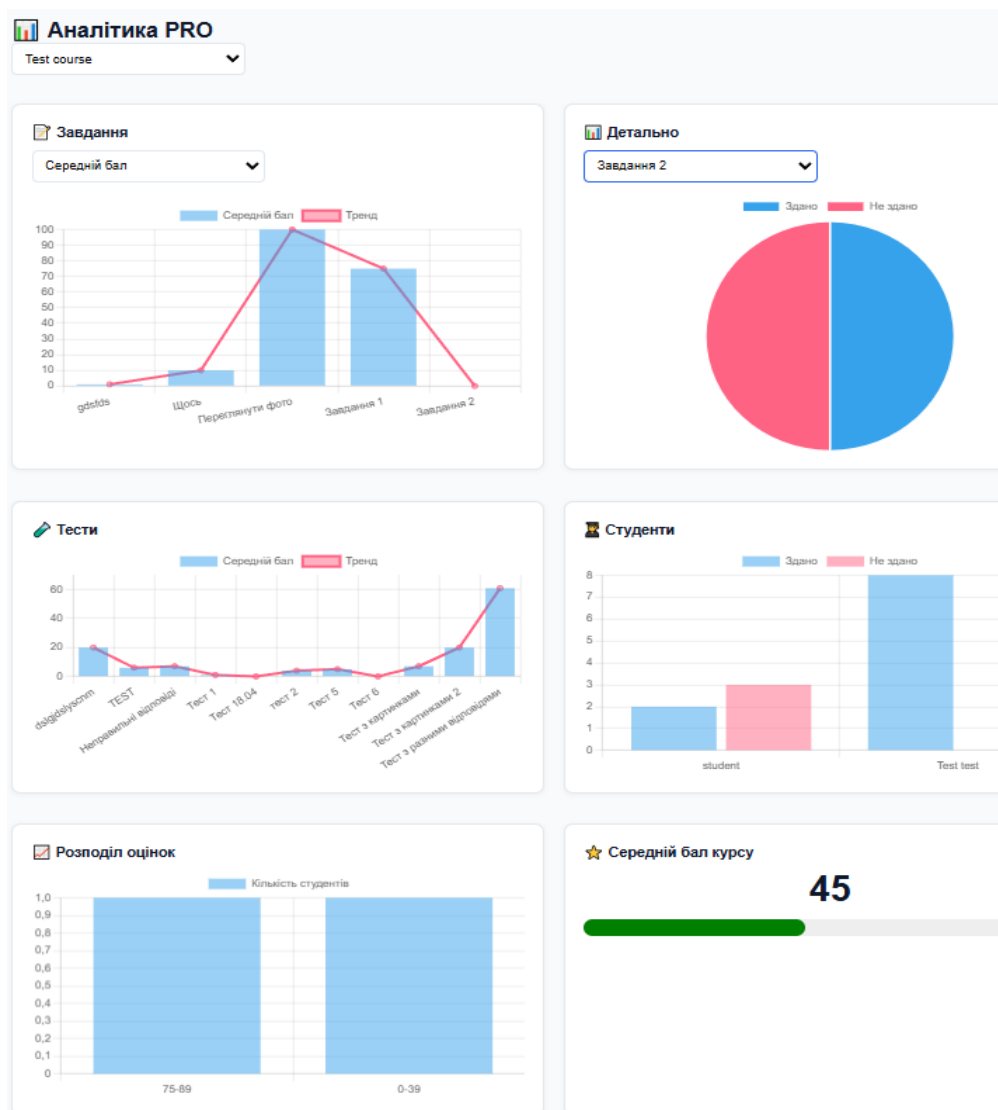


Рис. 9. Візуалізації результатів аналітичного модуля

На головній сторінці аналітики зібрані основні показники курсу: хто скільки завдань здав або не здав, середні бали за завдання та тести, а також розподіл оцінок де видно на який рівень претендує кожен студент. Є також загальний показник стану курсу, який дозволяє швидко зрозуміти, як у цілому працює група.

Висновки та перспективи. Створений модуль дає змогу швидко оцінювати стан курсу та бачити основні показники роботи студентів. Він спрощує аналіз результатів і робить навчальний процес зручнішим. У майбутньому систему можна доповнити новими видами статистики.

Список використаних джерел:

1. Microsoft SQL Documentation - SQL Server. Microsoft Learn: Build with answers in reach. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://learn.microsoft.com/sql/>
2. Moodle Documentation. Moodle Project. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://docs.moodle.org/>
3. PHP: Preface - Manual. PHP. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.php.net/manual/>
4. Web Standards. W3C. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.w3.org/standards/>

Зайцев Владислав Євгенович, студент, ДУІКТ
Зінченко Вячеслав Валентинович, аспірант ДУІКТ

ТЕХНОЛОГІЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ПРОГНОЗУВАННЯ У СИСТЕМАХ БІЗНЕС-АНАЛІТИКИ НА БАЗІ SCIKIT-LEARN

Постановка задачі. У сучасному цифровому середовищі підприємства працюють із великими обсягами фінансово-економічної інформації, що постійно оновлюється. Ефективне управління бізнес-процесами значною мірою залежить від швидкості аналізу даних та можливості точного прогнозування майбутніх показників. Традиційні методи статистичного аналізу не завжди дозволяють оперативно обробляти великі масиви даних та виконувати складні аналітичні операції. В зв'язку з цим актуальним завданням є автоматизація процесу обробки інформації, прогнозування економічних показників та виявлення аномальних змін у даних за допомогою сучасних технологій машинного навчання (Machine Learning) та спеціалізованих програмних бібліотек.

Мета дослідження. Метою роботи є комплексний аналіз можливостей бібліотеки Scikit-learn мови програмування Python та визначення ефективності впровадження її алгоритмів у системах інтелектуального аналізу даних (Data Mining) для прогнозування економічних показників і підтримки прийняття управлінських рішень.

Результати дослідження. Для реалізації інтелектуальної системи бізнес-аналітики (BI) було використано екосистему мови програмування Python, зокрема бібліотеки:

- *Pandas* — для первинного оброблення та маніпуляцій із табличними даними;
- *NumPy* — для здійснення високопродуктивних математичних розрахунків;
- *Matplotlib* — для візуалізації статистичних показників у вигляді графіків та діаграм;
- *Scikit-learn* — як основний інструментарій інтелектуального аналізу.

У межах дослідження було проаналізовано та інтегровано кілька ключових класів алгоритмів машинного навчання:

1. *Регресійний аналіз та прогнозування*. Для визначення тенденцій зміни фінансових метрик (дохід, витрати, прибуток) на основі історичних даних застосовано модель лінійної регресії, математичний апарат якої описується рівнянням:

$$f(x) = ax + b \quad (4)$$

Для підвищення точності прогнозів у складних нелінійних залежностях досліджено ансамблеві методи та моделі дерев рішень, зокрема *Decision Tree* та *Random Forest*.

2. *Класифікація та сегментація*. Для розв'язання задач класифікації бізнес-показників використано алгоритм логістичної регресії (*Logistic Regression*). З метою автоматичного групування даних, сегментації клієнтської бази та аналізу ринку інтегровано метод кластеризації *K-Means*.

3. *Статистичний аналіз та виявлення аномалій*. Невід'ємним компонентом системи є модуль виявлення аномалій у статистичній інформації для автоматичної фіксації потенційних ризиків або шахрайських операцій. Для цього застосовано метод нормованого відхилення (*z-score* аналіз):

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma} \quad (5)$$

де, x — поточне значення показника, μ — математичне сподівання (середнє значення), σ — середнє квадратичне відхилення. Значення, що виходять за межі критичного інтервалу, автоматично маркуються системою як аномальні відхилення від нормального бізнес-тренду.

Проведений аналіз показав, що синергія використання *Scikit-learn* та аналітичних інструментів *Python* дозволяє значно підвищити швидкість обробки інформації, автоматизувати рутинні операції прогнозування та мінімізувати вплив людського фактора під час оцінювання ризиків.

Висновки та перспективи. У результаті дослідження обґрунтовано доцільність та високу ефективність застосування бібліотеки *Scikit-learn* як ядра систем інтелектуального аналізу бізнес-даних. Розроблений підхід забезпечує комплексне вирішення завдань регресії, кластеризації та виявлення аномалій у єдиному програмному контурі.

Перспективами подальших розвідок у цьому напрямі є розширення функціональних можливостей аналітичних платформ шляхом інтеграції архітектур глибокого навчання (*Deep Learning*), штучних нейронних мереж для роботи зі складними часовими рядами, а також розгортання рішень на базі хмарних технологій для забезпечення масштабованості ВІ-систем.

Список використаних джерел:

1. Pedregosa F., Varoquaux G., Gramfort A., et al. Scikit-learn: Machine learning in Python. *Journal of Machine Learning Research*. 2011. Vol. 12. P. 2825–2830.
2. Прокопенко Т. О., Козловський Р. А., Васильченко О. В. Технології Business Intelligence та інтелектуальний аналіз даних у системах підтримки прийняття управлінських рішень. *Вісник Черкаського державного технологічного університету*. 2021. № 3. С. 44–53. DOI: 10.24025/2306-4412.3.2021.241512.
3. Geron A. Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow: Concepts, Tools, and Techniques to Build Intelligent Systems. 3rd ed. Sebastopol : O'Reilly Media, 2022. 854 p.
4. Chandola V., Banerjee A., Kumar V. Anomaly detection: A survey. *ACM Computing Surveys (CSUR)*. 2009. Vol. 41, No. 3. P. 1–58. DOI: 10.1145/1541880.1541882.

*Кіч Роман Олександрович, студент, ДУІКТ
Аронов Андрій Олексійович, к.т.н., доцент, ДУІКТ*

ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ МЕТОДІВ ОБРОБКИ ДАНИХ У КАСТОМНИХ СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ КОНТЕНТОМ ДЛЯ ЕЛЕКТРОННОЇ КОМЕРЦІЇ

Постановка задачі. Сучасний ринок електронної комерції вимагає не лише зберігання інформації, а й інтелектуального підходу до її обробки. Популярні CMS часто мають обмежені можливості для гнучкого налаштування алгоритмів автоматизації. Створення власних систем управління контентом дозволяє впроваджувати специфічну логіку обробки даних, яка необхідна для швидкого реагування на зміни ринкового попиту та автоматизації рутинних операцій складського обліку.

Мета дослідження. Дослідження можливостей інтелектуальної автоматизації процесів управління залишками товарів та структурування даних для подальшого аналізу в межах розробленої вебсистеми.

Результати дослідження. У межах роботи розроблено архітектуру CMS, що використовує стек PHP, MySQL та JavaScript. Для забезпечення інтелектуальної складової системи було реалізовано алгоритм динамічного моніторингу товарних позицій. На відміну від статичних систем, розроблений інструментарій дозволяє автоматично коригувати доступність товарів для замовлення на основі миттєвого аналізу транзакційних даних. Застосування патерну MVC забезпечує високу швидкість обробки великих масивів даних завдяки відокремленню рівня представлення від логіки обробки. Обмін даними через Fetch API у форматі JSON створює передумови для легкої інтеграції системи з зовнішніми сервісами машинного навчання або модулями прогнозування продажів. Окрім того, використання підготовлених виразів PDO

забезпечує надійний захист даних, що є критичним при роботі з конфіденційною інформацією клієнтів.

Висновки та перспективи. Розробка власної архітектури CMS є ефективним фундаментом для впровадження інтелектуальних інформаційних технологій у бізнес-процеси. Гнучкість системи дозволяє в майбутньому впровадити модулі рекомендаційних систем на основі історії покупок користувачів. Автоматизація перевірки запасів у реальному часі вже зараз забезпечує стабільність роботи торгових майданчиків та мінімізує вплив людського фактора.

Список використаних джерел:

1. PHP Manual. Official Documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.php.net/manual/en/>
2. MySQL 8.0 Reference Manual. Data Types and Transactions [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://dev.mysql.com/doc/refman/8.0/en/>
3. MDN Web Docs: JavaScript and Fetch API [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/JavaScript>

*Крест'янінов Ігор Олександрович, аспірант, ДУІКТ
Катков Юрій Ігорович, д.т.н., доцент, ДУІКТ*

МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ НЕПОВНИХ ТА ЗАШУМЛЕНИХ ДАНИХ У СИСТЕМАХ АНАЛІТИКИ «РОЗУМНОГО БУДИНКУ»

Постановка задачі. Ефективне функціонування сучасних систем «розумного будинку» базується на безперервному зборі та інтелектуальному аналізі поточних даних від розподіленої мережі сенсорів та виконавчих пристроїв Інтернету речей (IoT). Проте в умовах реальної експлуатації виникає критична проблема невідповідності якості вхідних даних вимогам класичних аналітичних моделей.

Основна проблематика полягає в усуненні негативного впливу пустих (відсутніх через технічні збої та нестабільність мережі) і надлишкових (зашумлених чи помилково інтерпретованих) даних на точність прогнозних моделей «розумного будинку». Наявність таких дефектів призводить до хибної аналітики середовища, формування викривлених поведінкових патернів користувачів та накопичення систематичних похибок у моделях машинного навчання, що зрештою провокує помилкові автоматизовані рішення системи.

Метою дослідження являється підвищення точності прогнозування та стабільності функціонування аналітичних модулів «розумного будинку» шляхом обґрунтування та розробки комплексного підходу до опрацювання неповних і зашумлених потоків даних, який базується на контекстній інтерпретації подій та безпосередньому врахуванні невизначеності математичними моделями без потреби у жорсткій фільтрації чи повному попередньому відновленні значень.

Результати дослідження. Системи «розумного будинку» функціонують на основі безперервного збору та аналізу даних із сенсорів і виконавчих

пристроїв, що забезпечує автоматизацію, адаптацію до поведінки користувачів і запрограмованих сцен. Однак під час роботи системи у реальному середовищі часто дані не є оптимальними для точного прогнозування. Поширеною проблемою є наявність пустих даних, тобто відсутність очікуваних значень у часових рядах або подієвих журналах, що виникає через технічні збої, нестабільність мережі або несправності сенсорів. На ряду з чистими даними спостерігається проблема надлишкових і хибних даних, коли зашумлені або некоректно інтерпретовані сигнали сенсорів створюють події, що не відповідають реальному стану середовища, наприклад фіксація руху штор від вітру як присутності людини.

Пусті та надлишкові дані приводять до хибної аналітики середовища і прогнозування майбутніх дій. Відсутність даних ускладнює інтерпретацію подій і може призводити до втрати критичної інформації, тоді як хибні спрацювання формують викривлені поведінкові патерни. У контексті машинного навчання ці явища знижують точність моделей, сприяють накопиченню систематичних помилок і підвищують імовірність помилкових прогнозів.

Можливі підходи до розв'язання проблем пустих і надлишкових даних у системах «розумного будинку» ґрунтуються на комплексному аналізі як самих значень даних, так і умов їх появи або відсутності. Одним із ключових напрямів є контекстна інтерпретація подій, за якої сигнали з окремих сенсорів аналізуються з урахуванням інформації з інших джерел. Це дозволяє зменшити кількість хибних спрацювань, зокрема в ситуаціях, коли фізичні фактори середовища імітують людську активність. Важливу роль відіграє аналіз патернів відсутності даних, який дає змогу виявляти несправності сенсорів, деградацію зв'язку або зміну умов експлуатації. У межах аналітичної обробки застосовуються методи статистичної імпутації [1] та часової реконструкції даних, однак вони повинні використовуватися з урахуванням ризику додаткового спотворення інформації. Перспективним напрямом є використання моделей машинного навчання, здатних працювати з неповними або зашумленими даними без необхідності їх повного попереднього відновлення. На відміну від класичних підходів, які вимагають імпутації пропущених значень або жорсткої фільтрації шуму, сучасні моделі можуть безпосередньо враховувати невизначеність вхідних даних у процесі навчання та прогнозування. Зокрема, застосування ймовірнісних моделей, рекурентних нейронних мереж для часових рядів або ансамблевих методів дозволяє зменшити вплив пропусків і випадкових коливань сенсорних сигналів на кінцеві результати аналізу [2].

Важливим аспектом таких підходів є трактування відсутності або надмірності даних не як дефекту, а як окремого інформативного сигналу про стан системи та середовища. Частота, тривалість і контекст появи пропущених значень можуть свідчити про деградацію сенсорів, зміну умов експлуатації або виникнення нештатних ситуацій [3]. Аналогічно, надлишкові або повторювані спрацювання сенсорів можуть вказувати на наявність зашумлених вимірювань або зовнішніх фізичних факторів, що впливають на систему. Інтеграція таких метаданих у навчальні вибірки дозволяє моделям формувати більш повну та стійку репрезентацію стану розумного будинку.

У практичному вимірі це означає перехід від моделей, що працюють виключно зі значеннями вимірювань, до моделей, які враховують структуру даних, їх часову неперервність та характерні патерни відсутності або надмірності. Такий підхід сприяє підвищенню узагальнювальної здатності моделей, зменшенню кількості хибних автоматизованих рішень і забезпеченню більш стабільного функціонування системи «розумний будинок» в умовах реальної експлуатації.

Висновки та перспективи. Проведене дослідження показує, що класичні методи обробки сенсорних потоків, які базуються на примусовій статистичній імпутації пропусків або жорсткій фільтрації шумів, створюють високі ризики спотворення первинної інформації та ускладнюють коректний аналіз динамічних процесів у середовищі IoT. Альтернативним і більш ефективним розв'язанням цієї проблеми є впровадження сучасних архітектур машинного навчання, зокрема ймовірнісних моделей, ансамблевих методів та рекурентних нейронних мереж, здатних оперувати просторово-часовою невизначеністю безпосередньо під час навчання. Зрештою, інтеграція подібних метаданих у поєднанні з контекстним крос-аналізом суміжних джерел дозволяє мінімізувати кількість хибних автоматизованих рішень, суттєво підвищує узагальнювальну здатність прогнозних моделей та гарантує загальну стійкість екосистеми «розумного будинку» в умовах реальної експлуатаційної зашумленості.

Список використаних джерел

1. Kasaraneni P. P., Yellapragada Venkata P. K. Analytical Approach to Exploring the Missing Data Behavior in Smart Home Energy Consumption Dataset. Journal of Renewable Energy and Environment. URL: https://www.jree.ir/article_146038_55d5e94e23d0bf08722d557d8a6c87d2.pdf (дата звернення: 05.01.2026).
2. Redundancy-Adaptive Multimodal Learning for imperfect data / M. Chen et al. Science Direct. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0893608025007014> (дата звернення: 07.01.2026).

*Наконечний Владислав Володимирович, студент, ДУІКТ
Гніденко Ірина Андріївна, старший викладач, ДУІКТ*

АЛГОРИТМИ ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАВАНТАЖЕНОСТІ ТА РЕКОМЕНДАЦІЙ ПАРКУВАЛЬНИХ МІСЦЬ У СИСТЕМІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ ПАРКУВАННЯМ

Постановка задачі. Проблема дефіциту паркувальних місць у великих містах України спричиняє значні економічні та екологічні втрати. За статистикою, водії в містах витрачають від 25 до 40 % часу їзди саме на пошук вільного паркомісця, що спричиняє лишні викиди CO₂ та затори [1]. Однак наявність інформації про поточний стан паркувань недостатня для ефективного управління паркувальним простором – потрібна здатність прогнозувати майбутню завантаженість та надавати користувачам персоналізовані

рекомендації щодо оптимального вибору місця паркування. Існуючі системи (SFpark, Barcelona Smart Parking, Parkopedia) реалізують моніторинг у реальному часі, однак більшість з них не володіють розвинутими інтелектуальними модулями для прогнозування спроса та рекомендацій [2]. Розробка ефективних алгоритмів прогнозування та рекомендацій є критичною для підвищення якості сервісу та скорочення часу пошуку паркомісця.

Мета дослідження. Метою роботи є розробка та реалізація двох інтелектуальних модулів для системи управління паркуванням: модуля прогнозування завантаженості паркувальних зон на основі статистичного аналізу історичних даних та модуля рекомендацій для визначення оптимального паркомісця на основі географічної близькості та доступності. Для досягнення мети визначено такі завдання: дослідити методи прогнозування попиту та вибірки даних для міських систем паркування; розробити алгоритм агрегації історичних даних за часовими параметрами (дата, час, день тижня); реалізувати модуль прогнозування як REST-сервіс зі статистичними показниками; розробити алгоритм пошуку найближчих зон на основі евклідової метрики; проводити комплексне тестування модулів на реальних та синтетичних даних.

Результати дослідження. Розроблено модуль прогнозування завантаженості на основі статистичного аналізу журналу спостережень за 30 діб. Для кожної паркувальної зони та дня тижня алгоритм обчислює очікуваний рівень завантаженості для кожної години (7:00–22:00) як середнє арифметичне відношення зайнятих до загальної кількості місць [3]. Реалізація зведена до єдиного SQL-запиту з агрегатними функціями AVG, MIN, MAX та COUNT, що забезпечує ефективність $O(\log N)$ завдяки композитному індексу на (zone_id, day_of_week, hour).

Результат включає для кожної години три показники: середнє значення завантаженості, мінімальне та максимальне значення, а також кількість точок даних, на яких базується розрахунок. Обрано статистичний метод, оскільки на етапі початкового впровадження обсяг накопичених даних недостатній для навчання моделей LSTM або Random Forest, а цей метод природним чином відповідає циклічній структурі паркувального попиту з чітким розділенням робочих днів та вихідних.

Розроблено модуль рекомендацій, що повертає п'ять найближчих зон з вільними місцями за координатами користувача. Алгоритм обчислює квадрат евклідової відстані в SQL-запиті як суму квадратів різниць координат, що дозволяє сортування на рівні бази даних. Фільтрація за вільними місцями реалізована через корельований підзапит. Конвертація у кілометри виконується в Python за формулою:

$$distance_{sq} = (\Delta x)^2 + (\Delta y)^2 \quad (6)$$

Обидва модулі протестовано на системі, яка містить дані про 10 паркувальних зон м. Києва, 515 паркомісць та історичні записи завантаженості за 30 днів. Тестування показало, що час відповіді модуля прогнозування не перевищує 50 мс, модуля рекомендацій – не перевищує 30 мс. Розроблені модулі експортуються як окремі REST-ендпоінти, дозволяють використовувати їх незалежно від інших компонентів системи.

Висновки та перспективи. Розроблені алгоритми прогнозування та рекомендацій заповнюють критичний функціональний розрив у існуючих системах управління паркуванням і надають їм інтелектуальну складову. Статистичний метод прогнозування демонструє хорошу точність на даних реальних міст і не потребує значних обчислювальних ресурсів. Модуль рекомендацій на основі географічної близькості забезпечує миттєве отримання результату навіть при великій кількості зон. Перспективами подальшого розвитку є впровадження моделей машинного навчання (Random Forest, LSTM) для підвищення точності прогнозування, розширення рекомендаційного алгоритму з урахуванням прогнозованої завантаженості у момент прибуття та часу дороги, інтеграція з реальними IoT-сенсорами замість програмної імітації, реалізація гібридного алгоритму рекомендацій з врахуванням тарифу та пересічних рейтингів зон.

Список використаних джерел

1. Dahiya M., Gill N. S., Gulia P. et al. Machine Learning-Based Prediction of Parking Space Availability in IoT-Enabled Smart Parking Management Systems. *Journal of Advanced Transportation*. 2024. Vol. 2024. 8474973.
2. Raj A., Shetty S. D. Smart parking systems technologies, tools, and challenges for implementing in a smart city environment: a survey based on IoT & ML perspective. *International Journal of Machine Learning and Cybernetics*. 2024. Vol. 15. P. 2673–2694.
3. Tekouabou S. C. K. et al. Improving parking availability prediction in smart cities with IoT and ensemble-based model. *Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences*. 2022. Vol. 34, No 3. P. 687–697.
4. Enríquez F. J., Mejía-Muñoz J.-M., Bravo G., Cruz-Mejía O. Smart parking: Enhancing urban mobility with fog computing and machine learning-based parking occupancy prediction. *Applied System Innovation*. 2024. Vol. 7, No 3. 52.

*Омельянович Олександр Сергійович, студент, ДУІКТ
Фесенко Максим Анатолійович, к.т.н., доцент, ДУІКТ*

РОЗРОБКА ІНТЕГРАЦІЙНИХ РІШЕНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ ПЛАТФОРМИ N8N

У сучасній розробці програмного забезпечення спостерігається тенденція до використання Low-code інструментів для швидкого поєднання розрізнених сервісів в єдину екосистему. Платформа n8n вирізняється серед аналогів своєю відкритістю та можливістю розміщення на власних серверах (self-hosting), що забезпечує високий рівень контролю над даними.

Постановка задачі. Задачею дослідження є аналіз архітектурних можливостей n8n для створення складних робочих процесів (workflows), які потребують взаємодії між різними API, базами даних та месенджерами без написання великого обсягу шаблонного коду.

Мета дослідження. Обґрунтування ефективності використання вузлової (node-based) архітектури n8n для оптимізації рутинних завдань розробника та забезпечення гнучкої інтеграції сторонніх сервісів за протоколами HTTP, Webhook та gRPC.

Результати дослідження. Платформа n8n базується на принципі візуального програмування, де кожен окремих вузол (node) відповідає за виконання конкретної функції, починаючи від тригера події і закінчуючи виконанням довільного JavaScript-коду.

Серед ключових переваг цього інструменту для розробки виділяється висока гнучкість розміщення, адже можливість запуску через Docker повністю нівелює залежність від конкретних хмарних провайдерів. Окрім цього, спеціалізований вузол "Function" дозволяє впроваджувати складну бізнес-логіку мовою JavaScript безпосередньо всередині візуального процесу, що гармонійно поєднується з ефективною підтримкою бінарних даних для роботи з файлами, зображеннями та документами в межах одного ланцюжка автоматизації.

Висока масштабованість системи досягається завдяки інтеграції черг на базі Redis, які забезпечують надійну обробку великої кількості паралельних запитів. У підсумку, використання n8n дозволяє розробникам повністю зосередитись на загальній архітектурі системи, делегуючи всі технічні аспекти передачі даних між сервісами цій автоматизованій платформі.

Висновки та перспективи. Впровадження n8n значно скорочує час на розробку інтеграційних рішень (Time-to-Market). Подальші дослідження можуть бути присвячені розробці власних кастомних вузлів (custom nodes) та впровадженню методологій CI/CD для версіонування автоматизованих сценаріїв.

Список використаних джерел:

1. Borg M. "Low-Code Development Platforms: A New Era of Software Engineering." Springer, 2021.
2. n8n Documentation. "Core nodes and workflow building blocks." [Electronic resource]. URL: <https://docs.n8n.io/>

*Пономаренко Віталій Віталійович, студент, ДУІКТ
Катков Юрій Ігорович, д.т.н, професор, ДУІКТ*

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ КЛАСИФІКАЦІЇ ДАНИХ РОЗУМНИХ ПРИСТРОЇВ У СИСТЕМАХ ТАРГЕТОВАНОЇ ВЗАЄМОДІЇ

У рамках розвитку сучасних інтелектуальних інформаційних технологій особливе місце посідає аналіз великих масивів даних (Big Data), що генеруються пристроями Інтернету речей (IoT) [1]. Швидке зростання обсягів інформації про поведінку користувачів потребує впровадження новітніх методів штучного інтелекту для її систематизації. Дослідження методів інтелектуального аналізу даних є критично важливим як для розвитку наукоємних систем прийняття

рішень, так і для підготовки фахівців у галузі «Комп'ютерних наук», що підкреслює науково-освітню значущість обраного напрямку.

Традиційні підходи до сегментації часто не враховують складний контекст використання IoT-пристроїв. Застосування інтелектуальних методів класифікації дозволяє не лише підвищити ефективність таргетованої реклами, а й створювати адаптивні інформаційні системи, здатні до самонавчання на основі реальних даних [2].

Аналіз сучасних інтелектуальних методів та підходів. Сучасні інтелектуальні технології класифікації базуються на парадигмах машинного та глибокого навчання. У наукових розробках ключовими є [3, 4, 5]:

- ансамблеві методи (Random Forest): забезпечують високу точність на неоднорідних даних;
- глибоке навчання (Deep Learning): дозволяє виявляти неявні закономірності у поведінкових паттернах;
- методи зниження розмірності: необхідні для попередньої обробки багатовимірних даних з сенсорів;

Основними перевагами цих технологій є автоматичне виявлення складних залежностей та висока швидкість адаптації. Проте, викликами залишаються висока обчислювальна складність та питання захисту персональних даних в інтелектуальних мережах.

Постановка задачі. Забезпечити проектування та програмну розробку інтелектуальної моделі класифікації користувачів, яка підлягає подальшій апробації шляхом експериментальних досліджень та верифікації її результативності з використанням стандартних метрик оцінки якості прогностичних моделей, на основі послідовної реалізації комплексу науково-практичних завдань, що охоплюють проведення критичного аналізу сучасних методів інтелектуальної сегментації, детальне вивчення структурних специфік даних, генерованих пристроями Інтернету речей (IoT), та наукове обґрунтування вибору найбільш ефективних алгоритмів машинного навчання.

Мета роботи. Підвищення ефективності таргетованої реклами за рахунок розробки інтелектуальної інформаційної технології класифікації користувачів на основі аналізу даних IoT-пристроїв для підвищення точності систем таргетованої взаємодії.

Результати дослідження. Для вирішення поставленого завдання щодо розробки ефективної інтелектуальної технології класифікації користувачів необхідно вирішити такі науково-практичні завдання [6, 7]:

- Провести порівняльний аналіз існуючих інтелектуальних методів сегментації та класифікації об'єктів у цифрових середовищах.
- Дослідити структурні особливості та специфіку обробки великих масивів даних (Big Data), що надходять від IoT-пристроїв.
- Обґрунтувати вибір оптимальних алгоритмів машинного навчання для автоматизації процесів ідентифікації користувачів.
- Проектувати та програмно реалізувати інтелектуальну модель класифікації на основі обраного математичного апарату.

– Здійснити апробацію розробленої системи шляхом проведення експериментальних досліджень на тестових наборах даних.

– Виконати кількісну та якісну оцінку результативності запропонованого інтелектуального підходу за допомогою валідаційних метрик (Accuracy, F1-score).

Запропонована інтелектуальна технологія базується на багаторівневій архітектурі обробки інформації:

1. Рівень збору та агрегації: отримання сирих даних з розумних гаджетів та сенсорів.

2. Рівень інтелектуальної предобробки: очищення даних та формування векторів ознак (feature engineering).

3. Рівень аналізу інформації: застосування комбінованих моделей (наприклад, поєднання кластеризації K-means для сегментації та Random Forest для фінальної класифікації).

4. Рівень верифікації: оцінка результатів за допомогою алгоритмів класифікації (крос-валідації, логістичної регресії, Random Forest, нейронних мереж, кластеризація для попередньої сегментації).

5. Рівень інтеграції — використання результатів у рекламних системах.

Для оцінки ефективності застосовуються такі метрики: Accuracy; Precision та Recall; F1-score.

Використання методів глибокого навчання дозволяє враховувати не лише статичні характеристики користувача, а й динаміку його поведінки в часі, що є характерним для сучасних інтелектуальних систем. Наукова новизна полягає у вдосконаленні процесу формування ознак (feature extraction) з неструктурованих даних IoT-пристроїв.

Висновки та перспективи. В ході роботи досліджено сучасні інтелектуальні інформаційні технології, що дозволяють ефективно класифікувати користувачів у цифровому середовищі. Впровадження таких методів у навчальний процес підготовки магістрів та бакалаврів сприяє поглибленню знань у сфері Data Science та штучного інтелекту. Практичне значення роботи полягає у можливості використання розробленої системи в реальних рекламних платформах для підвищення ефективності таргетингу.

Практична цінність полягає у створенні прототипу системи, що може бути інтегрована в сучасні цифрові платформи. Подальші дослідження будуть спрямовані на використання методів навчання з підкріпленням (Reinforcement Learning) та технологій Edge Computing для обробки даних безпосередньо на пристроях [8].

Список використаних джерел

1. Islam, T., Miron, A., Nandy, M. et al. (2024). Transforming digital marketing with generative AI. *Computers*, 13(1), 168. DOI: [10.3390/computers13070168](https://doi.org/10.3390/computers13070168)

2. Davtyan, N. (2026). From Deplorability to ROI Evaluability: Expert Perceptions of AI-Enabled Capabilities in Digital Marketing. *SBS Journal of Applied Business Research*. DOI: [10.70301/CONF.SBS-JABR.2024.1/1.5](https://doi.org/10.70301/CONF.SBS-JABR.2024.1/1.5)

3. Machine Learning in Targeted Advertising: Examining Its Role and Impacts (2024). *Journal of Interactive Educational Research (JIER)*. URL: <https://jier.org/index.php/journal/article/download/2175/1803/3826>

4. IoT-DIAD 2024: Datasets for Device Classification (2024). *Canadian Institute for Cybersecurity*. URL: <https://www.unb.ca/cic/datasets/iot-diad-2024.html>

Пономаренко Олександр Миколайович, студент, ДУІКТ
Шимко В'ячеслав Олександрович, студент, ДУІКТ

МІНІМАЛІСТИЧНІ НЕЙРОМЕРЕЖЕВІ АРХІТЕКТУРИ В ЗАДАЧАХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ МЕРЕЖЕВОГО ТРАФІКУ

Постановка задачі. У сучасних реаліях питання кібербезпеки виступає фундаментальним стовпом надійного функціонування будь-якого підприємства. Більшість традиційних систем захисту продовжують використовувати класичні детерміновані алгоритми пошуку відомих сигнатур. Найкритичнішим недоліком таких систем є їхня нездатність самостійно виявляти принципово нові аномалії або так звані «загрози нульового дня». Тому виникає нагальна потреба в розробці новітніх, адаптивних методів виявлення загроз за допомогою інтелектуальних систем.

Мета дослідження. Метою дослідження є побудова адаптивної системи виявлення загроз і нетипових аномалій у мережевому трафіку на основі передового нейромережевого підходу та інноваційної теорії штучних імунних систем.

Результати дослідження. Під час дослідження було використано спеціалізований еталонний набір даних мережевого трафіку CIC-IDS2017. Для підготовки масиву застосовано техніку зменшення розмірності типів даних, що дозволило оптимізувати споживання оперативної пам'яті та пришвидшити обчислення[1]. Було спроектовано та протестовано дві архітектури штучних нейронних мереж: багатошаровий перцептрон та згорткову нейронну мережу.

Встановлено, що мінімалістична архітектура MLP та полегшена CNN забезпечують оптимальний баланс, досягаючи загальної точності класифікації понад 98.5% при вкрай низьких витратах апаратних ресурсів. Водночас експерименти довели, що надмірне ускладнення моделей призводить до жорсткого перенавчання, коли нейромережа втрачає здатність узагальнювати нові загрози в реальних умовах[2].

Висновки та перспективи. Застосування компактних, оптимізованих нейромережевих архітектур дозволяє ефективно ідентифікувати мережеві аномалії без перевантаження цільової інфраструктури.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробці архітектурних ансамблів з вузькоспеціалізованих бінарних моделей та глибшій інтеграції принципів штучних імунних систем для забезпечення безперервного самонавчання системи безпеки.

Список використаних джерел:

1. Sharafaldin, I., Lashkari, A. H., & Ghorbani, A. A. "Toward Generating a New Intrusion Detection Dataset and Intrusion Traffic Characterization". 4th International Conference on Information Systems Security and Privacy (ICISSP), 2018.
2. Matzinger, P. "The Danger Model: A Renewed Sense of Self". Science, 296(5566), 2002: 301-305.

*Прокоф'єв Данііл Андрійович, студент ДУІКТ
Поперешняк Світлана Володимирівна, к.т.н., доцент
Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського*

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМИ ОБРОБКИ ВІДЕО В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ

Постановка задачі. Сьогодні системи відеоспостереження вже давно не обмежуються простим записом і зберіганням відео. Все частіше виникає потреба працювати з потоком у реальному часі: переглядати відео, оперативно реагувати на події або передавати його іншим сервісам [4]. На практиці це означає роботу з RTSP-потоками, які не завжди поведуться стабільно. Можуть виникати затримки, обриви з'єднання або нерівномірна передача даних [2].

Окремою проблемою є навантаження на систему. Навіть кілька камер здатні суттєво вплинути на продуктивність, особливо якщо відео потрібно обробляти чи перекодувати [1]. До того ж такі системи зазвичай інтегруються з іншими сервісами, що додатково ускладнює їхню архітектуру [3].

Мета дослідження. Метою цієї роботи є пояснити підхід до створення системи, яка може надійно працювати з відеопотоками в реальному часі. Особливу увагу приділено тому, як поєднати всі компоненти між собою, зменшити затримки під час обробки та забезпечити можливість подальшого масштабування системи [3].

Результати дослідження. Запропонований підхід передбачає побудову системи з кількох окремих компонентів, кожен із яких виконує свою функцію. Це дозволяє уникнути перевантаження одного сервісу та спрощує подальший розвиток системи [3].

Серверна частина реалізована на Java із використанням Spring Boot і відповідає за керування потоками та запуск процесів обробки [3]. Фактично вона координує роботу всієї системи.

Для отримання відео використовується openRTSP. Він забезпечує підключення до джерел відео та передачу потоку далі. Це рішення однаково добре працює як із живими трансляціями, так і з архівними записами[2]. Обробка відео здійснюється за допомогою FFmpeg. Він дозволяє змінювати параметри відео, виконувати перекодування та передавати потік іншим сервісам. У реальних умовах це дає змогу адаптувати відео під різні потреби[1].

Оскільки обробка запускається у вигляді окремих процесів, систему легко масштабувати. При зростанні кількості камер або навантаження достатньо

додати нові процеси без зміни загальної логіки[3]. Для взаємодії між компонентами використовується асинхронний підхід, що дозволяє уникнути блокувань і забезпечує більш стабільну роботу системи.

Висновки та перспективи. Отримані результати свідчать, що добре продумана архітектура дає змогу ефективно працювати з відеопотоками навіть без застосування складних алгоритмів. Чіткий розподіл функцій між компонентами робить систему більш гнучкою та зручною для подальшого вдосконалення [4].

Надалі систему можна розвивати, додавши підтримку апаратного прискорення або розгорнувши її у хмарному середовищі. Перспективним напрямом також є впровадження аналітичних модулів для обробки відеоданих.

Список використаних джерел

1. FFmpeg Developers. *FFmpeg Documentation*.
<https://ffmpeg.org/documentation.html>
2. LIVE555.com. *LIVE555 Streaming Media (openRTSP)*.
<http://www.live555.com/openRTSP/>
3. VMware, Inc. *Spring Boot Reference Documentation*.
<https://docs.spring.io/spring-boot/docs/current/reference/html/>
4. Schulzrinne H., Rao A., Lanphier R. *Real Time Streaming Protocol (RTSP)*.
<https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc2326>

Prokipchyn Stepan, PhD Student,
State University of Information and Communication Technologies
Ishcheryakov Serhiy Mykhailovych, Supervisor
State University of Information and Communication Technologies

MULTI-AGENT SYSTEMS IN INSTRUCTIONAL DESIGN: OPTIMIZING SYLLABI BASED ON SEMANTIC ANALYSIS OF EMPLOYER REQUIREMENTS

Problem Statement. The modern labor market is rapidly transitioning toward a Skills-Based Organization model, prioritizing dynamic skill sets over static job titles [1]. In the IT sector, this shift is compounded by "title inflation" – such as the dilution of the "Senior Software Engineer" role – which creates a significant mismatch between academic preparation and industry demands. As a result, higher education institutions struggle to update curricula fast enough, producing graduates whose competencies often fail to align with actual market needs.

Traditional approaches to updating syllabuses are time-consuming. While Large Language Models (LLMs) offer automation, single-agent models often lack deep pedagogical theory and suffer from a "prompting gap", as educators struggle to encode complex instructional nuances into their requests. To overcome this, there is a critical need to transition to Multi-Agent Systems (MAS) that distribute decision-making, embed advanced instructional design frameworks, and autonomously align educational content with real-world market needs.

Research Objectives. The objective of this research is to address the competency gap between higher education and the IT labor market by aligning syllabuses with employer requirements. Specifically, this study aims to implement a universal ETL (Extract, Transform, Load) data pipeline integrated with a specialized Multi-Agent System (MAS). The goal is to ingest existing university syllabuses alongside relevant job vacancies from the platform djinni (<https://djinni.co>). By processing this data through a collaborative MAS grounded in instructional design frameworks like ADDIE (Analyze, Design, Develop, Implement, Evaluate), the system conducts a semantic gap analysis to generate suggestions on how highly demanded competencies can be integrated into syllabuses to improve student employability. [2]

Results. To achieve the research objectives, a two-layered model was developed, consisting of two main components: a data processing pipeline and a multi-agent analytical engine.

1. Development of the Universal ETL Pipeline. An ETL pipeline was implemented that ingests unstructured job descriptions from djinni.co. The system uses a tri-fold storage architecture: raw vacancy descriptions stored as text for full context preservation; embeddings in a vector database for Retrieval-Augmented Generation (RAG) and deep semantic matching; and a structured list of normalized competencies for efficient demand calculation.

2. Multi-Agent System Architecture. Once data is structured by the ETL pipeline, it is processed by a MAS that simulates a professional curriculum design committee with three specialized agents: a Market Analyst (identifies trending competencies and their relevance to a course profile); an Instructional Designer (compares competencies against the existing syllabus using semantic similarity to find "blind spots" – skills demanded by employers but absent from the course); and Evaluator/Optimizer Agents (working in adversarial collaboration to generate targeted syllabus improvement suggestions). [3]

3. Generation of Syllabus Optimization Suggestions. The MAS generates context-aware recommendations rather than a list of missing keywords. For example, if high demand for "Docker and CI/CD" is detected in vacancies but is absent from a Software Engineering syllabus, the system will suggest: updating specific Intended Learning Outcomes (ILOs) to reflect these skills; adding a new lecture module or lab assignment focused on deployment automation; and aligning new tasks with appropriate assessment methods.

Conclusions and Future Research. By correlating real-world vacancy data from djinni.co with academic syllabuses, the developed solution mitigates the disconnect between higher education and the rapidly shifting IT labor market. Embedding instructional design principles directly into AI systems transforms them into valuable pedagogical partners – reducing administrative burden on faculty while ensuring syllabus updates maintain structural integrity, pedagogical alignment, and practical relevance. Future research directions include scaling the ETL pipeline to a wider variety of global job boards and expanding the MAS to generate personalized learning pathways, dynamic assessments, and adaptive tutoring materials tailored to individual students.

List of sources used

1. Cantrell S. et al. The skills-based organization: A new operating model for work and the workforce. Deloitte Insights, 2022. URL: <https://www.deloitte.com/us/en/insights/topics/talent/organizational-skill-based-hiring.html> [accessed on 10.05.2026]
2. Namahoot C. S., Namahoot K. S., Nuntawong C., Sukma N. ONTO-ALIGN: An ontology-based framework for evaluating curriculum alignment with educational standards in computer science. Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge, and Management. 2025. Vol. 20. Article 21. <https://doi.org/10.28945/5600>
3. Yao H., Xu W., Turnau J., Kellam N., Wei H. Instructional Agents: Reducing Teaching Faculty Workload through Multi-Agent Instructional Design. Proceedings of EACL 2026. 2026. P. 4087–4109. <https://doi.org/10.18653/v1/2026.eacl-long.191>

*Снітка Назар Валентинович, студент ДУІКТ
Катков Юрій Ігорович, д.т.н., професор ДУІКТ*

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ДАНИХ У LARAVEL

Використання Laravel для інтелектуального аналізу даних є актуальним завданням, що дозволяє перетворити звичайні веб-застосунки на потужні аналітичні інструменти. Поєднання можливостей PHP-фреймворку з AI-сервісами забезпечує ефективну обробку великих масивів інформації. Це відкриває нові перспективи для автоматизації бізнес-процесів та прогнозування попиту в сучасних CRM та ERP системах.

Постановка задачі. Сучасні веб-застосунки накопичують значні обсяги даних про користувачів, замовлення, звернення, пошукові запити, перегляди сторінок, оплату, залишки товарів та інші події. У CRM- і ERP-системах така інформація може використовуватися не лише для збереження історії операцій, а й для виявлення прихованих закономірностей: зміни попиту, повторюваних дій клієнтів, проблемних етапів обробки заявок, популярних категорій або нетипової поведінки користувачів. Проблема полягає в тому, що звичайне групування і фільтрація даних не завжди дозволяють отримати повну картину процесів. Для цього доцільно поєднувати засоби Laravel для роботи з базами даних із методами інтелектуального аналізу даних та інтеграцією сервісів штучного інтелекту.

Мета дослідження. Метою дослідження є опис підходів до реалізації інтелектуального аналізу даних у Laravel-застосунках. Для досягнення мети розглянуто використання Eloquent ORM, Query Builder, повнотекстового пошуку, черг, планувальника завдань, аналітичних панелей та AI/ML-сервісів. Особлива увага приділяється тому, як веб-застосунок може збирати дані з різних модулів, передавати їх до моделей штучного інтелекту та повертати результати у вигляді висновків, рекомендацій або попереджень.

Результати дослідження. Laravel може виступати основою для побудови системи, у якій дані проходять кілька етапів: збирання, структурування, очищення, аналіз та відображення результатів. На першому етапі інформація

надходить із форм, особистих кабінетів, адміністративних модулів, API-запитів або імпортованих файлів. Моделі Eloquent дозволяють описати основні сутності системи: користувачів, замовлення, товари, категорії, заявки, платежі, повідомлення та події. Зв'язки між моделями спрощують отримання пов'язаних даних, наприклад історії дій клієнта, кількості звернень за категорією або частоти перегляду певних товарів [2].

Для первинної підготовки даних можуть застосовуватися Query Builder та повнотекстові запити. За допомогою агрегування, групування і фільтрації можна визначати кількість замовлень за період, середній чек, активність користувачів, частку завершених заявок або популярність окремих розділів. Повнотекстовий пошук дає змогу аналізувати текстові поля: назви товарів, коментарі, звернення до підтримки, пошукові фрази та описи проблем. Це важливо для подальшої класифікації тексту, визначення намірів користувачів і пошуку повторюваних тем у великих наборах повідомлень [3].

Інтелектуальний аналіз даних у Laravel може бути реалізований через інтеграцію із сервісами штучного інтелекту. Laravel AI SDK надає єдиний підхід до взаємодії з різними AI-провайдерами, зокрема для генерації структурованих відповідей, створення векторних представлень тексту, роботи з інтелектуальними агентами та використання зовнішніх моделей [1]. У практичному застосуванні це дозволяє класифікувати звернення клієнтів за темами, визначати тональність відгуків, формувати короткі підсумки звітів, знаходити схожі товари або заявки, а також створювати рекомендації на основі поведінки користувачів.

Наприклад, CRM-система може автоматично аналізувати текст звернення клієнта і визначати його тип: технічна проблема, питання щодо оплати, запит на повернення або консультація. ERP-система може виявляти товари з підвищеним попитом, прогнозувати потребу в поповненні складу або знаходити нетипові зміни у продажах. Laravel у такому випадку збирає дані, перевіряє їх, передає до AI-сервісу через API та зберігає отриманий результат.

Важливим елементом є фонове опрацювання великих обсягів інформації. Черги Laravel дозволяють виконувати тривалі завдання окремо від основного запиту користувача: індексацію даних, надсилання інформації до AI API, обробку відповідей, перерахунок статистики або оновлення рекомендацій [4]. Планувальник завдань може запускати щоденний аналіз продажів, формування звітів, перевірку аномалій, оновлення векторних індексів або підготовку даних для навчання моделей. Такий підхід зменшує навантаження на користувацький інтерфейс і дає змогу виконувати аналітичні операції регулярно.

Етапи реалізації включали аналіз потреб бізнесу в аналітиці, проєктування структури бази даних та архітектури зв'язків Eloquent. Далі здійснювалася розробка модулів збору даних, інтеграція з AI-сервісами та налаштування черг для фонові обробки. Завершальними кроками стали тестування точності аналізу та підготовка звітної документації. Результати аналізу можуть відображатися в адміністративній панелі у вигляді таблиць, графіків, повідомлень і рекомендацій. Система може показувати товари зі зростанням попиту, клієнтів із високою

ймовірністю повторної покупки або заявки, що потребують термінового розгляду.

Висновки та перспективи. Laravel має достатній набір засобів для створення веб-застосунків, у яких дані не лише зберігаються, а й використовуються для інтелектуального аналізу. Eloquent ORM, Query Builder, повнотекстовий пошук, черги, планувальник завдань та інтеграція з AI/ML-сервісами дозволяють виявляти закономірності, класифікувати текстові дані, формувати рекомендації та автоматично створювати аналітичні висновки. Перспективним є поєднання Laravel із векторними базами даних, локальними мовними моделями, сервісами прогнозування та аналітичними панелями реального часу.

Список використаних джерел:

1. Laravel AI SDK // [Електронний ресурс]: <https://laravel.com/docs/13.x/ai-sdk>, Дата звернення: 28.04.2026
2. Laravel Eloquent ORM // [Електронний ресурс]: <https://laravel.com/docs/13.x/eloquent>, Дата звернення: 28.04.2026
3. Laravel Query Builder. Full Text Where Clauses // [Електронний ресурс]: <https://laravel.com/docs/13.x/queries>, Дата звернення: 28.04.2026
4. Laravel Queues // [Електронний ресурс]: <https://laravel.com/docs/13.x/queues>, Дата звернення: 28.04.2026

*Сягровський Павло Дмитрович, студент ДУІКТ
Читулян Вадим Олегович, старший викладач ДУІКТ*

ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЯ ОБРОБКИ СЕРВІСНИХ ЗАМОВЛЕНЬ У ВЕБ-ПЛАТФОРМІ AUTOASSIST+

Постановка задачі. У сфері сервісних послуг зростає потреба у цифрових платформах, які дають змогу швидко приймати заявки, визначати вартість робіт, підбирати найближчого виконавця та контролювати оплату в межах одного процесу. Наявні CRM-рішення підтримують облік клієнтів і статусів, але не поєднують геолокаційний підбір сервісних центрів, автоматизовану калькуляцію та перевірювану Web3-оплату в єдиному середовищі [1; 3].

Мета дослідження. Метою дослідження є обґрунтування підходів до створення веб-платформи AutoAssist+, яка забезпечує інтелектуалізацію обробки сервісних замовлень за рахунок геолокаційного підбору сервісних центрів, автоматизованої калькуляції вартості та верифікації Web3-платежів.

Результати дослідження. У межах дослідження розглянуто веб-платформу AutoAssist+, що реалізує повний цикл роботи із сервісним замовленням: створення заявки, формування оцінки вартості, фіксацію суми перед оплатою, перевірку платежу та генерацію підтвердних документів. Клієнтська частина системи побудована на React і TypeScript, серверна логіка — на Node.js, Express та Prisma, а для зберігання даних і файлів використано PostgreSQL та MinIO [2; 4].

Одним із ключових елементів платформи є геолокаційний модуль. Після створення заявки система визначає координати місця події та формує перелік доступних сервісних центрів у межах заданого радіуса. Для роботи з картографічним інтерфейсом і просторовими даними використовується бібліотека Leaflet [2]. На рис. 10 подано основні етапи проходження сервісного замовлення в системі.



Рис. 10. Основні етапи обробки сервісного замовлення в платформі AutoAssist+

Інтелектуалізація процесу проявляється не через класичні алгоритми машинного навчання, а через автоматизоване прийняття рішень у межах бізнес-логіки системи. До таких рішень належать вибір сервісного центру за координатами, визначення вартості на основі профілю калькуляції, фіксація суми перед оплатою та перевірка транзакції за набором контрольних параметрів. Основні функції платформи подано в табл. 2.

Таблиця 2 Основні функції платформи AutoAssist+

<i>Компонент</i>	<i>Функція</i>	<i>Результат</i>
Геомодуль	Відбір центрів у межах радіуса	Скорочення часу реагування
Модуль оцінки	Автокалькуляція та фіксація суми	Зменшення спорів щодо вартості
Web3-модуль	Перевірка txHash та підтверджень	Прозорість платіжного етапу

Після отримання txHash серверна частина перевіряє мережу, адресу одержувача, суму та кількість підтверджень у блокчейн-мережі, що забезпечує прозорість фінансової взаємодії [1]. Запропонований підхід дозволяє поєднати керування сервісними заявками, геолокаційний пошук, документообіг і Web3-верифікацію платежів у межах однієї інформаційної системи.

Висновки та перспективи. Поєднання веб-технологій, геолокаційних сервісів і Web3-інструментів дає змогу створити сучасну платформу для автоматизації сервісних процесів. Запропонована платформа AutoAssist+ підвищує прозорість платежів, спрощує обробку заявок і покращує вибір виконавця за просторовими параметрами. Подальші перспективи розвитку

пов'язані з удосконаленням механізмів ранжування сервісних центрів і розширенням аналітичних функцій.

Список використаних джерел:

1. Ethers.js. Documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://docs.ethers.org/>.
2. Leaflet. Leaflet documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://leafletjs.com/reference.html>.
3. Prisma ORM Documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.prisma.io/docs/>
4. React Documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://react.dev/>

*Тітенко Демид Дмитрович, студент ДУІКТ
Тітенко Наталія Володимирівна, ад'юнкт ІСК НАОУ
Вишинівський Віктор Вікторович, д.т.н., професор ДУІКТ*

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНОГО СТАНУ БОЙОВИХ МЕДИКІВ

Постановка задачі. В умовах безпосереднього контакту з противником, дефіциту часу та високого рівня невизначеності медичний персонал першого ешелону виконує завдання під впливом страху, особливо під час першого бою. Це обумовлює критичне значення розвитку саме психологічної резистентності як здатності зберігати ефективність професійних дій, емоційну стабільність та когнітивний контроль безпосередньо в момент дії стресора. Існуючі підходи до оцінювання резистентності мають обмежену об'єктивність. Крім того, збір психофізіологічних показників в імерсивному середовищі генерує масиви “сирих” різномірних даних, що зумовлює необхідність застосування методів інтелектуального аналізу та розробки надійних програмних архітектур для їх безпечної інтеграції та інтерпретації різномірних показників психічних станів у динаміці [1].

Мета дослідження. Розробити архітектуру програмного забезпечення та застосувати підходи інтелектуального аналізу та оцінювання психологічної резистентності бойових медиків першого ешелону на основі інтелектуального аналізу інтегрованих психофізіологічних, психологічних і поведінкових даних з використанням імерсивних технологій.

Результати дослідження. Сформовано комплексну модель даних, що поєднує декілька рівнів інформації:

- фізіологічні індикатори функціонального стану (варіабельність серцевого ритму, частота серцевих скорочень, показники автономного балансу), які відображають ступінь напруження регуляторних систем [2];
- психологічні характеристики (тривожність, інтенсивність страху, когнітивне навантаження), що визначають внутрішню регуляцію поведінки;

- параметри діяльності (час, точність та послідовність виконання алгоритмів тактичної медицини відповідно до стандартів ТССС);
- поведінкові та психофізіологічні реакції, зафіксовані в імерсивних середовищах.

Імерсивні технології (VR/AR/MR) застосовуються як інструмент створення контрольованих сценаріїв бойової обстановки, що дозволяє відтворювати стресові впливи з регульованою інтенсивністю та фіксувати реакції в умовах, наближених до реальних. Це забезпечує підвищення екологічної валідності дослідження та дає можливість стандартизованого порівняння результатів між досліджуваними [3]

Технологічна реалізація системи проєктується на базі мови програмування Java 21 з використанням екосистеми Spring Boot [4] у рамках модульної монолітної архітектури. Таке рішення забезпечує високий рівень інкапсуляції та мінімізує ризики витоку чутливих медичних даних. Створено автоматизований пайплайн збору та обробки даних (ETL-процес) який включає:

- безпечну інтеграцію та отримання первинних даних у форматі JSON (зокрема, результатів відповідей Google Forms) через Google Cloud Service Account виключно з правами на читання (read-only);
- нормалізацію потоків даних, десеріалізацію JSON-об'єктів, їх мапінг у безпечні об'єкти передачі даних (DTO) та збереження у реляційній базі PostgreSQL із дотриманням принципів транзакційної цілісності.

Захист ендпоінтів та суворе розмежування ролей реалізується за допомогою засобів Spring Security [4]. Обробка масивів даних здійснюється із застосуванням методів інтелектуального аналізу кластеризації для виявлення типологічних груп реагування на стрес та класифікаційних алгоритмів для віднесення бойових медиків до певного рівня резистентності на основі багатовимірною профілю.

Висновки та перспективи. Запропонований підхід дозволяє перейти від фрагментарного оцінювання психічних станів до їх комплексного аналізу на основі об'єктивних психофізіологічних і поведінкових даних. Інтеграція імерсивних технологій із розробленою бекенд-архітектурою створює можливість не лише оперативно оцінювати рівень психологічної резистентності, а й прогнозувати його зміну в умовах бойової діяльності.

Подальший розвиток дослідження пов'язаний із валідацією моделей у реальних умовах застосування, розширенням спектра біосенсорних технологій, удосконаленням механізмів багатофакторної автентифікації для підвищення захисту системи та розвитком функціоналу генеративних моделей штучного інтелекту. З метою підтримки прийняття рішень командиром у систему закладено потенціал інтеграції з великими мовними моделями (LLM) через інструменти автоматизації (n8n) або модуль Spring AI. Це дозволить генерувати автоматизовані персоналізовані рекомендації та аналітичні зведення щодо функціонального стану кожного бойового медика.

Список використаних джерел

1. Hastie Trevor T., Tibshirani R., Friedman J. *The Elements of Statistical Learning*. Springer, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-0-387-84858-7>

2. Shaffer Fred F., Ginsberg J. P. An Overview of Heart Rate Variability Metrics // *Frontiers in Public Health*. 2017. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2017.00258>
3. Parsons Thomas T. D. Virtual Reality for Enhanced Ecological Validity // *Frontiers in Psychology*, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00354>
4. Walls C. *Spring in Action*, 6th Edition. Manning Publications, 2022. 520 p.

*Тернавський Максим Віталійович, студент, ДУІКТ
Шевченко Анатолій Іванович, д.т.н., професор, ДУІКТ*

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ФІЛЬТРАЦІЇ СПАМ-КОНТЕНТУ У ВЕБ-РЕСУРСАХ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

Система фільтрації спам-контенту – це програмний комплекс у вигляді вебсервісу для автоматичного виявлення та блокування небажаної інформації, рекламних повідомлень і деструктивного контенту у відгуках. Завдяки машинному навчанню (NLP) та словниковим фільтрам реалізовано ефективний гібридний інструмент автоматизованої модерації текстових даних у реальному часі.

Постановка задачі: Стрімке зростання обсягів цифрового контенту у вебпросторі призводить до масштабного поширення спаму, фішингу та нецензурних виразів. Забруднення користувацьких відгуків істотно знижує якість інформаційного середовища та створює ризики для безпеки. Традиційні підходи (rule-based системи) генерують значну кількість хибнопозитивних спрацювань і не здатні адаптуватися до нових спам-технологій. Тому актуальною є розробка інтелектуальної системи, спроможної виявляти приховані закономірності у текстах та динамічно здійснювати фільтрацію без суттєвих затримок часу.

Мета дослідження: Розробити інтелектуальну систему фільтрації спам-контенту у веб-ресурсах на основі методів машинного навчання, що забезпечує автоматичне виявлення та блокування шкідливого контенту, мінімізуючи навантаження на модераторів та оптимізуючи швидкість обробки.

Результати дослідження: Спроектовано та програмно реалізовано комплексну дворівневу архітектуру системи модерації. Процес обробки включає: препроцесинг (нормалізація, видалення стоп-слів, стемінг за алгоритмом Портера) та числову векторизацію (TF-IDF). Далі в роботу вступає гібридна архітектура, де поєднуються два рівні контролю: статистичний рівень на базі машинного навчання та етичний рівень словникової перевірки.

На першому рівні модель лінійної логістичної регресії (Logistic Regression) здійснює аналіз числових векторів TF-IDF та обчислює ймовірність спаму за допомогою сігмоїди. На другому рівні швидкісний фільтр (Profanity Filter) виконує миттєву перевірку тексту на нецензурну лексику за базою profanity_en.

Програмна реалізація (рис. 11) виконана мовою Python з використанням фреймворку Flask та бази SQLite для логування результатів. Користувацький

інтерфейс забезпечує наочну демонстрацію рішень алгоритмом, показуючи статус повідомлення («Заблоковано» / «Схвалено») та розраховану ймовірність.

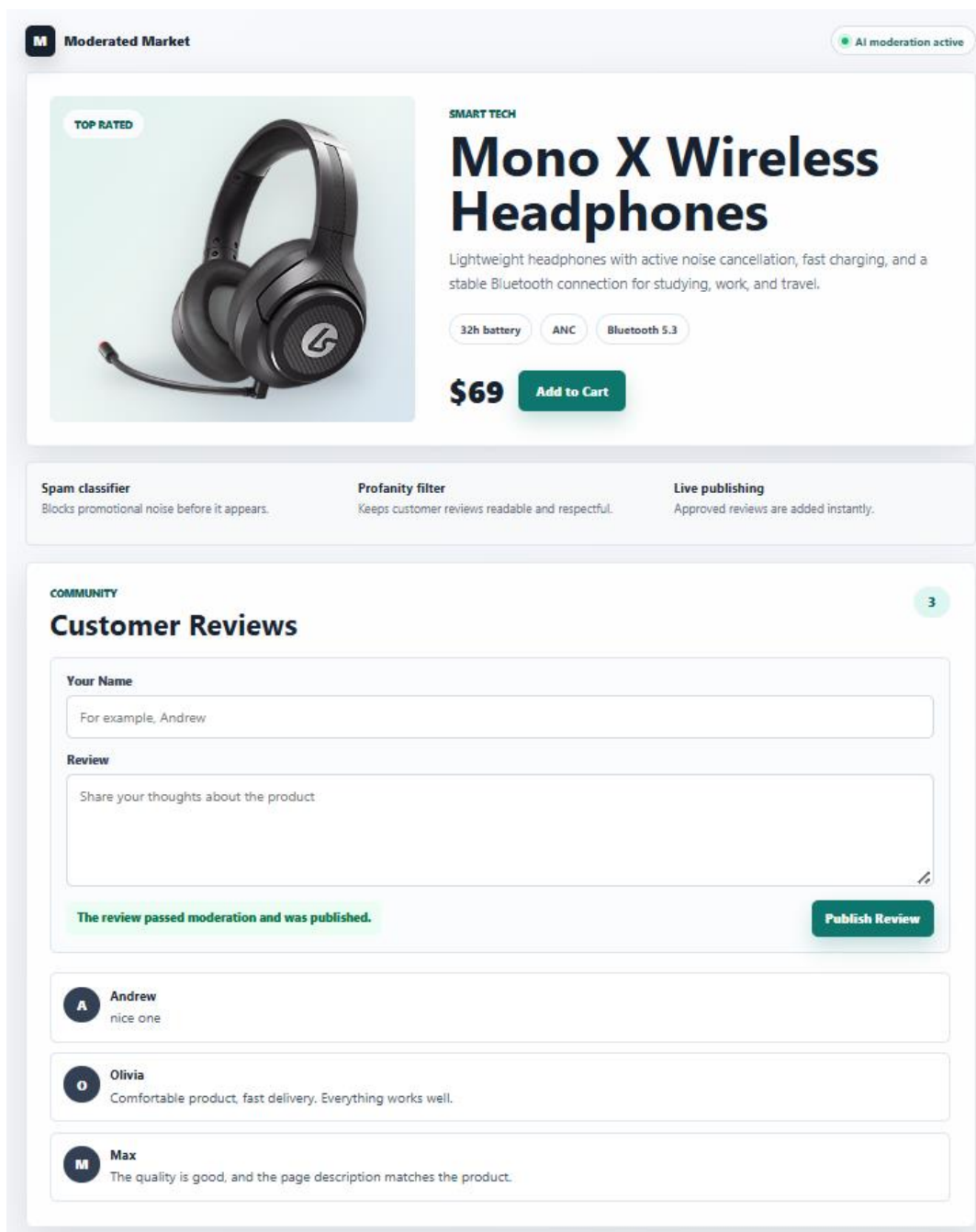


Рис. 11 Візуальна складова користувацького інтерфейсу проекту

Експериментальна оцінка на верифікованому датасеті SMS Spam Collection (понад 5500 повідомлень) підтвердила високу ефективність. Результати: точність (Accuracy) — 98.4%, точність прогнозу (Precision) — 95.4%, повнота (Recall) — 92.5%, F1-Score — 93.9%, ROC-AUC — 99.6%. Середній час обробки одного запиту через REST API становить всього 52 мілісекунди, що повністю задовольняє вимоги веб-сервісів реального часу.

Аналіз також виявив певні експлуатаційні обмеження. Зниження точності спостерігається у випадках навмисних орфографічних помилок або при обробці дуже коротких повідомлень (1-3 слова), де обчислена вага TF-IDF не дозволяє

моделі накопичити достатню кількість ознак. Проте другий етичний рівень нівелює пропуск токсичного контенту.

Висновки та перспективи. Розроблена система довела свою високу практичну ефективність. Гібридний підхід успішно вирішує задачі автоматичного відсікання масових розсилок та контролю етичності з затримкою лише 52 мс. Це відкриває можливість для її інтеграції у форуми та інтернет-магазини. Перспективи подальших досліджень полягають у розширенні мовної підтримки, застосуванні алгоритмів метрики Левенштейна та дослідженні можливостей оптимізації важких моделей (Transformer/BERT) для роботи в умовах обмежених серверних ресурсів.

Список використаних джерел

1. Balyk O., et al. Text Classification for Spam Filtering Using Logistic Regression. Proceedings of the 2022 IEEE International Conference on Data Science. 2022. P. 45–50.

2. Wang Y., et al. SMS Spam Detection Using Machine Learning and TF-IDF Feature Extraction. International Journal of Advanced Computer Science and Applications. 2023. Vol. 14, No. 2. P. 34–41.

3. Боднарчук І. О. Інтелектуальний аналіз текстових даних у веб-ресурсах: дис. д-ра філос. (PhD) : 122 «Комп'ютерні науки». Львів : НУ «Львівська політехніка», 2023. 185 с.

4. Литвин В. В., Пасічник В. В. Застосування алгоритмів машинного навчання для класифікації спам-контенту. Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія: Інформаційні системи та мережі. 2022. Вип. 11. С. 45–54.

*Чернов Назар Вадимович, студент ДУІКТ
Кравчук Петро Олександрович, д.ф. (PhD), доцент ДУІКТ*

ВПРОВАДЖЕННЯ ТА ІНФРАСТРУКТУРНА ПІДТРИМКА ВЕКТОРНОГО ПОШУКУ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОННОЇ КОМЕРЦІЇ

Постановка задачі. Сучасні системи електронної комерції стикаються з проблемою низької релевантності пошуку при використанні традиційних лексичних алгоритмів. Клієнти часто формулюють запити простою мовою, використовують синоніми або іноземні слова, що призводить до нульових результатів пошуку. Вирішення цієї проблеми лежить у площині впровадження інтелектуальних систем векторного пошуку. Однак інтеграція таких технологій створює нові виклики для системного адміністрування: розгортання моделей машинного навчання та векторних баз даних вимагає надійної хмарної інфраструктури, ефективного управління мережевими структурами та автоматизації процесів налаштування віртуальних середовищ.

Мета дослідження. Розробити архітектурне рішення для інтеграції векторного пошуку в інтернет-магазин із забезпеченням крос-мовного семантичного аналізу, а також оптимізувати процес його інфраструктурного

розгортання за допомогою сучасних хмарних сервісів та засобів автоматизації системного адміністрування.

Результати дослідження. Традиційний підхід до пошуку вимагає від користувача точного знання термінології. Векторний пошук натомість використовує нейромережеві трансформери для перетворення текстових описів товарів та запитів користувачів у багатовимірні числові вектори (ембеддинги). Це дозволяє системі обчислювати семантичну близькість (наприклад, за допомогою косинусної подібності) і знаходити товари навіть за нечіткими описами, незалежно від мови запиту [1, с. 112–115].

З точки зору системного адміністрування та підтримки ІТ-інфраструктури, обробка таких багатовимірних масивів даних у реальному часі є ресурсомістким завданням. Для забезпечення високої швидкості відгуку інтернет-магазину розроблено архітектуру, що базується на використанні хмарних обчислень. У процесі практичної реалізації було спроектовано інфраструктуру розгортання векторної бази даних з використанням віртуальних машин. Управління конфігураціями та автоматизація створення обчислювальних ресурсів здійснюється за допомогою скриптів автоматизації (зокрема, інструментарію оболонки для розгортання віртуальних машин у хмарних середовищах) [2, с. 89].

Особлива увага приділяється налаштуванню конфігураційних файлів сервісів (визначення ролей, мережевої топології) та формуванню пакетів розгортання. Правильно налаштовані мережеві структури забезпечують цілісність та надійність з'єднань між веб-сервером і сервером векторної бази даних [3, с. 45]. Це дозволяє не лише гарантувати стабільність роботи інтернет-магазину під час пікових навантажень, але й забезпечує здатність системи до самоорганізації та швидкої конвергенції у складних високонавантажених умовах.

Висновки та перспективи. Поєднання технологій штучного інтелекту з ефективними практиками системного адміністрування створює потужний фундамент для розвитку електронної комерції. Векторний пошук кардинально покращує клієнтський досвід, а автоматизоване розгортання хмарної інфраструктури забезпечує масштабованість та відмовостійкість. У подальших дослідженнях планується розглянути питання оптимізації хмарних сервісів та скриптування процесів резервного копіювання векторних індексів.

Список використаних джерел

1. Романюк О. В. Векторні представлення слів для української мови (основи векторного пошуку та косинусної подібності). *Вісник Львівського університету*. URL: <https://publications.lnu.edu.ua/journals/index.php/uamoderna/article/download/1062/1060> (дата звернення: 07.05.2026).

2. Камишин І. П. Інтелектуальний аналіз даних (методи Data Mining та виявлення прихованих закономірностей). *Львівська політехніка*. 2017. URL: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2017/nov/6688/1049-58.pdf> (дата звернення: 07.05.2026).

3. Хмарні технології та інфраструктура: архітектура, IaaS та розгортання віртуальних середовищ : навч. матеріал / Інститут післядипломної педагогічної

*Янків Назарій Мирославович, студент КНУ імені Тараса Шевченка
Ткаченко Ольга Миколаївна, професор КНУ імені Тараса Шевченка*

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ПРОГРАМНА СИСТЕМА ПРЕДИКТИВНОГО МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ВБУДОВАНИХ ПРИСТРОЇВ

Постановка задачі. Кількість вбудованих пристроїв у виробничих і критичних системах невинно зростає — і разом з тим загострюється питання: як своєчасно дізнатися, що щось іде не так? Класичний підхід — виставити пороги: CPU понад 90%, температура вище 80°C — і чекати тривоги. Проблема в тому, що для одного пристрою 70% завантаження є нормою, а для іншого — вже тривожний сигнал. Крім того, реальні відмови рідко виглядають як різкий стрибок однієї метрики. Набагато частіше це повільний витік пам'яті впродовж кількох тижнів або поступовий перегрів через забитий кулер — коли жоден окремих показник не перетинає порогу, але їх сукупність вже давно виходить за межі норми. Збирати ж навчальні приклади реальних аварій на практиці майже неможливо — такі події трапляються нечасто, і до того ж по-різному на кожному конкретному обладнанні.

Мета дослідження. Створення системи, яка сама вивчає, як поводить себе конкретний пристрій в нормальних умовах, і здатна помітити, коли щось починає йти не так — ще до того, як це призведе до відмови. При цьому принципово важливо, щоб система не потребувала жодних попередньо розмічених прикладів несправностей: вона повинна навчатися виключно на тому, що вважається нормою, і самостійно визначати межі допустимих відхилень.

Результати дослідження. Розроблена система реалізована як чотирикомпонентна REST-архітектура: Python-агент збору 9 метрик телеметрії (psutil); серверний модуль Django REST API; ML-модуль виявлення аномалій; React-дашборд реального часу.

Як основний алгоритм детекції обрано Isolation Forest. Ідея методу по-своєму проста: якщо будувати випадкові дерева розбиттів у просторі ознак, аномальні точки потрапляють у відокремлені гілки вже після кількох кроків — вони стоять осторонь від основних скупчень даних.

Нормальні спостереження занурюються глибше в структуру випадкових дерев, оскільки їх важче відокремити від сусідніх елементів розподілу. Кількісно цей процес виражається через розрахунок показника аномальності (anomaly score), який визначається за формулою:

$$s(x, n) = 2^{-\frac{E[h(x)]}{c(n)}} \quad (7)$$

де, $h(x)$ є усередненою по ансамблю глибиною ізоляції досліджуваної точки x , $c(n)$ виступає як коефіцієнт вибірки обсягу n . Головна практична перевага такого підходу полягає в його обчислювальній складності, яка

становить $O(n \cdot t \cdot \log(n))$. Порівняно з алгоритмом Local Outlier Factor, що має квадратичну складність $O(n^2)$, запропоноване рішення дозволило скоротити час навчання моделі орієнтовно у 12 разів на реальних наборах даних.

Наукову новизну проведеного дослідження становлять запропоновані методи. Першим із них є принцип адаптивної моделі норми, відповідно до якого кожному запису телеметрії після процедури оцінювання присвоюється атрибут логічного стану is_{scored} , а в разі фіксації відхилення — маркер $is_{anomaly}$. Подальше перенавчання моделі здійснюється виключно на масивах даних із маркером $is_{anomaly} = False$, що повністю унеможливорює «забруднення» навчальної вибірки раніше виявленими аномаліями.

Другим елементом є метод атрибуції відхилень на основі Z-score, де для кожної окремої i -ї ознаки розраховується стандартизована оцінка за формулою:

$$z_i = \frac{|x_i - \mu_i|}{\sigma_i} \quad (8)$$

де, μ_i та σ_i репрезентують статистичні параметри (середнє значення та середньоквадратичне відхилення відповідно) навчального розподілу досліджуваного атрибута. Метрика класифікується як аномально відхилена за умови виконання нерівності $z_i > 2$, що забезпечує оператору можливість локалізувати конкретні фізичні причини виникнення деструктивного процесу, а не лише констатувати факт наявності аномалії.

Наступним науковим результатом є інтегральний показник працездатності системи (*Health Score*), математична модель якого має вигляд:

$$H = \max(0, 100 - \sum P_i) \quad (9)$$

де, P_i визначає диференційовані штрафні бали за виявлені інциденти в межах фіксованого 24-годинного ковзного вікна. Залежно від рівня загрози, алгоритм накладає знижувальні коефіцієнти, де за критичний збій (*critical*) знімається 25 балів, за високий рівень небезпеки (*high*) — 15 балів, а за середнє відхилення (*medium*) — 7 балів, що дозволяє динамічно й комплексно оцінювати поточний стан системи.

Порівняльне тестування на синтетичному наборі з 575 точок показало: Isolation Forest — $F1 = 0.911$ при часі навчання ~ 12 мс; LOF — $F1 = 0.895$ при часі ~ 145 мс. Збіг рішень між алгоритмами — 87%, що підтверджує достовірність виявлених аномалій. Додатково реалізовано предиктивний прогноз температурного стану за лінійною регресією МНК: у тестуванні система формувала попередження за ~ 18 хвилин до реального перегріву з коефіцієнтом детермінації $R^2 > 0.97$.

Висновки та перспективи. Розроблена система вирішує обмеження традиційних порогових методів, автоматично адаптуючись до індивідуального профілю роботи кожного пристрою без розмічених навчальних даних. Isolation Forest визнано оптимальним алгоритмом для IoT-задач завдяки лінійно-логарифмічній складності та відсутності потреби зберігати навчальну вибірку при інференсі. Перспективи розвитку системи: підтримка буферизації телеметрії при мережевих розривах; інтеграція нелінійних моделей прогнозу для аномалій

типу витоку пам'яті; розгортання на реальних вбудованих пристроях та порівняльне дослідження з нейромережевими підходами.

Список використаних джерел:

1. Breunig M. M., Kriegel H.-P., Ng R. T., Sander J. LOF: Identifying Density-Based Local Outliers. ACM SIGMOD Record. 2000. Vol. 29, No 2. P. 93–104.
2. Chandola V., Banerjee A., Kumar V. Anomaly detection: A survey. ACM Computing Surveys. 2009. Vol. 41, No 3. P. 1–58.
3. Liu F. T., Ting K. M., Zhou Z. Isolation Forest. 2008 IEEE Int. Conference on Data Mining. Pisa, 2008. P. 413–422.
4. Liu F. T., Ting K. M., Zhou Z. Isolation-based anomaly detection. ACM Transactions on Knowledge Discovery from Data. 2012. Vol. 6, No 1. P. 1–39.

СЕКЦІЯ 3. МАШИННЕ НАВЧАННЯ

*Андроненков Артур Олександрович, студент ДУІКТ
Звенигородський Олександр Сергійович, к.т.н., доцент ДУІКТ*

СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ І АНАЛІЗУ ФІЗІОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЛЮДИНИ З ВИКОРИСТАННЯМ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

Постановка задачі. Актуальні медичні методи спостереження за такими пацієнтами мають низку недоліків. Дані отримуються не регулярно в залежності від частоти візитів до лікаря, існує людський фактор при аналізі результатів, показники можуть часто змінюватись і якщо вони не відстежуються систематично то лікар не має змоги точно оцінити всі ризики і в разі потреби одразу назначити лікування. Таким чином люди можуть роками не знати про ризик захворювання, в той час коли цей ризик можливо передбачити і завчасно вжити профілактичних заходів для уникнення можливих ускладнень.

Завдяки розвитку інформаційних технологій ця тенденція може змінитися, адже вже існують різноманітні wearable-пристрої, такі як Apple Watch, Fitbit та пристрої Garmin, які отримують фізіологічні показники і дозволяють їх відстежувати в реальному часі. Проте більшість цих пристроїв націлені саме на отримання даних та їх відображення. Це є корисним, але, на мою думку, сучасним пристроєм не вистачає функції аналізу отриманих даних, тому що для людини без медичної освіти та певних знань у цій галузі ці показники можуть бути незрозумілі і навіть за умови постійного їх моніторингу ризик не помітити розвиток хвороби на ранніх етапах лишається значним.

Одним із перспективних напрямків вирішення даної проблеми є використання методів машинного навчання. Завдяки цим методам є можливим аналіз великих обсягів медичних даних, виявлення прихованих закономірностей, надання рекомендацій користувачам та пояснення ризиків для здоров'я. Особливо ефективним є застосування машинного навчання у сфері раннього виявлення серцево-судинних захворювань, оскільки такі моделі здатні оцінювати ризики на основі великої кількості параметрів одночасно.

Мета дослідження. Метою дослідження є розробка системи моніторингу та аналізу фізіологічних показників людини з використанням алгоритмів машинного навчання для прогнозування ризику серцево-судинних захворювань.

Результати дослідження. Експериментальна оцінка розробленої системи підтвердила високу точність прогнозування та інтелектуального аналізу динамічних фізіологічних параметрів. У рамках інженерної реалізації продукту було спроектовано та розгорнуто серверну частину на базі фреймворку Flask, яка виступає центральним сполучним контуром між навченою моделлю машинного навчання, внутрішнім модулем передачі даних та клієнтським користувацьким інтерфейсом.

Для комплексного тестування архітектури в умовах, наближених до реальних, розроблено спеціалізований модуль потокової передачі даних. Цей

модуль ефективно імітує безперервне надходження нових біометричних вимірювань пацієнта за допомогою послідовної генерації та надсилання інформаційних пакетів через чітко задані часові інтервали, що дозволяє оцінити затримку (latency) та стабільність обробки сигналів.

Окрему увагу в роботі приділено проєктуванню інтерактивного веб-інтерфейсу системи, реалізованого за допомогою класичного стеку HTML, CSS та JavaScript із залученням спеціалізованої графічної бібліотеки Chart.js. Візуальний шар платформи забезпечує повну наочність аналітичних розрахунків, дозволяючи в реальному часі відображати поточні метрики стану пацієнта та динамічно будувати графіки пульсової хвилі. Крім того, інтерфейс автоматично маркує користувачів за відповідними групами медичного ризику, виводить інтегральне співвідношення між здоровими та критичними пацієнтами в межах поточної вибірки, а також ранжує фізіологічні параметри за ступенем їхнього математичного впливу на фінальний прогноз моделі.

Висновки та перспективи. У результаті проведеного дослідження було успішно розроблено та протестовано програмну систему предиктивного моніторингу фізіологічних показників людини з інтегрованими елементами обчислювального інтелекту. Створений технологічний комплекс демонструє здатність здійснювати експрес-аналіз стану серцево-судинної системи в режимі реального часу, забезпечуючи раннє виявлення патологічних відхилень та прогнозування ризиків розвитку кардіологічних захворювань.

Подальший розвиток цього проєкту пов'язаний із безпосереднім переходом від симуляційних даних до фізичної інтеграції платформи з реальними клінічними медичними сенсорами та комерційними носимими пристроями (wearable-gadgets) через бездротові протоколи зв'язку. Перспективним науковим вектором є модернізація математичного ядра системи шляхом залучення моделей глибокого навчання (Deep Learning), зокрема рекурентних нейронних мереж для точнішого аналізу довгих часових рядів електрокардіограм.

Окрім цього, масштабування системи передбачає суттєве розширення спектра аналізованих соматичних і лабораторних параметрів, а також розробку кросплатформеного мобільного застосунку, що дозволить забезпечити повноцінний дистанційний моніторинг пацієнтів і оперативне сповіщення медичного персоналу про критичні зміни в організмі.

Список використаних джерел

1. Géron A. Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras and TensorFlow. – O'Reilly Media, 2022.
2. Pedregosa F. et al. Scikit-learn: Machine Learning in Python // Journal of Machine Learning Research. – 2011. – №12. – С. 2825–2830.
3. Witten I., Frank E. Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques. – Morgan Kaufmann, 2021.
4. World Health Organization. Cardiovascular diseases report. – 2024.

*Ахмедов Амір Фарідович, студент
Ізмаїльського державного гуманітарного університету
Рашидов Сейфулла Фейзуллайович, к.ф.н., д.п.н., професор
Ізмаїльського державного гуманітарного університету*

ФІЛОСОФСЬКИЙ АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ІНДУКЦІЇ ТА ЕПІСТЕМІЧНИХ МЕЖ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

Постановка задачі. Стрімка інтеграція систем машинного навчання (ML) у процеси прийняття критичних рішень актуалізує проблему епістемологічного статусу їхніх результатів. Як форма автоматизованої індукції, ML успадковує класичну філософську проблему Девіда Юма щодо відсутності логічного обґрунтування для екстраполяції висновків з обмеженого минулого досвіду на майбутні події [1]. Епістемологічна напруга виникає у точці переходу від статистичних кореляцій до формування переконань. Якщо класичне знання потребує обґрунтованої істинної віри, то результати ML переважно спираються на ймовірнісні закономірності без розуміння каузальних зв'язків. Цей конфлікт між технічною ефективністю та теоретичною необґрунтованістю алгоритмів визначає необхідність аналізу меж індуктивного узагальнення в ML та пошуку умов для трансформації його результатів у повноцінне знання.

Мета дослідження. Метою роботи є філософський аналіз проблеми індукції в машинному навчанні для виявлення епістемологічних меж цього методу та обґрунтування критеріїв трансформації статистичних результатів алгоритмів у достовірне знання.

Результати дослідження. Філософська проблема індукції Девіда Юма стверджує відсутність логічного обґрунтування для переходу від часткових спостережень до загальних тверджень. Карл Поппер намагався подолати цей скептицизм через принцип фальсифікованості, проте це лише змістило фокус з верифікації на спростування. Нельсон Гудмен у філософському парадоксі «grue» довів, що будь-яка множина даних сумісна з нескінченною кількістю суперечливих гіпотез [2]. У машинному навчанні цей парадокс проявляється через перенавчання (overfitting), коли модель фіксує випадковий шум замість сутнісних закономірностей.

Теза Девіда Юма про неможливість гарантій майбутнього на основі минулого досвіду безпосередньо втілюється у проблемі розподільного зсуву (distribution shift), коли зміна контексту даних робить попередньо навчену модель недієздатною. Теорема Девіда Вольперта та Вільяма Макреді «No Free Lunch» підтверджує неможливість «чистої» індукції, оскільки будь-яке навчання потребує апіорних упереджень (inductive bias) щодо структури даних, що позбавляє машинне пізнання статусу об'єктивної нейтральності.

Філософська проблема «чорної скриньки» в епістемології штучного інтелекту створює дедалі ширший розрив між виключно технологічною кореляційною ефективністю обчислювальних систем та фундаментальною класичною платонівською вимогою до знання як обґрунтованого істинного переконання. Відсутність каузального розуміння перетворює алгоритми на

цифрову версію «китайської кімнати» Джона Серля, де відбувається маніпуляція символами без досягнення їхнього змісту. Отже, результати самонавчальних алгоритмів слід інтерпретувати як інструментально корисні передбачення, а не як повноцінне обґрунтоване знання.

Висновки та перспективи. Філософський аналіз підтверджує, що машинне навчання не усуває класичну проблему індукції, а відтворює її в нових технологічних умовах через вбудовані упередження та каузальну сліпоту. Результати роботи алгоритмів не можуть розглядатися як знання у класичному епістемологічному сенсі, а мають статус прагматично ефективних індуктивних узагальнень. У цьому контексті знання в машинному навчанні слід трактувати як обґрунтоване очікування, детерміноване структурою даних та обмежене індуктивними упередженнями моделі.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з розвитком абдуктивної логіки для пошуку найбільш обґрунтованих пояснень та розширенням інструментарію каузального аналізу для виявлення причинно-наслідкових зв'язків. Важливим напрямком залишається підвищення інтерпретованості моделей як засобу подолання філософської проблеми «чорної скриньки». Подальший епістемологічний аналіз має бути спрямований на переосмислення поняття знання в умовах цифровізації пізнання з урахуванням його прагматичних та інструменталістських вимірів.

Список використаних джерел:

1. David Hume, A Treatise of Human Nature // Project Gutenberg, 2021
[Електронний ресурс]: <https://www.gutenberg.org/files/4705/4705-h/4705-h.htm>
2. Nelson Goodman, Fact, Fiction, and Forecast // Harvard University Press, 1983
[Електронний ресурс] : <https://www.hup.harvard.edu/books/9780674290716>

Бажан Тетяна Олександрівна, старший викладач, ДУІКТ

ЗАСТОСУВАННЯ SHAP-АНАЛІЗУ ДЛЯ ІНТЕРПРЕТАЦІЇ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО НАВЧАННЯ У ЗАДАЧІ ПРОГНОЗУВАННЯ ІНВЕСТИЦІЙ

Актуальність дослідження. У сучасних умовах цифрового розвитку держави процес прогнозування інвестицій ускладнюється через зростання обсягів даних, їх неоднорідність та вплив значної кількості макроекономічних факторів. Традиційні економіко-математичні методи не завжди забезпечують достатню точність прогнозів, що зумовлює активне використання методів машинного навчання. Водночас більшість таких моделей функціонують як «чорна скринька», що обмежує можливість інтерпретації отриманих результатів і знижує рівень довіри до них з боку користувачів [4].

Мета дослідження. Метою роботи є дослідження можливостей застосування SHAP-аналізу для інтерпретації результатів моделей машинного навчання у задачі прогнозування інвестицій.

Методи дослідження. У роботі використано методи машинного навчання, зокрема ансамблеві алгоритми (Random Forest, CatBoost) та рекурентні нейронні мережі (LSTM) для побудови прогнозних моделей [1]. Для інтерпретації результатів застосовано метод SHAP (Shapley Additive Explanations), який базується на теорії кооперативних ігор і дозволяє оцінити внесок кожного фактора у формування прогнозу [2]. Використання підходів пояснюваного машинного навчання сприяє підвищенню прозорості моделей та довіри до результатів прогнозування [3].

Результати дослідження. Застосування SHAP-аналізу дало змогу визначити ключові фактори, що впливають на прогноз інвестицій, серед яких вагомими виявилися макроекономічні показники, такі як валовий внутрішній продукт, рівень інфляції, процентні ставки та інші економічні індикатори. Отримані результати свідчать про те, що використання SHAP дозволяє не лише підвищити інтерпретованість моделей машинного навчання, але й забезпечує глибше розуміння впливу вхідних параметрів на кінцевий результат прогнозування (рис. 12).

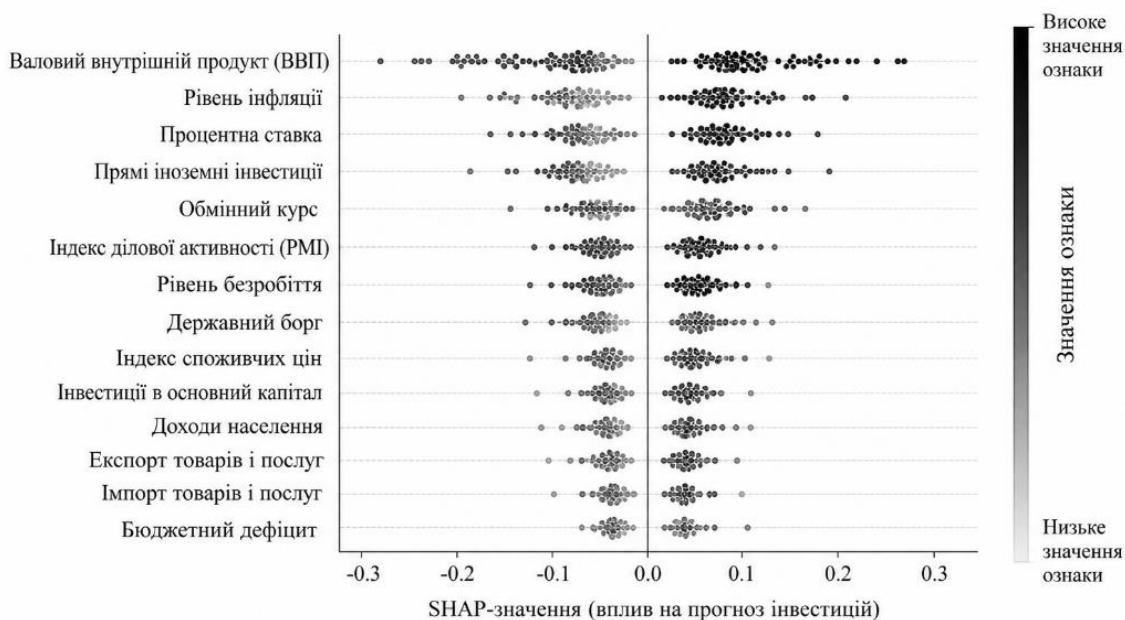


Рис. 12 SHAP summary plot впливу факторів на прогноз інвестицій

На рис. 1 представлено SHAP summary plot, який відображає вплив вхідних факторів на результат прогнозування інвестицій. Кожна точка відповідає окремому спостереженню, а її положення по горизонталі визначає величину внеску відповідного фактору у прогноз моделі. Колір точок відображає значення ознаки (від низьких до високих).

Аналіз графіка дозволяє визначити найбільш впливові фактори, а також характер їх впливу (позитивний або негативний) на результат прогнозування.

Крім того, встановлено, що поєднання високої точності моделей машинного навчання з можливістю пояснення їх результатів сприяє підвищенню обґрунтованості прийняття управлінських рішень у сфері інвестиційної діяльності.

Висновки та перспективи. Таким чином, використання SHAP-аналізу є ефективним інструментом інтерпретації моделей машинного навчання у задачах

прогнозування інвестицій. Запропонований підхід дозволяє поєднати високу точність прогнозування з прозорістю моделей, що є важливим фактором для практичного застосування результатів дослідження в умовах цифрової трансформації економіки.

Список використаних джерел:

1. Chen T., Guestrin C. XGBoost: A scalable tree boosting system // *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*. 2016. P. 785–794.
2. Lundberg S. M., Lee S.-I. A unified approach to interpreting model predictions // *Advances in Neural Information Processing Systems*. 2017. Vol. 30.
3. Makridakis S., Spiliotis E., Assimakopoulos V. Statistical and machine learning forecasting methods: Concerns and ways forward // *PLOS ONE*. 2022. Vol. 17, No. 3. DOI: 10.1371/journal.pone.0266114.
4. Molnar C. *Interpretable Machine Learning*. 2nd ed. 2022. URL: <https://christophm.github.io/interpretable-ml-book/> (дата звернення: 07.05.2026).

*Гадун'як Анастасія Андріївна, студентка ДУІКТ
Фесенко Максим Анатолійович, к.т.н., доцент ДУІКТ*

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ПЕРСОНАЛІЗАЦІЇ ОСВІТНЬОГО КОНТЕНТУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

Постановка задачі. Сучасні освітні платформи надають користувачам велику кількість навчальних матеріалів, проте більшість таких систем працює за однаковим принципом для всіх користувачів, незалежно від їхнього рівня підготовки та потреб.

Через це користувачі можуть отримувати контент, який не відповідає їхньому рівню знань, інтересам або темпу навчання. Однією з актуальних задач у сфері штучного інтелекту є створення систем, які здатні адаптувати навчальний контент під потреби конкретного користувача. Використання методів машинного навчання дозволяє аналізувати поведінку наприклад, учнів, студентів, їхню активність та результати навчання для формування персоналізованих рекомендацій.

Мета дослідження. Метою дослідження є розроблення інтелектуальної системи персоналізації освітнього контенту із використанням методів машинного навчання для підвищення ефективності навчального процесу та покращення взаємодії користувача з освітньою платформою.

Результати дослідження. У ході роботи було розроблено вебзастосунок, який дозволяє користувачам отримувати персоналізовані рекомендації навчальних матеріалів залежно від їхніх інтересів та попередньої активності. Система реалізована з використанням сучасних технологій веброзроблення та методів машинного навчання.

Для серверної частини застосунку було використано FastAPI, що забезпечує швидку обробку запитів та взаємодію між клієнтською частиною і моделлю рекомендацій. Інтерфейс користувача реалізовано із використанням HTML, CSS та JavaScript. Для збереження інформації про користувачів і навчальні матеріали використовувалась база даних SQLite.

У системі реалізовано модуль рекомендацій, який аналізує вподобання користувача, що навчається та формує список найбільш релевантного контенту. Для цього використовувались методи машинного навчання та оброблення даних за допомогою бібліотек Python, зокрема Scikit-learn, Pandas та NumPy. Також було реалізовано функції реєстрації, авторизації, перегляду курсів та збереження історії взаємодії користувача із системою.

Результати використання розробленого вебзастосунку показали, що персоналізований підхід дозволяє спростити пошук необхідних матеріалів та зробити процес навчання більш зручним для користувачів. Розроблена система може бути використана як основа для створення адаптивних освітніх платформ.

Висновки та перспективи. У результаті проведеного дослідження було створено вебзастосунок із інтелектуальною системою персоналізації освітнього контенту із застосуванням методів машинного навчання.

У подальшому систему можна вдосконалювати шляхом розширення алгоритмів рекомендацій, підключення більшої кількості навчальних даних та інтеграції нейронних мереж для точнішого аналізу поведінки користувачів. Перспективним напрямком також є впровадження автоматичного оцінювання успішності користувачі, що навчаються, а також адаптації складності навчальних матеріалів у реальному часі.

Список використаних джерел:

1. Géron A. Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras and TensorFlow. — O'Reilly Media, 2022.
2. FastAPI Documentation // [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://fastapi.tiangolo.com/>
3. Scikit-learn: Machine Learning in Python // [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://scikit-learn.org/>
4. Python Software Foundation. Python Documentation // [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://docs.python.org/>

*Горобець Максим Юрійович, студент ДУІКТ
Березовська Юлія Володимирівна, доктор філософії, ДУІКТ*

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ПРЕДИКТИВНОГО МОНІТОРИНГУ СЕРВЕРНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Постановка задачі. Сучасні інформаційні системи функціонують в умовах підвищених вимог до безперервності та надійності надання сервісів, що зумовлює необхідність удосконалення підходів до моніторингу серверної інфраструктури. Традиційні методи, засновані на використанні фіксованих

порогових значень, мають переважно реактивний характер і дозволяють виявляти збої вже після їх виникнення, що знижує ефективність управління системами. У зв'язку з цим актуальним є перехід до предиктивного (проактивного) моніторингу на основі концепції AIOps і методів машинного навчання, що дає змогу своєчасно виявляти аномалії та прогнозувати можливі відмови серверів[1]. Реалізація такого підходу, зокрема із застосуванням системи LogSense, спрямована на підвищення надійності, продуктивності та ефективності функціонування інформаційних систем.

Мета дослідження. Розробка та обґрунтування підходу до предиктивного моніторингу серверної інфраструктури на основі методів машинного навчання, що забезпечує своєчасне виявлення аномалій і прогнозування відмов серверів для підвищення надійності, продуктивності та ефективності функціонування інформаційних систем.

Результати дослідження. У дослідженні проаналізовано архітектурні особливості та функціональні переваги системи інтелектуального аналізу логів у режимі реального часу. Запропонований підхід охоплює етап попередньої обробки та парсингу даних, оскільки системні логи є неструктурованими текстовими даними. Для їх формалізації застосовуються методи обробки природної мови (NLP – Natural Language Processing) та алгоритми автоматичного виокремлення шаблонів, зокрема Drain і Spell [2], що забезпечує трансформацію великих масивів текстових записів у структуровані події, придатні для подальшого математичного аналізу та моделювання.

Особливу увагу приділено застосуванню методів машинного навчання для виявлення аномалій. Використання алгоритмів навчання без вчителя (Unsupervised Learning), зокрема Isolation Forest та рекурентних нейронних мереж типу LSTM (Long Short-Term Memory), дає змогу системі LogSense ідентифікувати нетипові послідовності подій [3] і виявляти приховані ознаки деградації системи, які можуть залишатися непоміченими при традиційних підходах до моніторингу.

Важливою складовою системи LogSense є реалізація механізмів предиктивного сповіщення та автоматизації, що дозволяє не лише фіксувати наявні збої, а й прогнозувати ймовірність їх виникнення на основі історичних даних. Запропонований підхід забезпечує зменшення часу відновлення систем (MTTR, Mean Time To Recovery), оскільки адміністратор отримує попереджувальну інформацію про можливі збої за 5–15 хвилин до їх фактичного виникнення, а також сприяє скороченню простоїв критично важливих сервісів і підвищенню масштабованості систем моніторингу без істотного збільшення навантаження на ІТ-персонал.

Практична цінність запропонованої системи полягає у можливості її інтеграції в корпоративні ІТ-інфраструктури, зокрема для моніторингу баз даних Oracle Siebel і вебсерверів, що забезпечує підвищення точності прогнозування навантаження та раннє виявлення потенційних кіберзагроз.

Висновки та перспективи. Отже, технологія предиктивного моніторингу на основі інтелектуального аналізу логів виступає важливим етапом розвитку сучасних систем адміністрування. Використання системи LogSense дозволяє

трансформувати процес управління IT-інфраструктурою з реактивного усунення збоїв на стратегічне запобігання інцидентам, що суттєво сприяє підвищенню надійності, безпеки та ефективності функціонування інформаційних систем.

Список використаних джерел:

1. He, S., He, P., Chen, Z., Yang, T., Su, Y., & Lyu, M. R. (2021). A Survey on Automated Log Analysis for Reliability Engineering. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 54(6), 1–37. <https://doi.org/10.1145/3460345>
2. He, P., Zhu, J., Zheng, Z., & Lyu, M. R. (2017). Drain: An Online Log Parsing Method with Fixed Depth Tree. *IEEE International Conference on Web Services (ICWS)*, 33–40.
3. Du, M., Li, F., Zheng, G., & Srikumar, V. (2017). DeepLog: Anomaly Detection and Diagnosis from System Logs through Deep Learning. *Proceedings of the 2017 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security*, 1285–1298. <https://doi.org/10.1145/3133956.3134015>

*Грибовод Богдан Олексійович, студент ДУІКТ
Іщераков Сергій Михайлович, к.т.н., доцент, ДУІКТ*

РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ РУКОПИСНИХ СИМВОЛІВ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

Постановка задачі. Автоматизоване розпізнавання рукописних символів (Handwritten Character Recognition, HCR) є актуальною задачею у галузі комп'ютерного зору та штучного інтелекту. Практичні застосування охоплюють цифровізацію документів, автоматизацію банківських операцій, освітні системи та електронний документообіг. Незважаючи на значні досягнення для латинського алфавіту, кириличне письмо, зокрема українська мова, залишається суттєво менш дослідженою областю.

Метою роботи є розробка системи HCR, що підтримує латинський та кириличний алфавіти, реалізує три різні методи класифікації та надає зручний веб-інтерфейс для кінцевого користувача. Запропонований підхід синтетичної генерації навчальних даних для кирилиці дозволяє подолати обмеженість публічно доступних датасетів.

Результат дослідження. Класичною точкою відліку у розпізнаванні рукописних символів є робота LeCun et al. [1], де запропоновано архітектуру LeNet-5 — першу CNN для задачі класифікації рукописних цифр MNIST. Сучасні архітектури на основі ResNet і EfficientNet досягають точності понад 99% на MNIST [2]. Датасет EMNIST Balanced [3], що включає рукописні цифри й літери латинського алфавіту (47 класів, 112 200 зразків), широко використовується для бенчмаркінгу систем HCR. Для класичних методів (SVM, KNN) ключовим є вибір дескриптора ознак. HOG (Histogram of Oriented Gradients) [4] та SIFT суттєво перевищують сирі пікселі за точністю при використанні в SVM. Проте з розвитком CNN необхідність ручного

проектування ознак відпала: згорткові шари автоматично навчають ієрархічні представлення символів. Проблема синтетичної генерації навчальних даних активно досліджується: проекти MJSynth і SynthText демонструють, що синтетичні датасети з різноманітними шрифтами й аугментаціями можуть замінити реальні зразки при дотриманні консистентності препроцесингу. Для кириличних алфавітів аналогічні роботи практично відсутні, що підтверджує актуальність запропонованого підходу.

Розроблена система має модульну клієнт-серверну архітектуру і включає чотири основних компоненти: модуль препроцесингу зображень, модуль класифікаційних моделей, REST API (Flask) та веб-інтерфейс (HTML5/CSS3/JavaScript).

Конвеєр препроцесингу одного символу включає: бінаризація методом Отсу [5] (THRESH_BINARY_INV) → знаходження обмежувального прямокутника → обрізання з відступом 20% → масштабування до 28×28 пікселів → нормалізація до $[0,1]$. Функція `segment_text()` розбиває зображення на рядки і символи методом проекційних профілів. Критичним є забезпечення ідентичного препроцесингу при генерації навчальних даних і при інференції. Початкова реалізація давала точність лише 6% для кирилических символів через невідповідність масштабу: шрифт 18–24pt на канвасі 84×84 px генерував символи розміром 6–8px, тоді як інференція розтягувала їх до 28×28 . Після збільшення шрифту до 40–52pt і додавання кроку обрізання точність зросла до 74%.

Архітектура HandwritingCNN включає три згорткових блоки (Conv2d → BatchNorm2d → ReLU → MaxPool2d) з числом фільтрів 32, 64 і 128, після яких розміщено три повнозв'язні прошарки ($512 \rightarrow 256 \rightarrow N$ класів) з Dropout(0.5). Навчання проводилось оптимізатором Adam з початковою швидкістю навчання 0.001, планувальником ReduceLROnPlateau і функцією втрат CrossEntropyLoss.

SVM навчається з RBF-ядром ($C=10$, $\gamma=\text{"scale"}$) на сирих пікселях (784 ознаки, нормалізованих через StandardScaler). KNN використовує $k=5$ і евклідову метрику. Усі моделі мають реалізацію для двох мов: англійської (EMNIST Balanced, 47 класів) та української (синтетичний датасет, 66 класів).

Для Ukrainian-моделей розроблено оригінальний метод синтетичної генерації: 66 класів (33 великих + 33 малих літери) $\times$ 400 зразків = 26 400 зображень. Кожен зразок генерується шрифтами DejaVu Sans, Liberation Sans Regular та Liberation Sans Bold з аугментаціями: повороти $\pm 15^\circ$, гаусівський шум ($\sigma=0.05$), розмиття ядром 3×3 , дрібні зсуви ± 6 px. Моделі навчались і тестувались на відповідних датасетах, результати яких наведено в табл. 3.

Таблиця 3 Порівняльна точність методів класифікації

<i>Метод</i>	<i>Точність (EN)</i>	<i>Точність (UA)</i>
CNN (HandwritingCNN)	89,46%	74,2%
SVM (RBF, C=10)	78,67%	62,1%
KNN (k=5)	69,37%	54,8%

Аналіз результатів підтверджує перевагу CNN над класичними методами. Різниця між CNN та SVM складає 10,79%, між CNN та KNN — 20,09%. Нижча точність для кирилического алфавіту пояснюється меншим обсягом і синтетичним

характером навчальних даних, а також більшою кількістю класів (66 проти 47). Часові характеристики при класифікації одного символу на CPU: CNN — 5 мс, SVM — 50 мс, KNN — 200 мс. CNN є не лише найточнішим, але й найшвидшим методом при інференції завдяки оптимізованим матричним операціям PyTorch. Аналіз помилок CNN для англійської мови виявив типові "зони плутанини": символи O/O (7,8% взаємних помилок), I/I (6,2%), 5/S (4,1%). Ці пари є амбігуйтетними навіть для людського сприйняття без контексту. Для кириличного алфавіту аналогічні труднощі виникають з парами С/О, І/ї.

Основним внеском роботи є розроблений метод формування синтетичного датасету кириличних символів з узгодженим препроцесингом. Ключовим уроком є те, що будь-яка невідповідність між конвеєром генерації навчальних даних і конвеєром інференції призводить до катастрофічного падіння точності. У даному випадку зміна масштабу символів підняла точність з 6% до 74% без будь-яких змін в архітектурі моделі. Розроблена система відрізняється від існуючих рішень такими характеристиками: підтримка двох алфавітів в єдиному застосунку; три незалежні методи класифікації з можливістю вибору; повністю відкритий вихідний код; автономна робота без хмарних сервісів; зручний веб-інтерфейс з HTML5 Canvas для малювання символів. Перспективи подальшого розвитку: впровадження дескриптора HOG для підвищення точності SVM/KNN; застосування трансферного навчання на базі ResNet/EfficientNet; розширення кириличного датасету реальними рукописними зразками; реалізація CRNN для розпізнавання зв'язного рукописного тексту без сегментації.

Висновки та перспективи. У роботі розроблено та реалізовано систему автоматизованого розпізнавання рукописних символів, що підтримує латинський і кириличний алфавіти. Запропонований підхід синтетичної генерації навчальних даних для кирилиці забезпечує точність CNN 74,2% при відсутності реальних датасетів. CNN перевищує SVM на 10,79% і KNN на 20,09% за точністю при одночасній перевазі у швидкості інференції. Реалізований REST API і веб-інтерфейс забезпечують практичну доступність системи без необхідності встановлення додаткового програмного забезпечення.

Програмна реалізація системи у вигляді архітектури з REST API та кросплатформним веб-інтерфейсом гарантує високу практичну доступність і гнучкість інструменту для кінцевих користувачів, повністю виключаючи потребу в інсталяції додаткового локального забезпечення та залученні надлишкових обчислювальних потужностей на стороні клієнта.

Список використаних джерел:

1. Cohen G., Afshar S., Tapson J., van Schaik A. EMNIST: Extending MNIST to handwritten letters // IJCNN. – 2017.
2. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. – MIT Press, 2016. – 800 p.
3. LeCun Y., Bottou L., Bengio Y., Haffner P. Gradient-based learning applied to document recognition // Proceedings of the IEEE. – 1998. – Vol. 86, No. 11. – P. 2278–2324.
4. Pedregosa F. et al. Scikit-learn: Machine learning in Python // JMLR. – 2011. – Vol. 12. – P. 2825–2830.

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ПЕРСОНАЛІЗАЦІЇ КОНТЕНТУ В ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

Постановка задачі. Основною проблемою сучасних інформаційних систем є необхідність обробки великих обсягів користувацьких даних та формування персоналізованого контенту у режимі реального часу. Традиційні методи фільтрації інформації не забезпечують достатньої гнучкості та не враховують індивідуальні вподобання користувачів.

Постає задача застосування методів машинного навчання для аналізу поведінки користувачів та формування рекомендацій на основі історії взаємодії з контентом. Важливими аспектами є точність рекомендацій, швидкість обробки даних та можливість адаптації системи до змін інтересів користувачів.

Мета дослідження. Метою дослідження є аналіз та застосування методів машинного навчання для персоналізації контенту в інформаційних системах шляхом обробки користувацьких даних та формування індивідуальних рекомендацій.

Результати дослідження. У ході дослідження було проаналізовано сучасні підходи до побудови рекомендаційних систем та визначено основні методи машинного навчання, що використовуються для персоналізації контенту. Розглянуто алгоритми колаборативної фільтрації, контентно-орієнтованого аналізу та нейронних мереж.

У процесі роботи було досліджено структуру інформаційної системи, яка забезпечує збір користувацьких даних, їх аналіз та формування рекомендацій. Встановлено, що використання методів машинного навчання дозволяє підвищити релевантність контенту та покращити взаємодію користувачів із системою. Рекомендаційні системи використовують різні методи машинного навчання, кожен з яких має свої особливості та переваги залежно від типу інформаційної системи та характеру даних. Для порівняння основних підходів до персоналізації контенту доцільно виділити найбільш поширені методи машинного навчання та їх особливості (табл. 4).

Таблиця 4 Методи персоналізації контенту в інформаційних системах

<i>Метод</i>	<i>Особливості</i>	<i>Переваги</i>
Колаборативна фільтрація	Аналіз взаємодії користувачів із контентом	Висока точність рекомендацій
Контентно-орієнтований підхід	Аналіз характеристик контенту	Незалежність від інших користувачів
Нейронні мережі	Використання моделей глибокого навчання	Виявлення складних закономірностей
Гібридні моделі	Поєднання кількох підходів	Підвищення якості рекомендацій

Висновки та перспективи. У результаті дослідження встановлено, що методи машинного навчання є ефективним інструментом для персоналізації контенту в інформаційних системах. Їх використання дозволяє автоматизувати процес формування рекомендацій, підвищити релевантність інформації та покращити користувацький досвід.

Перспективи подальших досліджень полягають у використанні глибоких нейронних мереж, аналізі поведінкових факторів у реальному часі, а також інтеграції рекомендаційних систем із технологіями штучного інтелекту для створення більш адаптивних та інтелектуальних інформаційних платформ.

Список використаних джерел:

1. Ricci F., Rokach L., Shapira B. Recommender Systems Handbook. – Springer, 2022.
2. Géron A. Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow. – O'Reilly Media, 2019.
3. TensorFlow Documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.tensorflow.org/> (дата звернення: 12.04.2026).

*Залізний Олексій Віталійович, студент ДУІКТ
Кисіль Тетяна Миколаївна, старший викладач ДУІКТ*

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ВЕБ-ОРІЄНТОВАНОГО ІНСТРУМЕНТАРІЮ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ТА АНАЛІЗУ ДАНИХ

Розвиток Data Science та машинного навчання характеризується традиційним використанням високорівневих мов програмування, серед яких провідне місце посідають Python, R та C++. Інженерія даних у межах класичного підходу вимагає послідовного написання програмного коду для збору, очищення, нормалізації вибірок, виділення інформативних ознак, а також безпосереднього проектування й тестування моделей регресії, класифікації чи кластеризації. Основним деструктивним чинником у цьому процесі є значні часові витрати на рутинне кодування, налагодження синтаксичних помилок і конфігурування середовища розробки, що відволікає дослідника від безпосереднього семантичного аналізу предметної області. Одним із перспективних шляхів розв'язання окресленої проблеми є концептуальна автоматизація зазначених етапів шляхом винесення процедур передпроцесорної обробки, селекції алгоритмів та візуалізації метрик навчання в ізольовані веб-орієнтовані сервіси.

Постановка задачі. Інтенсивний розвиток індустрії інформаційних технологій розробка та впровадження моделей машинного навчання та інтелектуального аналізу даних пов'язані із суттєвими часовими й обчислювальними витратами. Традиційний підхід вимагає від дослідника даних високої кваліфікації не лише в галузі математичної статистики, а й у сфері

імперативного програмування для написання рутинного коду передоброби, нормалізації вибірок та конфігурування гіперпараметрів.

У зв'язку з цим виникає науково-технічна задача, яка полягає в оптимізації часових витрат на життєвий цикл розробки аналітичних моделей та мінімізації впливу синтаксичних помилок кодування за рахунок проектування й застосування спеціалізованих веб-орієнтованих No-Code та Low-Code рішень, спроможних автоматизувати рутинні етапи інженерії даних.

Метою дослідження є комплексна експериментальна перевірка функціональної спроможності розробленого веб-сервісу «Data Science Research and Development Laboratory» під час розв'язання типових завдань класифікації, регресії та кластеризації.

Досягнення поставленої мети передбачає емпіричне оцінювання швидкості обробки інформації, ідентифікацію ключових архітектурних переваг модульної структури платформи, а також визначення поточних функціональних обмежень і деструктивних чинників створеного інструментарію порівняно зі стандартними методами розробки моделей за допомогою написання програмного коду вручну.

Результати дослідження. Програмна реалізація досліджуваного сервісу виконана у вигляді кросплатформного веб-документа, архітектура якого передбачає розділення функціонала на базовий та професійний рівні взаємодії. Оскільки професійний інтерфейс містить повний набір інструментів інтелектуального аналізу, експериментальне дослідження проводилося виключно у цьому режимі, початкове вікно якого продемонстровано на рис. 13.

Ви у професійному режимі!

Завантажте CSV-файл, оберіть цільову колонку для прогнозування, і тип задачі (Регресія, класифікація, кластеризація). Після навчання моделі будуть виведені графіки роботи моделі, ви зможете вводити власні дані для отримання прогнозу.

Порівняння моделей

Записи логів

Виберіть файл | Файл не вибран

Завантажити CSV

Натисніть на назву колонки, щоб обрати цільову змінну

Обрана колонка: class

Оберіть тип задачі:

Класифікація

Кластеризація

Кластеризація без змінної

preg	gluc	pres	skin	insulin	bmi	pedi	age	class
1	85	66	29	0	26.6	0.351	31	0
8	183	64	0	0	23.3	0.672	32	1
1	89	66	23	94	28.1	0.167	21	0
0	137	40	35	168	43.1	2.288	33	1
5	116	74	0	0	25.6	0.201	30	0
3	78	50	32	88	31.0	0.248	26	1
10	115	0	0	0	35.3	0.134	29	0
2	197	70	45	543	30.5	0.158	53	1
8	125	96	0	0	0.0	0.232	54	1
4	110	92	0	0	37.6	0.191	30	0

Визначити завдання

Рис. 13. Головне вікно інтерфейсу професійного режиму створеного сервісу

Функціональний потенціал платформи забезпечує завантаження вхідних наборів даних у форматі CSV, виведення перших десяти кортежів для візуального контролю структури таблиці, інтерактивний вибір цільової залежної змінної, а також автоматизовану передобробку, що включає кодування категоріальних ознак, нормалізацію числових векторів та імпутацію пропущених значень. Тип аналітичної задачі ідентифікується сервісом автоматично на основі статистичного аналізу обраного цільового атрибута, де критерієм розмежування між регресією та класифікацією виступає потужність множини унікальних значень і тип даних ознаки.

На основі автоматично сформованого висновку користувачеві пропонується адаптивний перелік доступних математичних моделей та конфігуратор їх внутрішніх параметрів. Після завершення обчислювального процесу на серверній частині система генерує розширений аналітичний звіт, що містить базовий набір статистичних метрик для оцінки адекватності моделі.

Додатково користувачеві надається можливість експорту сформованого конвеєра обробки (pipeline), введення нових векторів ознак для оперативного прогнозування у реальному часі та завантаження підсумкового PDF-документа. Середній час, витрачений на виконання повного циклу аналізу в No-Code середовищі, становить дві-три хвилини.

Паралельне виконання аналогічного аналітичного завдання за допомогою класичного написання коду мовою Python підтвердило, що традиційний підхід не має функціональних обмежень щодо глибини налаштування моделей чи комбінування ансамблевих методів розв'язання задач. Проте головним недоліком програмування вручну залишається висока схильність до виникнення помилок і значна тривалість розробки, тоді як веб-сервіс демонструє високу швидкість отримання результатів.

Висновки та перспективи. Розроблений програмний комплекс «Data Science Research and Development Laboratory» на поточному етапі життєвого циклу є ефективним інструментом для проведення оперативного експрес-аналізу та швидкого прототипування базових моделей машинного навчання. Перспективними напрямками вдосконалення платформи є розширення можливостей ручного керування методами передобробки даних, інтеграція інструментів крос-валідації, забезпечення можливості побудови композитних ансамблів моделей та модернізація графічного інтерфейсу користувача. Наявність відкритої документації у репозиторії GitHub та модульний принцип організації вихідного коду дозволяють легко масштабувати сервіс шляхом додавання нових сучасних бібліотек і архітектур нейронних мереж.

Список використаних джерел:

1. Процько І. В., Опотяк Ю. В. Сучасні тенденції автоматизації процесів машинного навчання та аналізу великих даних. Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія: Інформаційні системи та мережі. 2023. № 12. С. 45–53. URL: <http://vns.lpnu.ua/> (дата звернення: 08.04.2026).

2. Hutter F., Kotthoff L., Vanschoren J. Automated Machine Learning: Methods, Systems, Challenges. Berlin : Springer, 2019. 284 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-05318-5>.

3. Zöller M.-A., Huber M. F. Benchmark of Automated Machine Learning Frameworks for Business Information Systems. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering. 2021. Vol. 33, No. 4. P. 1340–1353. DOI: <https://doi.org/10.1109/TKDE.2020.3013890>.

4. Wang D., Weisz J. D., Muller M. Human-AI Collaboration in Data Science: Exploring User Assumptions and Expectations of AutoML. Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. Honolulu, 2020. P. 1–12. DOI: <https://doi.org/10.1145/3313831.3376223>.

*Каминін Ілля Олександрович, студент ДУІКТ
Кисіль Тетяна Миколаївна, старший викладач ДУІКТ*

КЛАСИФІКАЦІЯ ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ЗА АЕРОФОТОЗНІМКАМИ МЕТОДАМИ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ

Постановка задачі. Сучасний етап розвитку систем комп'ютерного зору та методів глибокого навчання характеризується інтенсивним впровадженням автоматизованих рішень для обробки та аналізу графічної інформації у сфері безпеки й оборони. Однією з найбільш актуальних і критично важливих прикладних задач у цьому напрямі є автоматична класифікація різноманітних зразків військової техніки за матеріалами аерофотозйомки, отриманими за допомогою безпілотних літальних апаратів. Традиційний підхід до дешифрування аерофотознімків, що базується на ручній праці операторів, демонструє обмежену ефективність через суттєві часові витрати, значний вплив людського фактора та неможливість оперативного опрацювання сучасних екстремальних обсягів графічних даних. З огляду на це виникає гостра науково-технічна потреба у створенні інтелектуальних високоточних систем, здатних мінімізувати когнітивне навантаження на людину та забезпечити високу швидкість прийняття рішень у динамічних умовах тактичної обстановки.

Мета дослідження. Мета роботи полягає у проєктуванні, програмній реалізації та експериментальному дослідженні інтелектуальної системи автоматичної класифікації військової техніки на аерофотознімках на основі сучасних методів глибокого навчання та згорткових нейромережевих архітектур. Для досягнення зазначеної мети передбачено виконання системного аналізу існуючих технологічних рішень у сфері комп'ютерного зору, математичне обґрунтування та навчання глибокої моделі на базі згорткової архітектури ResNet34, а також розробку інтерактивного програмного комплексу із вебінтерфейсом для забезпечення зручної кінцевої взаємодії користувача з розробленим інструментарієм.

Результати дослідження. На початковому етапі дослідження було здійснено всебічний критичний огляд та аналіз функціональних можливостей сучасних хмарних і локальних екосистем комп'ютерного зору, серед яких детально розглянуто платформи Google Cloud Vision AI, Amazon Rekognition, апаратні рішення OpenCV AI Kit та детектори сімейства Ultralytics YOLO.

Порівняльний аналіз дозволив виявити їхні переваги та обмеження під час ідентифікації та детекції малорозмірних об'єктів на складних гетерогенних фонах.

Для безпосередньої програмної реалізації розпізнавального контуру було обрано архітектуру згорткової нейронної мережі ResNet34, яка завдяки застосуванню концепції залишкових з'єднань (residual connections) успішно нівелює проблему згасання або вибуху градієнтів у процесі оптимізації параметрів надглибоких моделей. Тренування та тонке налаштування моделі здійснювалося методом перенесення знань (transfer learning) на основі інтегрованого масиву графічних даних, сформованого з релевантних відкритих датасетів, зокрема 2022 Russia Ukraine War Losses, Oryx + Images та War_tech_v2.0 detection objects. На етапі підготовки даних реалізовано процедури стандартизації, примусової зміни просторового розміру матриць до фіксованої розмірності, нормалізації яскравості, а також динамічної аугментації шляхом випадкових поворотів, дзеркальних відображень та локального розмиття для штучного розширення узагальнюючої здатності класифікатора.

Архітектурне проєктування системи базувалося на модульному принципі, де математичне ядро було відокремлено від користувацького середовища. Розробка програмного комплексу виконувалася мовою програмування Python у середовищі Visual Studio Code із залученням фреймворку PyTorch як основного інструмента побудови та навчання глибоких нейромереж. Для низькорівневої обробки графічних файлів та маніпулювання матрицями застосовувалися спеціалізовані бібліотеки torchvision, Pillow та OpenCV. Важливою особливістю розробленого коду є інтеграція засобів апаратного прискорення обчислень на базі технології Metal Performance Shaders (MPS), що дозволило значно інтенсифікувати процеси тренування та інференсу.

Ефективність функціонування оптимізованої моделі ResNet34 оцінювалася за допомогою комплексу класичних статистичних метрик, включаючи загальну точність (accuracy), точність (precision), повноту (recall) та інтегральний критерій F1-score. Порівняльний аналіз матриці помилок (confusion matrix) підтвердив переваги обраної конфігурації порівняно з базовою моделлю ResNet18. Для вирішення проблеми "чорної скриньки" та підвищення інтерпретованості рішень штучного інтелекту було успішно впроваджено метод візуалізації Grad-CAM. Цей підхід дозволив генерувати двовимірні теплові карти активації, що наочно демонструють області кадрів, які мали найбільший математичний вплив на формування фінального прогнозу моделі.

Практичним результатом дослідження став повнофункціональний вебдодаток, створений за допомогою спеціалізованого фреймворку Streamlit. Цей інструментарій забезпечив розгортання інтерактивного інтерфейсу, через який користувач має можливість завантажувати цифрові аерофотознімки, ініціювати нейромережевий аналіз, отримувати точні ймовірнісні оцінки належності об'єкта до певного тактичного класу, а також спостерігати накладені карти активації Grad-CAM у реальному часі. Загальний вигляд розробленого інтерфейсу програмного комплексу під час обробки графічних даних представлено на рис. 14.

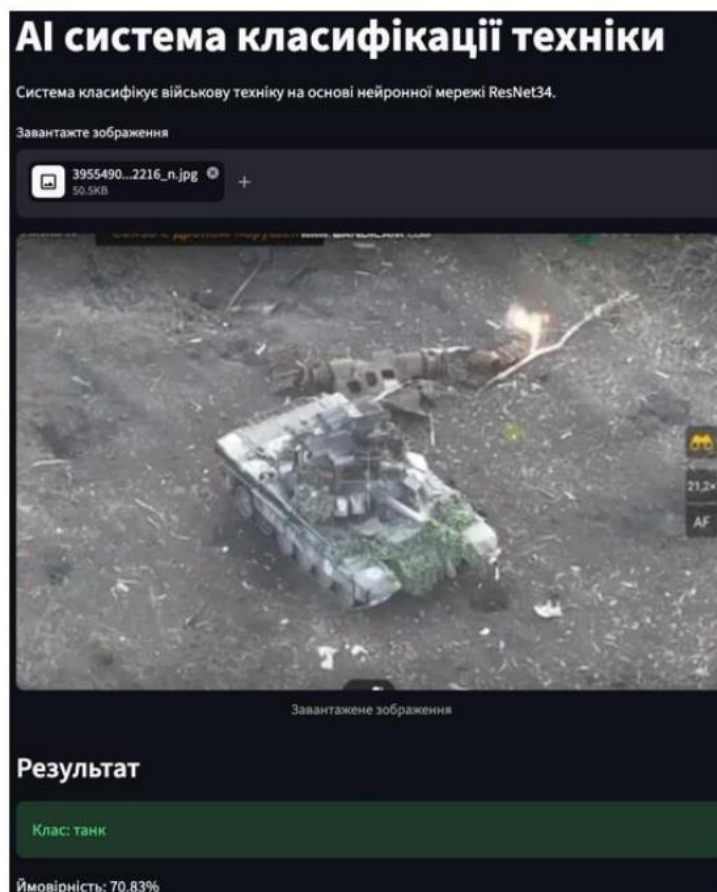


Рис. 14 Інтерфейс розробленої інтелектуальної системи класифікації військової техніки

Висновки та перспективи. У межах виконаної роботи успішно спроектовано та програмно реалізовано інтелектуальну систему автоматизованого розпізнавання військової техніки на матеріалах аерофотозйомки з використанням моделі ResNet34. Застосування технології Grad-CAM дозволило розв'язати задачу наукової прозорості моделі шляхом детальної візуалізації ділянок уваги нейромережі. Розроблений програмний комплекс має високий потенціал для впровадження у процеси обробки даних безпілотної розвідки та систем моніторингу територій. Подальші вектори досліджень доцільно спрямувати на масштабування навчальної вибірки, інтеграцію сучасних архітектур трансформерів типу Vision Transformers та адаптацію алгоритмів для детекції і трекінгу рухомих об'єктів у реальному часі на базі потокового відео.

Список використаних джерел:

1. He K., Zhang X., Ren S., Sun J. Deep Residual Learning for Image Recognition. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. 2016. P. 770–778. DOI: <https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.90>
2. Selvaraju R. R., Cogswell M., Das A., Vedantam R., Parikh D., Batra D. Grad-CAM: Visual Explanations from Deep Networks via Gradient-Based Localization. *International Journal of Computer Vision*. 2020. Vol. 128, no. 2. P. 336–359. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11263-019-01228-7>

МОДЕЛЮВАННЯ РИЗИКІВ СЕРЦЕВО-СУДИННИХ ПАТОЛОГІЙ МЕТОДОМ ДЕРЕВ РІШЕНЬ

Постановка задачі. На сьогодні серцево-судинні захворювання стабільно посідають провідні позиції серед основних причин інвалідизації та смертності населення в усьому світі. Експоненційне зростання обсягів клінічних і діагностичних даних у закладах охорони здоров'я зумовлює гостру науково-технічну потребу в автоматизації процесів первинного скринінгу, аналізу медичної інформації та оперативного оцінювання індивідуальних ризиків за допомогою методів інтелектуальних інформаційних технологій.

Серед існуючого математичного інструментарію машинного навчання особливе місце посідає алгоритм непараметричних дерев рішень (*Decision Trees*), який, на відміну від складних стохастичних моделей «чорної скриньки», поєднує високу роздільну здатність під час вирішення задач бінарної класифікації із прозорістю математичної логіки виведення рішень на основі фіксованого набору діагностичних параметрів.

Мета дослідження. Метою проведеного дослідження є математичне моделювання та оцінювання ефективності застосування алгоритму дерева рішень для прогнозування ймовірності виникнення серцево-судинних патологій на основі аналізу комплексу гетерогенних клінічних показників пацієнтів, а також системне дослідження інформативності окремих діагностичних ознак.

Результати дослідження. В межах цієї наукової роботи було спроектовано та програмно реалізовано прогностичну модель бінарної класифікації на основі критеріїв розщеплення Джині та ентропії інформації. Як емпіричний базис для навчання та верифікації моделі було використано еталонний клінічний набір даних UCI Heart Disease Dataset, що містить деперсоніфіковану телеметрію пацієнтів із зафіксованими параметрами анамнезу, лабораторних досліджень та функціональної діагностики.

Експериментальне оцінювання розробленого математичного апарату за допомогою процедури к-блочної крос-валідації підтвердило високу стабільність і відтворюваність результатів класифікації, за яких загальний рівень точності (Accuracy) коливається в діапазоні від 75% до 84% залежно від структурного розподілу валідаційної вибірки.

Обчислене збалансоване мірило (F1-score) для цільових класів *здоровий* та *хворий* пацієнт перевищило критичний поріг 0.75, що підтверджує стійкість системи до дисбалансу класів та високу прогностичну цінність моделі в умовах реального клінічного використання. Кількісні показники ефективності розпізнавання класів, метрики точності та відповідні математичні критерії оптимізації (функції втрат) наведені у табл. 5. Для забезпечення прозорості ухвалення клінічних рішень та візуалізації ієрархії розподілу ознак було згенеровано граф бінарного розщеплення.

Таблиця 5 Метрики розпізнавання класів та критерії оптимізації моделі дерева рішень

Цільовий клас	Метрика точності (Precision)	Метрика повноти (Recall)	Збалансована F1-міра (F1-score)	Застосована функція втрат / Критерій розщеплення
Клас 0 (Здоровий пацієнт)	0.81	0.79	0.80	Індекс Джині Інформаційна ентропія
Клас 1 (Пацієнт із патологією)	0.80	0.82	0.81	Індекс Джині Інформаційна ентропія

На кожному рівні деталізації моделі чітко простежуються правила відсікання, значення індексу Джині, обсяг вибірки (samples) та поточний розподіл за класами, що безпосередньо відображає внутрішню математичну логіку розв'язання задачі класифікації. Сформована структура непараметричного дерева рішень представлена на рис. 15.

Окрему науково-практичну цінність становить кількісний аналіз внеску ознак (Feature Importance), який дозволив виявити та математично обґрунтувати латентні закономірності в діагностичних даних. На основі розрахованих коефіцієнтів інформаційного виграшу було встановлено, що понад 75% сумарної дисперсії результуючого прогнозу визначається вектором із п'яти ключових домінантних показників.

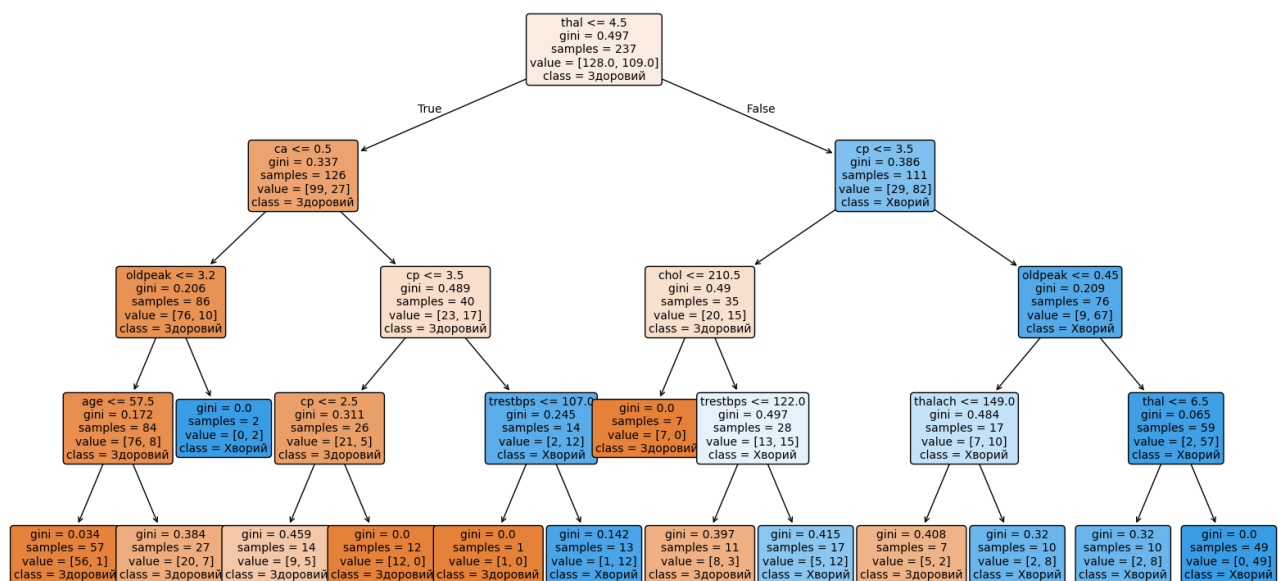


Рис. 15 Структура логічних правил *Дерева Рішень* для клінічної діагностики серцево-судинних патологій

Провідним чинником із вагою 24% виявився суб'єктивний тип болю в грудній клітці (cp), за яким із рівними частками по 15% слідують концентрація загального холестерину в сироватці крові та кількість магістральних судин, верифікованих методом флюороскопії, а замикають цей перелік індекс тахікардії та віковий фактор пацієнта. Зазначене спостереження доводить можливість суттєвої редукції розмірності простору ознак без втрати загальної узагальнювальної здатності моделі.

З огляду на сучасні тенденції інтерпретованого штучного інтелекту (ХАІ), логічні правила сформованого дерева рішень було додатково верифіковано з використанням концепції адитивних пояснень Шаплі (Shapley Additive exPlanations), що дозволило деталізувати траєкторію прийняття кожного класифікаційного рішення на локальному рівні, забезпечуючи високу довіру з боку медичного персоналу.

Висновки та перспективи. Узагальнюючи результати проведеного дослідження, можна констатувати, що алгоритм дерева рішень є високопродуктивним та інтуїтивно зрозумілим інструментом для задач прогнозування серцево-судинних ризиків. Його фундаментальна перевага полягає у можливості детермінованого відстеження логічних кроків діагностики, що мінімізує ймовірність експлуатаційних помилок. Результати аналізу доводять недоцільність збору надлишкових лабораторних маркерів, оскільки фокусування уваги на виявленому ядрі ключових факторів дозволяє прискорити ухвалення рішень в умовах обмеженого часу. Перспективним вектором подальших досліджень є побудова гібридних інтелектуальних систем, які поєднують ансамблеві методи випадкових лісів (*Random Forest*) з аналітичними модулями інтерпретації, що дозволить підвищити точність діагностики за збереження абсолютної прозорості алгоритмів.

Список використаних джерел:

1. Heart Disease Data Set. UCI Machine Learning Repository : веб-сайт. URL: <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/heart+disease> (дата звернення: 08.05.2026).
2. Pedregosa F., Varoquaux G., Gramfort A. et al. Scikit-learn: Machine Learning in Python. *Journal of Machine Learning Research*. 2011. Vol. 12. P. 2825–2830. URL: <https://jmlr.org/papers/v12/pedregosa11a.html> (дата звернення: 08.05.2026).
3. Lundberg S. M., Lee S. I. A Unified Approach to Interpreting Model Predictions. *Advances in Neural Information Processing Systems*. 2017. Vol. 30. P. 4765–4774. DOI: <https://doi.org/10.5555/3295222.3295230>.
4. Breiman L., Friedman J. H., Olshen R. A., Stone C. J. Classification and Regression Trees. New York : Routledge, 1984. 368 p. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781315139470>.

*Кооп Катерина Олександрівна, студентка ДУІКТ
Чичкарьов Євгеній Анатолійович, д.т.н., доцент ДУІКТ*

СИСТЕМА КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ

Постановка задачі. Сучасні системи комп'ютерного зору активно використовуються у сфері відеоспостереження, транспортного моніторингу, безпеки та автоматизації. Одним із головних напрямів є автоматизоване розпізнавання об'єктів на зображеннях та у відеопотоці. Однак значна частина сучасних рішень потребує використання високопродуктивних графічних

прискорювачів, що обмежує їх застосування на звичайних персональних комп'ютерах.

Актуальним завданням є створення системи, здатної виконувати розпізнавання об'єктів у режимі, наближеному до реального часу, із використанням центрального процесора без обов'язкового застосування GPU.

Мета дослідження. Метою роботи є розробка системи автоматизованого розпізнавання об'єктів у реальному часі з підтримкою аналізу зображень, відеофайлів та відеопотоку з веб-камери. У роботі було поставлено завдання спроектувати архітектуру системи, реалізувати веб-інтерфейс користувача, інтегрувати механізм детекції об'єктів, реалізувати фільтрацію результатів та забезпечити стабільну роботу системи на CPU.

Результати та дослідження. У результаті виконання кваліфікаційної роботи було проведено дослідження сучасних методів комп'ютерного зору та алгоритмів об'єктної детекції. Виконано порівняльний аналіз підходів на основі архітектур R-CNN, SSD та YOLO, що дозволило обґрунтувати вибір моделі YOLOv8n як оптимального рішення, яке забезпечує баланс між точністю розпізнавання та швидкістю обробки даних.

У межах роботи розроблено програмний комплекс для автоматизованого розпізнавання об'єктів, який включає веб-інтерфейс для взаємодії з користувачем. Система підтримує обробку статичних зображень, відеофайлів та відеопотоку з веб-камери в режимі реального часу. Реалізовано функціонал вибору класів об'єктів, налаштування порогу впевненості моделі та можливість повного або часткового аналізу сцени.

Проведене тестування показало, що розроблена система стабільно працює в різних умовах експлуатації та коректно виконує функції детекції об'єктів. Особливу увагу приділено перевірці продуктивності на центральному процесорі без використання графічного прискорення, де система продемонструвала прийнятний час обробки кадрів, що дозволяє застосовувати її в режимі реального часу. Додатково було проведено аналіз точності та швидкодії роботи моделі з використанням основних метрик комп'ютерного зору, зокрема рівня впевненості детекції та часу інференсу. Результати експериментів підтвердили стабільність роботи алгоритму та його придатність до практичного використання.

Таким чином, отримані результати підтверджують ефективність розробленого програмного рішення та правильність обраного підходу до побудови системи комп'ютерного зору на основі YOLOv8n.

Висновки та перспективи. У роботі створено технічно завершений програмний комплекс для автоматизованого розпізнавання об'єктів, який може використовуватись у навчальних цілях, системах відеомоніторингу, домашньої безпеки та аналізу транспортних або людських потоків. Подальший розвиток системи може бути пов'язаний із підтримкою апаратного прискорення GPU, донавчанням моделі на спеціалізованих наборах даних, розгортанням REST API сервісу та оптимізацією роботи на Edge-пристроях.

Список використаних джерел

1. Redmon J., Farhadi A. YOLOv3: An Incremental Improvement // arXiv preprint arXiv:1804.02767. – 2018.

2. Jocher G., Chaurasia A., Qiu J. Ultralytics YOLO Documentation. – Режим доступу: <https://docs.ultralytics.com>.
4. Gradio Documentation. – Режим доступу: <https://www.gradio.app>.
3. Bradski G. The OpenCV Library // Dr. Dobb's Journal of Software Tools. – 2000.

*Кулик Володимир Вікторович, студент ДУІКТ
Кисіль Тетяна Миколаївна, ст. викладач ДУІКТ*

СИСТЕМА МУЛЬТИКЛАСОВОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ РОЗШИРЕНИХ АФЕКТИВНИХ СТАНІВ НА ЗОБРАЖЕННЯХ ЗАСОБАМИ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ

Постановка задачі. Розпізнавання афективних станів людини на зображеннях обличчя (Facial Expression Recognition, FER) є одним із провідних напрямів сучасного комп'ютерного зору. За даними систематичного огляду 2024 року [1], кількість публікацій у базі Scopus за ключовою фразою «facial expression recognition» зросла з понад 600 у 2020 році до більш ніж 1100 у 2023, а світовий ринок систем розпізнавання емоцій оцінюється у понад 4 мільярди доларів США з прогнозом подвоєння до 2030 року. Попри значні досягнення трансформерних архітектур, їх обчислювальна вартість залишається надмірною для прикладних демонстраційних застосунків, які мають працювати на персональних комп'ютерах без апаратного прискорення. Тому актуальним завданням є створення компактної системи на основі згорткових нейронних мереж, що забезпечує класифікацію емоцій за сімома класами (гнів, відраза, страх, радість, сум, подив, нейтральний) з точністю, не нижчою за рівень людини-розмітника, при часі обробки до 200 мс на CPU.

Мета дослідження. Проектування та програмна реалізація системи мультикласової класифікації афективних станів на зображеннях засобами глибокого навчання у вигляді десктопного застосунку, придатного для практичного використання у навчальних та демонстраційних цілях.

Результати дослідження. Спроектовано та реалізовано згорткову нейронну мережу з 1 899 751 параметра та обсягом 7,25 МБ, що складається з 4 згорткових блоків з подвоєнням кількості фільтрів та класифікатора з 3 повнозв'язних прошарків. Кожен згортковий блок містить прошарки Conv2D, BatchNormalization, ReLU, MaxPooling та Dropout.

Навчання моделі виконано на датасеті FER2013 [2], що містить 28 709 тренувальних та 7 178 тестових зображень розміром 48×48 пікселів у градаціях сірого. Порівняння продуктивності розглянутих архітектур на тестовій вибірці FER2013 наведено в табл. 6. За основу взято власну згорткову архітектуру помірної глибини, яка забезпечує оптимальний баланс між точністю, обчислювальною вартістю та простотою реалізації для десктопного застосунку. Навчання відбувалося з використанням функції втрат – категоричної крос-ентропії [2].

Таблиця 6 Порівняння CNN-архітектур на тестовій вибірці FER2013

<i>Архітектура</i>	<i>Параметри, млн</i>	<i>Розмір, МБ</i>	<i>Точність (Тор-1), %</i>
Базова CNN (власна)	1,9	7,25	67,8
VGGNet (донавчена)	138	~528	73,28
Ансамбль глибоких CNN	~50	~200	75,20
ЕмоNeXt (увага)	~30	~120	76,00
ConvNeXt + TripSE	~88	~340	78,30

Відповідно до проведеного дослідження, базова CNN досягає 67,8 % точності, що перевищує точність людини-розмітника на цьому датасеті (65,5 %). Більш складні архітектури (VGGNet, ансамблі, ЕмоNeXt, ConvNeXt+TripSE) демонструють вищі показники (73–78 %), проте за рахунок обсягу моделі (~120–530 МБ) та значно вищої обчислювальної вартості, що робить їх непридатними для роботи на стандартному CPU без апаратного прискорення.

Для детекції обличчя на вхідному зображенні обрано класичний каскадний детектор Хаара з бібліотеки OpenCV, який забезпечує час обробки 20–40 мс на CPU при достатній точності для фронтальних обличчя. Програмну реалізацію виконано на мові Python (TensorFlow 2.21 з інтерфейсом Keras 2, OpenCV, Tkinter) загальним обсягом близько 950 рядків коду. Час обробки одного зображення на CPU становить 155 мс, що задовольняє нефункціональну вимогу не більше 200 мс. Інтегральні метрики класифікації на тестовій вибірці: macro-F1 – 0,65, weighted-F1 – 0,67.

Висновки та перспективи. Розроблений програмний продукт повністю задовольняє сформульовані функціональні та нефункціональні вимоги. Точність моделі (67,8 %) перевершує цільовий поріг 65 % та точність людини-розмітника на FER2013 (65,5 %), час обробки одного зображення (155 мс) задовольняє вимогу не більше 200 мс, обсяг моделі (7,25 МБ) задовольняє обмеження 100 МБ для дистрибутиву. Система готова до використання у навчальних і демонстраційних цілях. У подальших дослідженнях планується: по-перше, підвищення точності моделі через використання попередньо натренованих архітектур (transfer learning з VGG, ResNet або EfficientNet); по-друге, розширення функціоналу системи на обробку відеопотоку у реальному часі; по-третє, додавання можливості донавчання моделі на користувацьких даних та портування програмного продукту на мобільні платформи.

Список використаних джерел:

1. Kopalidis T., Solachidis V., Vretos N., Daras P. Advances in Facial Expression Recognition: A Survey of Methods, Benchmarks, Models, and Datasets // Information. – 2024. – Vol. 15, No. 3. – P. 135. – DOI: <https://doi.org/10.3390/info15030135>
2. Goodfellow I. J., Erhan D., Carrier P. L. та ін. Challenges in Representation Learning: A Report on Three Machine Learning Contests // Neural Networks. – 2015. – Vol. 64. – P. 59–63. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neunet.2014.09.005>

3. Khaireddin Y., Chen Z. Facial Emotion Recognition: State of the Art Performance on FER2013 // arXiv preprint. – 2021. – arXiv:2105.03588. – URL: <https://arxiv.org/abs/2105.03588>

4. Wang Y., Sun Y., Liu Y., Wang Y. A Survey on Facial Expression Recognition of Static and Dynamic Emotions // arXiv preprint. – 2024. – arXiv:2408.15777. – URL: <https://arxiv.org/abs/2408.15777>

*Лебединченко Карина Олексіївна, студентка ДУІКТ
Звенигородський Олександр Сергійович, к.т.н., доцент ДУІКТ*

РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОНОМНОГО КЕРУВАННЯ БПЛА У ЗАДАЧАХ ДИНАМІЧНОГО СЛІДКУВАННЯ ЗА ЦІЛЮ НА ОСНОВІ НАВЧАННЯ З ПІДКРІПЛЕННЯМ

Постановка задачі. Сучасні тенденції розвитку безпілотних літальних апаратів (БПЛА) вимагають підвищення рівня їхньої автономності під час виконання складних місій у динамічних та невизначених середовищах. Стандартні методи автономного керування демонструють високі показники лише за наявності стабільних умов. Але у задачах слідування за цілями, що рухаються непередбачувано такі підходи стикаються із проблемою високої обчислювальної складності та затримки в контурі керування.

Тому постає питання в розробці системи, яка здатна генерувати оптимальні керуючі сигнали для БПЛА завдяки безпосередньому сприйняттю стану зовнішнього середовища.

Мета дослідження. Метою дослідження є підвищення точності та стабільності автономного слідування БПЛА за рухомою ціллю шляхом розробки та навчання моделі на основі алгоритмів глибокого навчання з підкріпленням (Deep Reinforcement Learning, DRL) у симуляційному середовищі.

Результати досліджень. У ході роботи було реалізовано та досліджено архітектуру системи автономного керування на основі методів градієнта стратегії. Базовими алгоритмами для навчання було обрано та протестовано методи PPO (Proximal Policy Optimization) та SAC (Soft Actor-Critic).

Для проведення дослідження використовувалось 3D симуляційне середовище. Розгорнуте середовище дає можливість дослідити кінематику дрона та відтворити сценарій, близький до реального. Завдяки інтегрованим модулям у середовищі є можливість створення непередбачуваних маневрів об'єкта.

Під час дослідження було проведено оптимізацію функції алгоритму за допомогою формування винагороди (Reward Shaping). Після впровадження штрафного коефіцієнта за дестабілізацію БПЛА або помилки помічено покращення стабільності польоту. Такий підхід допоміг знизити амплітуду коливань дрону на 21% порівняно зі стандартною функцією.

Результати дослідження. У межах проведеного науково-технічного дослідження було спроектовано, програмно реалізовано та комплексно проаналізовано інтегровану архітектуру системи автономного інтелектуального

керування безпілотними літальними апаратами, що функціонує на принципах градієнта стратегії. Як фундаментальний математичний базис для синтезу законів керування в безперервному просторі дій було апробовано та порівняно сучасні алгоритми проксимальної оптимізації політики (PPO) та стохастичного актор-критика (SAC). Розроблена дворівнева нейромережева модель, що складається з мережі Актора для безпосередньої генерації нормованих команд керування та мережі Критика для оцінки поточної ціннісної функції станів, забезпечує високу адаптивність системи до динамічних умов польоту.

Експериментальна верифікація запропонованих рішень здійснювалася у високоточному тривимірному симуляційному просторі PyBullet Physics, який дозволив детально змодельовати складну нелінійну кінематику мультироторної платформи, роботу віртуальних інерціальних сенсорів IMU та різноманітні сценарії збуреного руху з непередбачуваними маневрами цільового об'єкта. Замкнений контур інформаційного обміну, де взаємодія між нейромережевим інтелектуальним агентом та віртуальним авіаційним середовищем відбувається через передачу фізичних векторів дій A_t та зворотний зв'язок у вигляді векторів спостережень S_t , відображає сформовану архітектурна модель (рис. 16).

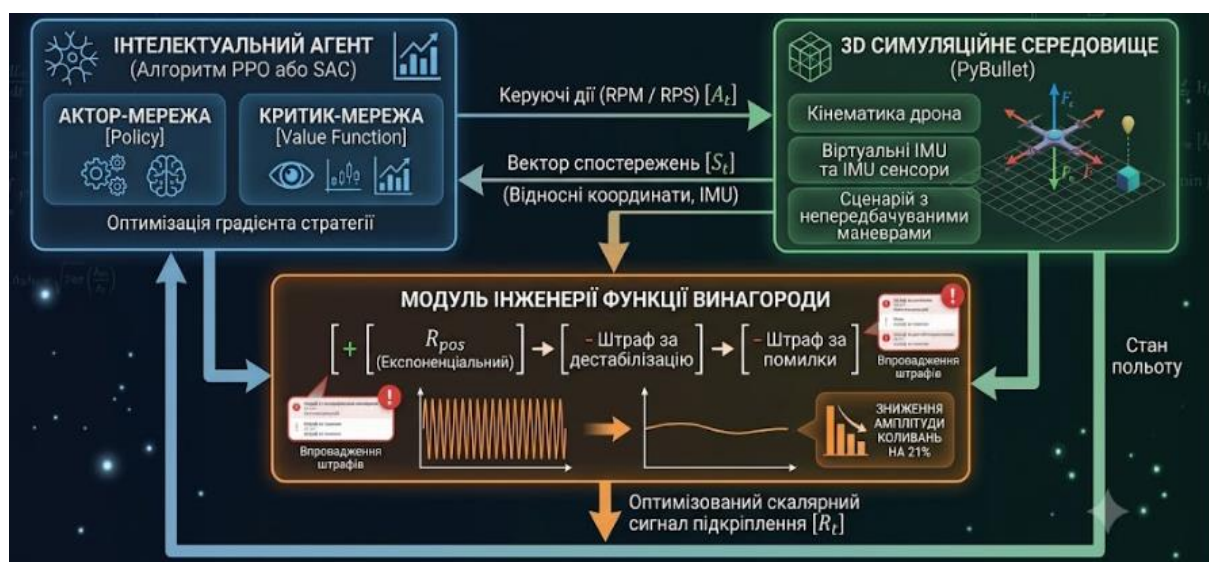


Рис. 16 Структурна схема системи та формування винагород для покращення стабільності БПЛА

Ключовим елементом підвищення робастності й стійкості синтезованого контролера став розроблений модуль інженерії функцій винагороди, що реалізує концепцію гнучкого переформування цільового критерію (*Reward Reshaping*). Математична структура скалярної винагороди була модифікована шляхом суперпозиції експоненціального компонента позиційного узгодження із динамічними штрафними коефіцієнтами за кутову нестабілізацію планера та накопичені кінематичні помилки слідування. Впровадження такого адаптивного механізму фільтрації критичних станів та предиктивного гальмування безпосередньо в процесі оптимізації політики дозволило ефективно пригнітити небажані високочастотні коливання актуаторів. У результаті стохастичного навчання було досягнуто вираженого ефекту демпфування динамічних збурень, що підтверджується стійким зниженням амплітуди коливань дрону на 21%

порівняно зі стандартними стратегіями підкріплення, суттєво мінімізуючи ризик механічних пошкоджень елементів рами при переході до умов реального польоту.

Висновки та перспективи. Застосування RL для БПЛА дозволяє створити систему керування, яка може адаптуватись до нелінійної динаміки об'єкта відстежування. Під час дослідження було виявлено ряд переваг у використанні безперервного простору дій для досягнення більш стабільного польоту дрону під час стеження за ціллю. У майбутньому досліджену модель можна інтегрувати в програмне забезпечення (ПО) БПЛА для застосування в пошукових операціях, екологічного моніторингу за тваринами, а також кіноіндустрії для автоматизації зйомок.

Список використаних джерел:

1. AlMahamid F., Grolinger K. Reinforcement learning algorithms for unmanned aerial vehicles: A comprehensive review. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 2022, vol. 105, no. 3, p. 65. DOI: 10.1007/s10846-022-01643-y
2. Huang Y., Ji Y., CBF-driven Safe Reinforcement Learning for UAV Navigation in Turbulent Environments. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 2024, vol. 21, no. 2, pp. 1102-1115. DOI: 10.1109/TASE.2023.3289110
3. Khanzada U., Al-Milli N. Evaluation of deep reinforcement learning algorithms (PPO, SAC, TD3) for autonomous drone navigation. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 2023, vol. 14, no. 5, pp. 240-248. DOI: 10.14569/IJACSA.2023.0140529
4. Kaufmann E., Bauersfeld L., Loquercio A., Scaramuzza D. Champion-level drone racing using deep reinforcement learning. *Nature*, 2023, vol. 620, pp. 982–987. DOI: 10.1038/s41586-023-06419-4

*Остренський Нікіта Петрович, студент ДУІКТ
Кисіль Тетяна Миколаївна, ст. викладач ДУІКТ*

ТЕХНОЛОГІЇ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ В СИСТЕМАХ ВІДЕОНАГЛЯДУ

Постановка задачі. Сучасні інформаційні технології та засоби комп'ютерного зору суттєво змінюють підходи до методології та організації наукових досліджень. Широке впровадження високоточних засобів відеофіксації під час проведення експериментів дозволяє накопичувати значні масиви складноструктурованої візуальної інформації. Проте в більшості випадків аналіз та дешифрування таких даних досі виконуються операторами вручну, що спричиняє значні часові витрати, обмежує пропускну здатність обробки великих інформаційних потоків і створює високі ризики появи помилок через вплив людського фактора. У зв'язку з цим виникає гостра науково-технічна потреба у розробці та впровадженні інтелектуальних інформаційних технологій, здатних здійснювати експрес-аналіз потокових відеоданих безпосередньо у реальному часі.

Мета дослідження. Метою дослідження є обґрунтування, архітектурне проектування та аналіз ефективності інформаційних технологій інтелектуального аналізу відеоданих у реальному часі для повної або часткової автоматизації реєстрації подій та об'єктів під час проведення наукових і лабораторних експериментів.

Результати дослідження. Інтеграція методів штучного інтелекту та архітектур глибокого навчання дозволяє повністю автоматизувати процеси виявлення, мультикласової класифікації та динамічного трекінгу об'єктів у вхідному відеопотоці. Центральним вектором розвитку таких систем стало активне впровадження згорткових нейронних мереж, які забезпечують автоматичне вилучення інформативних просторово-часових ознак із графічних матриць без необхідності ручного проектування дескрипторів. Порівняно з класичними детермінованими методами комп'ютерного зору, сучасні глибокі моделі демонструють вищу стійкість до флуктуацій освітленості, оптичних шумів та випадкових зсувів реєструвальної камери.

Для забезпечення обробки відеопотоків у реальному часі найбільшу ефективність демонструють single-shot архітектури нейромереж, зокрема сімейства YOLO та SSD, а також двоетапні класифікатори типу Faster R-CNN. Практична перевага моделей YOLO полягає у високій обчислювальній швидкодії, що дозволяє системі оперативно реагувати на швидкі фізико-хімічні чи біологічні зміни у досліджуваних процесах.

В рамках автоматизації лабораторних комплексів розроблена технологічна структура забезпечує безперервну фіксацію траєкторій руху мікрооб'єктів, реєстрацію просторових зміщень обладнання та автоматичне протоколювання критичних подій без залучення інженера. Загальну структурну схему інформаційної взаємодії та організації модулів розробленого програмного комплексу представлено на рис. 17.

Суттєвою перевагою архітектури є її висока інтеграційна здатність, яка дозволяє автоматично ретранслювати векторизовані результати аналізу до реляційних баз даних, зовнішніх систем моніторингу або програмних контурів керування експериментальним обладнанням. Це сприяє формуванню єдиного інформаційного простору, підвищує коефіцієнт повторюваності експериментів та нівелює суб'єктивне оцінювання. Спектр прикладного застосування охоплює біологічні спостереження за кінетикою клітин, аналіз кінематичних траєкторій частинок у фізичних стендах, а також контроль стабільності промислових процесів.

Головним технічним обмеженням таких систем залишається балансування між швидкістю інференсу та точністю детекції, оскільки обробка високої щільності кадрів потребує значних обчислювальних ресурсів. Для подолання цього бар'єра залучаються методи апаратного прискорення на базі графічних процесорів, оптимізація ваг нейромереж шляхом квантування, а також використання спеціалізованих бібліотек паралельних обчислень.

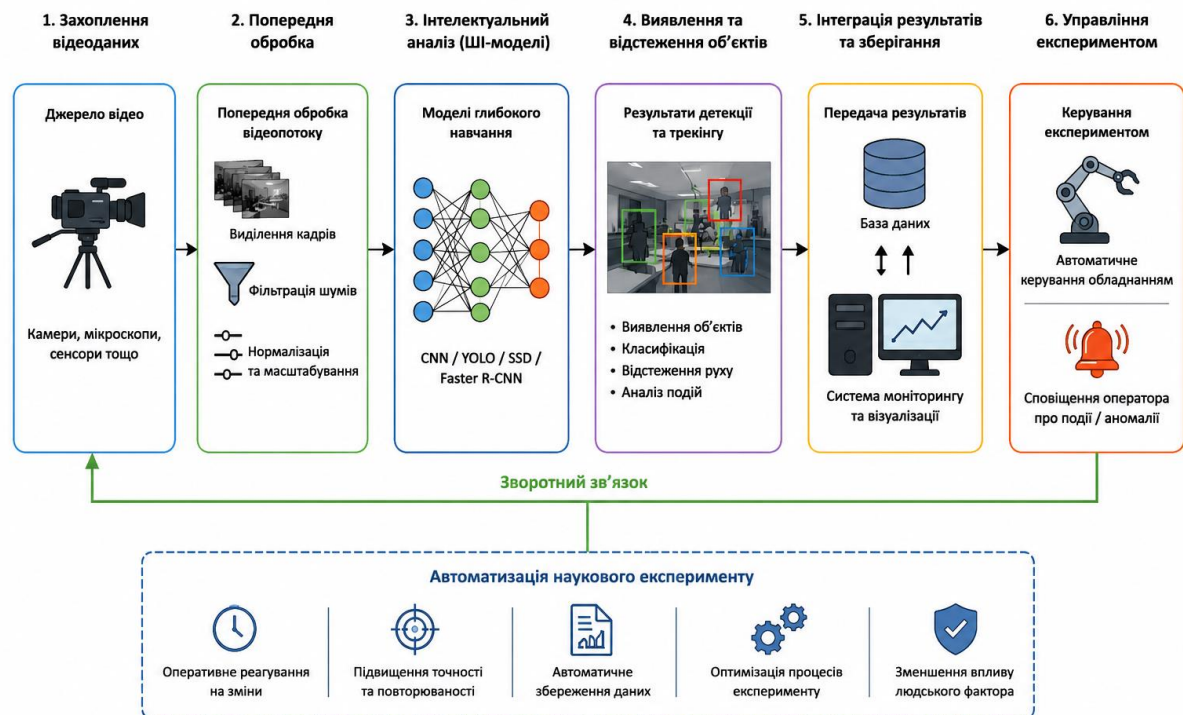


Рис. 17. Загальна структура системи інтелектуального аналізу відеоданих у реальному часі

Крім того, критичним аспектом є якість та репрезентативність навчальних вибірок, що обумовлює необхідність постійного вдосконалення методів аугментації та напіваавтоматичної розмітки специфічних датасетів.

Висновки та перспективи. Проведене дослідження підтверджує, що впровадження методів глибокого навчання та комп'ютерного зору в експериментальну наукову практику дозволяє суттєво прискорити процеси обробки візуальної телеметрії, мінімізувати вплив людського фактора та підвищити загальну достовірність метрик. Подальший розвиток цього науково-технічного напрямку пов'язаний із модернізацією архітектур нейронних мереж (зокрема, адаптацією Vision Transformers), алгоритмічною оптимізацією обчислень для Edge-пристроїв та безпосередньою глибокою інтеграцією розроблених аналітичних модулів у контури управління сучасних автоматизованих дослідницьких комплексів.

Список використаних джерел:

1. Szeliski R. *Computer Vision: Algorithms and Applications*. 2nd ed. Springer, 2022. 979 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-0716-1844-8>
2. Redmon J., Divvala S., Girshick R., Farhadi A. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. 2016. P. 779–788. DOI: <https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.91>
3. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. *Deep Learning*. Cambridge : MIT Press, 2016. 800 p.

НЕЙРОМЕРЕЖЕВІ ТА ПАРАМЕТРИЧНІ МОДЕЛІ У ЗАДАЧАХ ВИЯВЛЕННЯ ФІНАНСОВИХ АНОМАЛІЙ

Стрімка цифровізація фінансового сектору та інтенсифікація обсягів безготівкових розрахунків супроводжуються розширенням поверхні кіберзагроз для платіжних інструментів. За даними аналітичних звітів *The Nilson Report*, сумарні глобальні збитки від шахрайства у 2023 році склали 34,07 млрд доларів США. В умовах фінансового ринку України проблема масштабується: Національним банком України зафіксовано 318,8 тисячі шахрайських операцій за вказаний період, причому 79 % із них реалізовано із застосуванням методів соціальної інженерії. Традиційні промислові системи протидії шахрайству (*rule-based*), побудовані на фіксованих експертних правилах, демонструють незадовільну селективну здатність, генеруючи до 90—95 % хибно-позитивних спрацювань (*false alarms*). Це зумовлює актуальність переходу до інтелектуальних методів машинного навчання (*Machine Learning*), здатних виявляти нелінійні багатовимірні паттерни аномальної поведінки.

Постановка задачі. Процес ідентифікації нелегітимних операцій формалізується як задача бінарної класифікації у незбалансованому просторі ознак. Нехай задано навчальну вибірку $D = \{(x_i, y_i)\}_{i=1}^N$, де $x_i \in R^d$ в якій d являється вектором дескрипторів фінансової транзакції. Тоді як, $y_i \in \{0, 1\}$ — цільова мітка класу ($y_i = 0$ для легітимних операцій, $y_i = 1$ для шахрайських). Необхідно побудувати $f: R^d \rightarrow [0, 1]$, що мінімізує ризик на основі функції бінарної перехресної ентропії (*Binary Cross-Entropy*) з урахуванням вагових коефіцієнтів класів для компенсації дисбалансу $C_0 \gg C_1$.

Мета дослідження полягає у підвищенні ефективності виявлення нелегітимних транзакцій платіжних карток шляхом проектування модульної програмної системи та проведення компаративного аналізу лінійного параметричного класифікатора й нелінійної нейромережевої моделі глибокого навчання в ідентичних експериментальних умовах.

Результати дослідження. Архітектура розробленої програмної системи є клієнт-серверною. Обчислювальне ядро розгорнуто як веб-сервіс інференсу з використанням асинхронного фреймворку *FastAPI*. Для кінцевого користувача (адміністратора, офіцера безпеки) реалізовано інтерактивний веб-інтерфейс, який забезпечує виконання повного конвеєра: завантаження вхідних масивів даних, ініціалізацію та моніторинг параметрів навчання, а також інтелектуальний потранзакційний аналіз ризиків. Графічне представлення розробленого інтерфейсу системи з інструментами керування навчанням моделей продемонстровано на рис. 18. У межах дослідження реалізовано дві математично відмінні моделі. Першою з них є логістична регресія (*LogReg*) з $L2$ -регуляризацією, параметри якої оптимізовано за допомогою квазі-ньютонівського алгоритму обмеженої пам'яті L-BFGS.

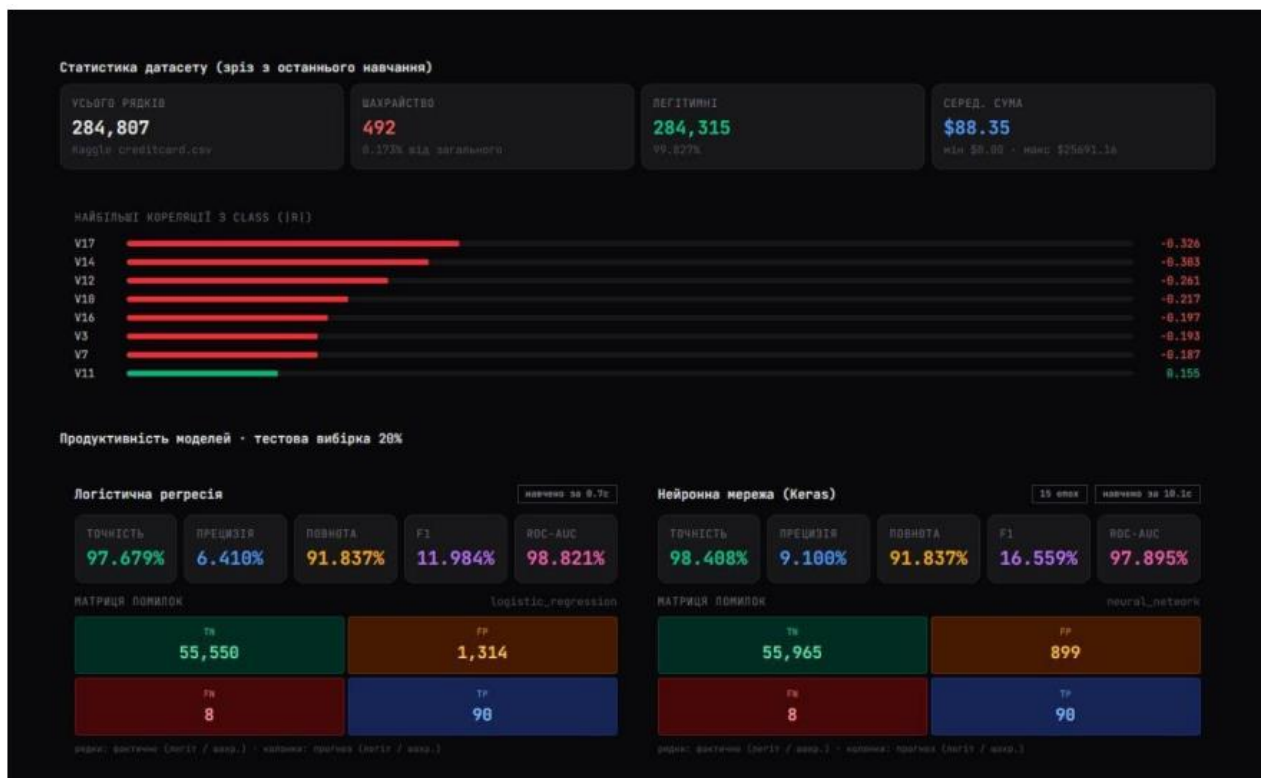


Рис. 18 Графічний інтерфейс розробленого веб-сервісу: модуль адміністрування та керування конвеєром навчання моделей

Іншою моделлю являється багатошарова повнозв'язана нейронна мережа прямого поширення (Feedforward Neural Network) архітектури Sequential. Дана мережа містить чотири послідовні шари, а саме три приховані, які мають 200, 100 та 20 нейронів відповідно, а також вихідний односигмоїдний шар. При цьому як активаційні функції для перших двох прошарків використано логістичну сигмоїду, тоді як для третього шару застосовано випрямлену лінійну одиницю ReLU. Оптимізацію градієнтного спуску для нейромережі здійснено за адаптивним методом Adam зі швидкістю навчання $\alpha = 0,003$.

Емпіричним базисом виступає еталонний датасет *Kaggle Credit Card Fraud Detection (ULB)*, який містить 284 807 транзакцій, де лише 492 операції є шахрайськими (екстремальний дисбаланс класів на рівні 0,173 %).

Оцінювання узагальненої здатності моделей виконано на тестовій вибірці (20 % від загального масиву) за умов стратифікації. Експериментальні метрики зафіксували ідентичну чутливість обох алгоритмів щодо ідентифікації цільового класу шахрайств: показник повноти виявлення (*Recall*) склав 91,84 % (коректно класифіковано 90 із 98 латентних шахрайських транзакцій). Компаративні результати за іншими критеріями наведено у табл. 6.

Таблиця 7. Порівняльний аналіз експлуатаційних характеристик моделей

Модель класифікації	Точність (Precision)	Інтегральна F1-міра	Метрика ROC-AUC	Часові витрати на навчання, с
Логістична регресія	6,41 %	11,98 %	98,82 %	0,74
Нейронна мережа (Keras Sequential)	9,10 %	16,56 %	97,90 %	10,12

Математичний аналіз результатів свідчить, що нейронна мережа за рахунок нелінійних ієрархічних зв'язків суттєво оптимізувала простір рішень, забезпечивши зниження обсягу хибно-позитивних спрацювань (*False Positives*) на 31,6 % (зменшення з 1314 до 899 випадків) порівняно з лінійною регресією. Водночас логістична регресія виявилася обчислювально ефективнішою, продемонструвавши вищу швидкість збіжності алгоритму оптимізації (час тренування у 14 разів менший) та дещо кращу площу під ROC-кривою (*ROC-AUC*), що підтверджує її високу здатність на початкових етапах ранжування ймовірностей.

Висновки та перспективи. Дослідження довело відсутність абсолютно домінуючої архітектури для сильно незбалансованих транзакційних даних. Параметрична модель логістичної регресії є раціональним вибором для інтеграції у високонавантажені платіжні шлюзи як первинний низькозатратний фільтр реального часу (*real-time streaming analytics*), що потребує перманентного динамічного перенавчання. Застосування повнозв'язаної нейронної мережі є доцільним на етапі вторинного поглибленого скорингу пограничних транзакцій, оскільки мінімізація хибних алертів без втрати чутливості знижує операційне навантаження на верифікаторів банківської установи. Подальший розвиток системи спрямовано на реалізацію гібридних ансамблевих архітектур (*Stacking/Soft Voting*) та впровадження методів динамічного ресемплінгу (*SMOTE/ADASYN*).

Список використаних джерел:

1. Card Fraud Worldwide: Annual Statistics 2022—2023. *The Nilson Report*. 2024. Issue 1252. URL: <https://nilsonreport.com> (дата звернення: 05.05.2026).
2. Pozzolo A. D., Caelen O., Johnson R. A., Bontempi G. Calibrating Probability with Undersampling for Unbalanced Classification. *Proceedings of the 2015 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence*. 2015. P. 159–166. DOI: [10.1109/SSCI.2015.33](https://doi.org/10.1109/SSCI.2015.33).
3. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. *Deep Learning*. Cambridge, MA : MIT Press, 2016. 800 p. URL: <https://www.deeplearningbook.org>.
4. Kingma D. P., Ba J. Adam: A Method for Stochastic Optimization. *International Conference on Learning Representations (ICLR)*. 2015. P. 1–15. DOI: [10.48550/arXiv.1412.6980](https://doi.org/10.48550/arXiv.1412.6980).

Реденський Олександр Олексійович, студент КНУ імені Тараса Шевченка
Котляр Олег Васильович, студент КНУ імені Тараса Шевченка
Духновська Ксенія Костянтинівна, к. т. н., доцент КНУ імені Тараса Шевченка

ПОРІВНЯННЯ АЛГОРИТМІВ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ ДЛЯ ПОБУДОВИ БАГАТОФАСЕТНОГО ПРОФІЛЮ АВТОРА

Постановка задачі. Зростання кількості наукових публікацій у відкритих цифрових бібліотеках і наукометричних базах ускладнює персоналізований пошук матеріалів, релевантних конкретному досліднику. Для врахування

індивідуального наукового контексту користувача доцільно формувати профіль автора на основі його попередніх публікацій. Однак одновекторне представлення такого профілю усереднює всі напрями дослідницької діяльності автора й може змішувати різні тематики, що погіршує точність подальшої персоналізації, особливо для авторів, які працюють у кількох наукових напрямках. Тому актуальною є задача побудови багатофасетного профілю автора, у якому окремі тематичні напрями подаються як самостійні кластери публікацій. Ключовим етапом такої побудови є вибір алгоритму кластеризації ембедингів наукових робіт, здатного формувати компактні та відокремлені тематичні групи без надмірного змішування різних дослідницьких інтересів.

Мета дослідження. Метою роботи є порівняння алгоритмів кластеризації ембедингів наукових публікацій автора та обґрунтування вибору методу, найбільш придатного для побудови багатофасетного профілю дослідника в системі рекомендації наукових матеріалів. Такий підхід передбачає групування публікацій автора за тематичними напрямками та побудову окремого центроїда для кожного кластера. Сформований профіль може використовуватися як додатковий персоналізований сигнал у системі гібридного пошуку.

Результати дослідження. У межах запропонованого підходу кожна публікація автора подається у вигляді семантичного вектора. Для цього доцільно використовувати моделі, орієнтовані на наукові тексти, зокрема SPECTER2 [1]. Побудовані ембединги формують простір, у якому близькі за змістом роботи розташовуються ближче одна до одної.

Для виділення тематичних груп використано алгоритм HDBSCAN [2]. Його перевага полягає в тому, що він не потребує попереднього задання кількості кластерів, може працювати з групами різної густини та здатний виділяти шумові точки. Це важливо для профілю автора, оскільки не кожна публікація обов'язково належить до одного зі сталих напрямів досліджень.

Для перевірки доцільності вибору алгоритму кластеризації було сформовано обмежений корпус робіт з OpenAlex [3], що містить близько 200 000 робіт. Використовуючи вибірку зі 100 авторів, що мають принаймні по 20 робіт у завантаженому корпусі, було порівняно HDBSCAN, Agglomerative Clustering та K-Means за внутрішніми метриками якості (таблиця 1). Dunn Index відображає співвідношення між міжкластерною відокремленістю та внутрішньокластерною компактністю. Silhouette оцінює, наскільки об'єкт ближчий до власного кластера, ніж до найближчого іншого кластера. Отримані результати (табл. 8) свідчать, що HDBSCAN формує більш відокремлені та компактні тематичні групи робіт автора.

Висновки та перспективи. У роботі обґрунтовано доцільність використання кластеризації ембедингів наукових публікацій для побудови багатофасетного профілю автора. Порівняння HDBSCAN, Agglomerative Clustering та K-Means за метриками Mean Dunn і Mean Silhouette показало, що HDBSCAN формує більш компактні та відокремлені тематичні групи робіт автора. Перевагою цього алгоритму є також відсутність необхідності попередньо задавати кількість кластерів і можливість виділення шумових точок, які не належать до сталих тематичних напрямів.

Таблиця 8 Порівняння методів кластеризації побудови профілю автора.

<i>Назва використаного методу</i>	<i>Mean Dunn</i>	<i>Mean Silhouette</i>
HDBSCAN	0.798	0.236
Agglomerative (2 кластери)	0.780	0.197
Agglomerative (3 кластери)	0.743	0.171
Agglomerative (5 кластерів)	0.724	0.157
Agglomerative (4 кластери)	0.719	0.161
K-Means (2 кластери)	0.660	0.175
K-Means (5 кластерів)	0.592	0.163
K-Means (4 кластери)	0.580	0.155
K-Means (3 кластери)	0.559	0.158

Отримані результати підтверджують доцільність використання HDBSCAN як етапу побудови багатофасетного профілю дослідника, що надалі може застосовуватися в персоналізованому пошуку та рекомендації наукових матеріалів. Перспективами подальших досліджень є врахування часової динаміки наукових інтересів автора, аналіз впливу шумових публікацій на профіль і перевірка того, як використання багатофасетного профілю впливає на якість фінального ранжування рекомендацій.

Список використаних джерел:

1. Amanpreet Singh et al. SciRepEval: A Multi-Format Benchmark for Scientific Document Representations. *Proceedings of the 2023 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing* (Singapore, 6–10 December 2023) New York, 2023. Vol. 1 P. 5548–5566.
2. McInnes L., Healy J., Astels S. hdbscan: Hierarchical density based clustering. *Journal of Open Source Software*. 2017. Vol. 2, No. 11. P. 205.
3. Priem J., Piwowar H., Orr R. OpenAlex: A fully-open index of scholarly works, authors, venues, institutions, and concepts. *arXiv preprint arXiv:2205.01833*. 2022. Retrieved from <https://arxiv.org/pdf/2205.01833>.

*Цапро Ігор Вікторович, аспірант ДУІКТ
Золотухіна Оксана Анатоліївна, к.т.н., доцент, ДУІКТ*

РОЗРОБКА МЕТОДУ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ВІДСЛЮВАННЯ ХИБНО ПОЗИТИВНИХ ПОДІЙ ПОКАЗНИКІВ МЕХАНІСТИЧНОГО ПІДХОДУ НА РИНКУ КРИПТОВАЛЮТ

Постановка задачі. У задачах аналізу та прогнозування динаміки фінансових часових рядів механістичний підхід [1], заснований на використанні ринкових обсягів та ціни, дозволяє виявляти події, які можуть бути використані для торгових операцій. Однак суттєвою проблемою такого підходу є значна частка хибно позитивних подій, тобто ситуацій, коли показник формує сигнал до входу в позицію, але фактична динаміка ринку не підтверджує очікуваного результату. У зв'язку з цим виникає необхідність розроблення методів, які

дозволяють зменшити кількість хибно позитивних подій. Одним із перспективних напрямів вирішення цієї задачі є застосування алгоритмів машинного навчання [2] для побудови класифікаторів, здатних відокремлювати потенційно прибуткові події від збиткових.

Мета дослідження. Метою дослідження є розробка методу машинного навчання для відсіювання хибно позитивних подій, згенерованих показниками механістичного підходу на ринку криптовалют, шляхом побудови системи класифікації подій на основі статистичних ознак та багатокритеріального відбору моделей.

Результати дослідження. Метод складається з декількох послідовних етапів:

1. На першому етапі виконується обчислення Механістичної ковзної (ММ) та Показника поглинання імпульсу (MAS).

2. На основі цих показників формується набір статистичних ознак, що описують локальні характеристики ринкової динаміки.

3. Для формування цільових класів використано метод потрійного бар'єру (TBM), який дозволяє автоматично маркувати кожну подію як прибуткову, збиткову або нейтральну залежно від подальшого руху ціни.

4. Навчання моделей проводилося із застосуванням ковзної валідації часових рядів, що забезпечує збереження хронологічної структури даних та виключає витік інформації з майбутнього у минуле. Використані наступні алгоритми машинного навчання: Summary, Catch22 [3], Rocket [4], TimeCNN та Stacking класифікатори.

5. Оцінювання моделей здійснювалося за п'ятьма ключовими метриками: ROC AUC характеризує загальну здатність моделі до класифікації, Precision та Average Precision – ефективність відсіювання хибно позитивних сигналів, Recall – здатність знаходити прибуткові події, а Sharpe Ratio – стабільність прибутків.

6. Для вибору оптимальної моделі застосовано багатокритеріальний підхід прийняття рішень (MCDM). Значення метрик нормалізувалися методом Min-Max, після чого для кожної конфігурації обчислювався інтегральний рейтинг як зважена сума критеріїв. Найбільші ваги було надано метрикам ROC AUC, Precision та Sharpe Ratio.

Метод машинного навчання для відсіювання хибно позитивних торгових сигналів, що згенеровані показниками механістичного підходу, формалізовано в наступному вигляді (1):

$$M = \arg \max_{M_j \in m} \Phi(f_j(\text{TBM}(\text{FE}(g(MM_t, MAS_t)))))) \quad (10)$$

де, g – генерація механістичної ковзної MM_t та показника поглинання імпульсу MAS_t ;

FE – формування статистичних ознак;

TBM – застосування методу потрійних бар'єрів для анотації датасету;

f_j – машинне навчання задачі класифікації;

Φ – обчислення MCDM;

M_j – модель з множини моделей $m = \{\text{Summary}, \text{Catch22}, \text{Rocket}, \text{TimeCNN}, \text{Stacking}\}$;

М – оптимальна модель.

Висновки та перспективи. Розроблений метод поєднує генерацію подій механістичних показників, статистичне факторне представлення даних, маркування подій методом потрійного бар'єру, навчання моделей класифікації та багатокритеріальний відбір оптимальної конфігурації. Практична цінність розробленого підходу полягає у зменшенні кількості збиткових угод та підвищенні точності подій. Подальші дослідження доцільно спрямувати на розширення набору вхідних факторів, а також використання ансамблевих та глибоких моделей машинного навчання.

Список використаних джерел:

1. Ausloos, Marcel & Ivanova, Katrin. (2002). Mechanistic approach to generalized technical analysis of share prices and stock market indices. *European Physical Journal B*. 27. 10.1140/epjb/e20020144.
2. López de Prado, Marcos. *Advances in Financial Machine Learning*. John Wiley & Sons, 2018.
3. Lubba, Carl H., et al. "catch22: Canonical time-series characteristics." *Data Mining and Knowledge Discovery*. 33, 2019, pp. 1821-1852. DOI: 10.1007/s10618-019-00647-x.
4. Dempster, A., Petitjean, F. and Webb, G.I. ROCKET: exceptionally fast and accurate time series classification using random convolutional kernels. *Data Mining and Knowledge Discovery*. 34 (5), 2020, pp.1454-1495.

Чернецький Андрій Андрійович, студент, ДУІКТ
Чичкарьов Євгеній Анатолійович, д.т.н., професор, ДУІКТ

ВИЯВЛЕННЯ МЕРЕЖЕВИХ АНОМАЛІЙ НА ОСНОВІ ГІБРИДНИХ АЛГОРИТМІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

Постановка задачі. Сучасні корпоративні комп'ютерні мережі генерують значні обсяги телеметрії та системних журналів (логів) щодня. Ефективний моніторинг такої інфраструктури за допомогою класичних сигнатурних систем виявлення вторгнень (IDS) ускладнюється через потребу попереднього ручного створення шаблонів атак аналітиками. Водночас кіберзагрози постійно еволюціонують, обходячи статичні правила фільтрації шляхом незначних модифікацій коду або зміни послідовності мережеских пакетів. Застосування технологій машинного навчання (Machine Learning) дозволяє змістити акцент із пошуку відомих сигнатур на поведінковий аналіз трафіку. Замість використання фіксованого каталогу загроз інтелектуальна модель формує базовий профіль нормального функціонування мережі та динамічно реагує на будь-які статистичні відхилення від нього.

Мета дослідження. Метою дослідження є підвищення ефективності та точності виявлення мережеских атак в умовах незбалансованості вхідних даних шляхом розробки, програмної реалізації та експериментальної перевірки

каскадної гібридної архітектури детектора аномалій на основі поєднання моделей глибокого навчання та градієнтного бустингу.

Результати дослідження. У межах практичної реалізації запропонованого підходу було спроектовано та програмно розгорнуто дворівневу каскадну архітектуру детектора мережевих інструзій. Експериментальне тестування здійснювалося на спеціалізованому наборі даних NSL-KDD, який містить очищені від дублікатів записи мережевих сесій. На етапі попередньої обробки даних було проведено векторизацію категоріальних ознак (таких як тип протоколу, мережева служба та прапорці з'єднання) за допомогою методу прямого кодування, а також виконано нормалізацію числових параметрів (тривалість з'єднання, кількість байт від джерела та до приймача) для приведення всіх значень до єдиного масштабу від 0 до 1.

Математично-логічна структура розробленого каскаду функціонує в такому порядку:

Перший рівень (Нейромережева фільтрація). На цьому етапі застосовано симетричний повністю зв'язний автоенкодер. Ця нейромережа навчалася виключно на очищеній вибірці легітимного (нормального) трафіку, завдяки чому вона навчилася ідеально стискати та відновлювати характеристики безпечних з'єднань. Під час тестування мережеві сесії, які демонстрували високу помилку відновлення (тобто мережа не могла коректно відтворити структуру пакета, оскільки раніше не бачила подібного), маркувалися як потенційні аномалії та передавалися на наступний рівень. Це дозволило миттєво відсіяти понад 85% безпечного трафіку без залучення великих обчислювальних ресурсів.

Другий рівень (Мультикласова класифікація). Потoki даних, розпізнані як аномальні, надходили на вхід класифікатора XGBoost. Цей алгоритм побудований на принципі градієнтного бустингу над деревами рішень, де кожне наступне дерево навчається виправляти помилки та класифікаційні похибки, допущені попередніми деревами. Додатково було активовано механізми регуляризації, які штрафують модель за надмірну складність структури, що дозволило повністю уникнути проблеми перенавчання. Саме цей рівень виконував точну ідентифікацію конкретного типу атаки серед заздалегідь відібраних підозрілих кандидатів.

Каскадне з'єднання моделей дозволило ефективно вирішити проблему критичного дисбалансу класів у кібербезпеці, оскільки важкий класифікатор XGBoost фокусував свої обчислювальні потужності лише на концентрованій вибірці підозрілих пакетів, а не на всьому масиві гігабайтного повсякденного трафіку.

За результатами аналізу матриці помилок, отриманої під час тестування на вибірці NSL-KDD, каскадний детектор продемонстрував високу роздільну здатність. Обчислені метрики ефективності показали, що точність ідентифікації DoC-атак (масова генерація пакетів для відмови в обслуговуванні) досягла 98,2% завдяки чітким часовим патернам завантаження каналу. Для атак сканування та зондування портів точність становила 95,4%. Найбільш складний для виявлення клас загрози — несанкціонований віддалений доступ (наприклад, підбір

паролів), де поведінка зломисника максимально імітує дії звичайного користувача, був ідентифікований із точністю 92,1%.

Загальний коефіцієнт хибних спрацювань утримувався в межах 2,1–2,4%, що мінімізує навантаження на операторів центрів кібербезпеки та підтверджує високу практичну цінність розробленої гібридної архітектури.

У межах роботи було успішно реалізовано запропонований дворівневий каскадний детектор. На першому етапі автоенкодер аналізує вхідний потік і відсіює пул аномальних кандидатів на основі величини похибки реконструкції невзаємозв'язаних ознак. На другому етапі класифікатор XGBoost здійснює точне розпізнавання специфіки атаки серед відібраних зразків. Така каскадна побудова суттєво знижує обчислювальне навантаження на фінальну модель та дозволяє коректно працювати в умовах критичного дисбалансу класів, коли реальні атаки складають лише соті частки відсотка від загального обсягу легітимного трафіку.

Експериментальна оцінка системи на тестовому датасеті NSL-KDD показала такі результати: точність (Accuracy) ідентифікації DoS-атак становила 98%, для інструзій типу Probe — 95%, а для категорії R2L — 92%. При цьому середній коефіцієнт хибних спрацювань утримувався на рівні нижче 2,5%, що свідчить про високу стійкість рекурентно-каскадної моделі до випадкових коливань мережевого фону.

Висновки та перспективи. В результаті дослідження теоретично обґрунтовано та практично підтверджено доцільність використання гібридних каскадних архітектур для предиктивного захисту корпоративних мереж. Інтеграція автоенкодерів та градієнтного бустингу забезпечує збалансоване співвідношення між швидкістю обробки великих масивів даних та точністю класифікації аномалій.

Пріоритетним вектором подальших досліджень є адаптація розробленого детектора до аналізу зашифрованого HTTPS-трафіку (TLS 1.3), що передбачає роботу виключно з метаданими сесій та часовими характеристиками пакетів без доступу до корисного навантаження (payload). Додатково планується впровадження механізмів інкрементального навчання для адаптації моделей у реальному часі та інтеграція детектора з промисловими SIEM-системами керування подіями безпеки.

Список використаних джерел:

1. Chen T., Guestrin C. XGBoost: A Scalable Tree Boosting System. *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*. 2016. P. 785–794. DOI: 10.1145/2939672.2939785.
2. Tavallaee M., Bagheri E., Lu W., Ghorbani A. A Detailed Analysis of the KDD CUP 99 Data Set. *Proceedings of the IEEE Symposium on Computational Intelligence for Security and Defense Applications (CISDA)*. 2009. P. 1–6. DOI: 10.1109/CISDA.2009.5356528.
3. Ahmad Z., Khan A. S., Shiang C. W., Abdullah J., Ahmad F. Network Intrusion Detection System: A Systematic Study of Machine Learning and Deep Learning Approaches. *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*. 2021. Vol. 32, No. 1. e4150. DOI: 10.1002/ett.4150.

ML-КЛАСИФІКАЦІЯ АРХІТЕКТУРНИХ РІШЕНЬ КОРПОРАТИВНИХ СИСТЕМ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ SHAP ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ХМАРНОГО РОЗГОРТАННЯ

Постановка задачі. Вибір архітектурного рішення для корпоративної обчислювальної системи є складною інженерною задачею, що традиційно вирішується на основі досвіду архітектора без формалізованих механізмів обґрунтування та верифікації. Це призводить до залежності якості рішення від суб'єктивних чинників і унеможливорює відтворюваність процесу проєктування в організаціях з обмеженими компетенціями.

Паралельно з цим інструменти хмарного розгортання (Terraform, GitHub Actions) набули достатньої зрілості для повної автоматизації розгортання інфраструктури, однак вимагають від користувача готової технічної специфікації. Таким чином, виникає розрив між бізнес-вимогами організації і технічною конфігурацією хмарних ресурсів, заповнення якого є актуальною науково-практичною задачею.

Мета дослідження. Метою є розробка методу автоматизованого вибору архітектурного рішення корпоративної обчислювальної системи на основі ML-класифікації за бізнес-параметрами з поясненням через SHAP-аналіз, а також методу прямої генерації Terraform-конфігурацій із структурованих бізнес-вимог із подальшим автоматизованим розгортанням через CI/CD-пайплайн.

Результати дослідження. Запропонований ML-метод (рис. 19) формалізує вибір архітектурного класу корпоративної системи як задачу багатокласової класифікації. Навчальна вибірка формується шляхом анотації рішень, прийнятих архітекторами для реальних корпоративних середовищ. Вхідний вектор ознак включає вісім параметрів: кількість користувачів, географічна розподіленість, тип навантаження, вимога до uptime, обсяг даних, бюджет, наявність хмарного провайдера, рівень безпеки.

Порівняльне оцінювання класифікаторів (Random Forest, XGBoost, SVM, AutoML) за метриками Accuracy, F1-macro та ROC-AUC у режимі 5-fold крос-валідації дозволяє обрати найкращу модель для конкретного датасету. Застосування SHAP TreeExplainer забезпечує пояснення кожної рекомендації через кількісний внесок окремих бізнес-параметрів, що суттєво підвищує довіру до автоматизованих рішень у корпоративному середовищі [1, 2].

Метод генерації Terraform-конфігурацій реалізує відображення структурованих бізнес-вимог (масштаб організації, SLA, бюджет, регіон, потреба в резервуванні) на готовий файл main.tf без проміжного технічного опису. Python-скрипт вибирає один з трьох базових профілів і підставляє конкретні значення параметрів ресурсів. GitHub Actions-пайплайн автоматично виконує terraform plan і після підтвердження – terraform apply, скорочуючи час від вимог до розгорнутої інфраструктури до 5–10 хвилин [3].

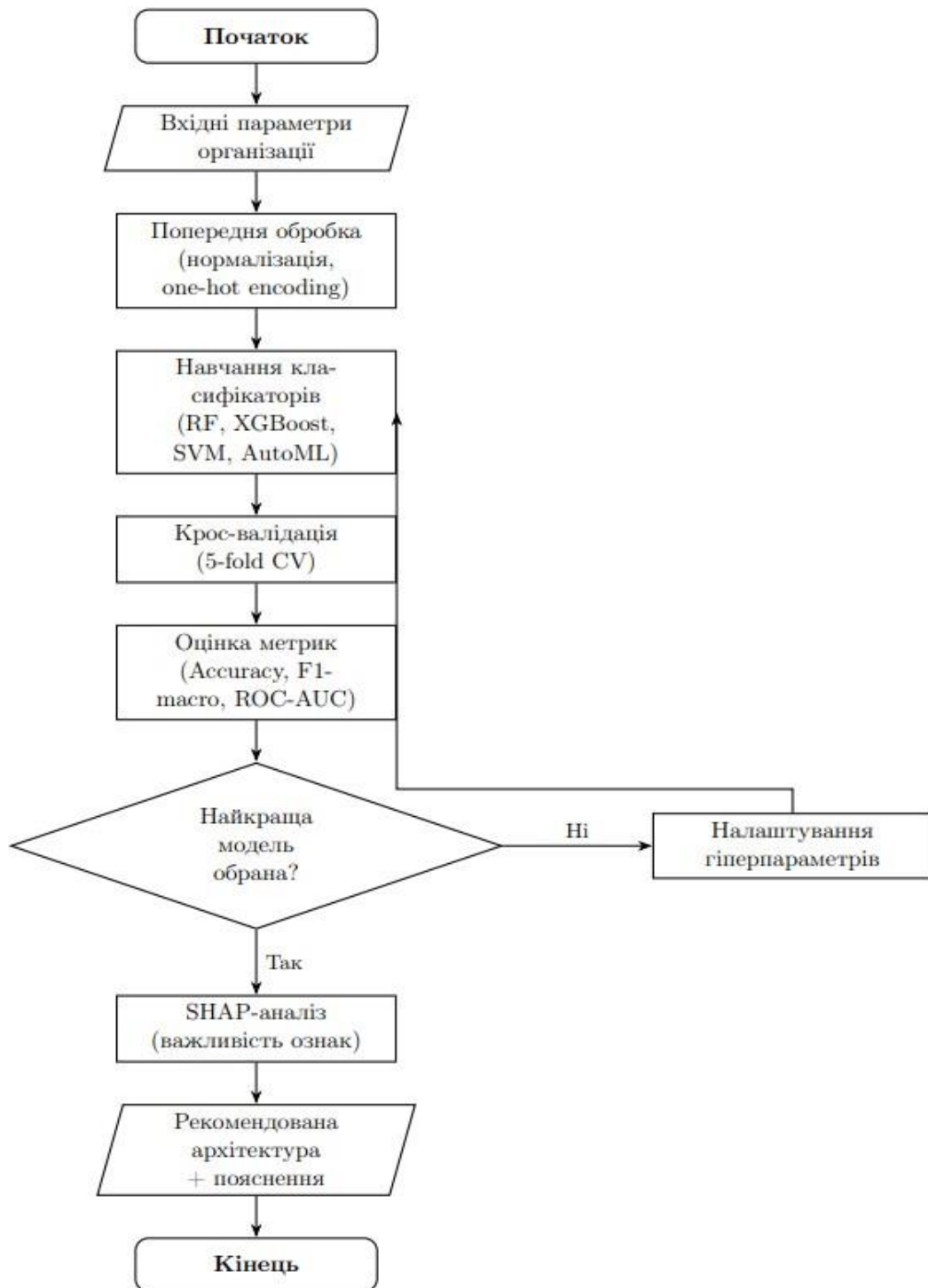


Рис. 19. Схема ML-конвеєру класифікації архітектурних рішень

Ефективність обох методів підтверджується кількісними показниками: точністю класифікатора на тестовій вибірці, часом розгортання інфраструктури (порівняно з ручним підходом через консоль хмарного провайдера) та кількістю помилок конфігурації в обох сценаріях [4, 5].

Висновки та перспективи. Розроблені методи усувають два ключові розриви в існуючих підходах до проектування корпоративних систем: між експертним знанням архітектора і формалізованим ML-рішенням із поясненням, а також між бізнес-вимогами організації і готовою технічною ІаС-конфігурацією. Перспективи подальших досліджень полягають у розширенні

датасету за рахунок нових архітектурних класів, інтеграції методів у єдину програмну систему з веб-інтерфейсом, а також у дослідженні застосовності підходу для мультихмарних і гібридних розгортань.

Список використаних джерел:

1. Lundberg S. M., Lee S.-I. A Unified Approach to Interpreting Model Predictions. NeurIPS. 2017. Vol. 30. P. 4765–4774.
2. Gebreyesus Y. et al. AI for Automating Data Center Operations: Model Explainability Using SHAP. Electronics. 2024. Vol. 13, No. 9. DOI: 10.3390/electronics13091628.
3. Sharma A. Automated Terraform Generation using NLP and Graph-Based Cloud Architecture Visualization. IJRASET. 2025. DOI: 10.22214/ijraset.2025.71537.
4. Chen T., Guestrin C. XGBoost: A Scalable Tree Boosting System. Proc. KDD. 2016. P. 785–794.

СЕКЦІЯ 4. РОЗПІЗНАВАННЯ ЗВУКОВИХ ТА СИГНАТУРНИХ ОБРАЗІВ

*Василенко Олександр Олександрович, студент ДУІКТ
Шантур Антон Сергійович, к.т.н., доцент ДУІКТ*

СИСТЕМИ ГОЛОСОВОЇ ВЗАЄМОДІЇ З КОРИСТУВАЧЕМ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Постановка задачі. Технології сьогодні стрімко переходять від класичних графічних інтерфейсів до формату спілкування між людиною та комп'ютером. Одним із найперспективніших напрямів, мабуть я можу сказати навіть найкращий є створення системи голосової взаємодії на базі штучного інтелекту. Звичні інструменти, наприклад клавіатура або сенсорний екран, вимагають фізичної дії, що є не завжди зручним. Голосове управління може значно прискорювати обмін інформацією та знімає зайве когнітивне навантаження. Проте, незважаючи на всі переваги, технологія ще має слабкі місця. Найбільшою складністю під час розробки та використанню таких систем залишається вміння штучного інтелекту утримувати контекст розмови та правильно розуміти неоднозначні запити [1]. Досі актуальною проблемою є неякісне розпізнавання слів у шумному середовищі, а також адаптація до акцентів, дефектів дикції чи специфіки дикції користувача без необхідності тривалого донавчання моделі [2]. Саме тому вдосконалення алгоритмів обробки природної мови та машинного навчання для створення дійсно надійних голосових інтерфейсів є сьогодні надзвичайно важливою метою.

Мета дослідження. Мета дослідження полягає в тому, щоб комплексно проаналізувати, як саме працюють сучасні системи голосової взаємодії. Я ставлю за завдання розібрати акустичне розпізнавання сигналу потужними відкритими нейромережами [2] до його семантичного аналізу за допомогою технологій обробки природної мови (*NLP*) [3]. Окрім цього, робота має на меті дослідити, як розмовний штучний інтелект інтегрується в реальні програмні продукти для автоматизації та мабуть покращення клієнтського досвіду та дослідити практичні аспекти розробки розмовного штучного інтелекту, зокрема використання відкритих бібліотек на базі мови програмування *Python* для швидкої інтеграції голосових інтерфейсів у програмні продукти [4].

Результати дослідження. Розмовний штучний інтелект - це складна та комплексна технологія, яка складається з кількох паралельних обчислювальних процесів. Усе починається з того, що система отримує голосовий запит, аудіо перетворюється на текст за допомогою технологій розпізнавання мовлення (*Speech-to-Text*), для цього використовуються потужні акустичні моделі, навчені на сотнях тисяч годин аудіоданих, які вміють ігнорувати фоновий шум і безпомилково розпізнавати фонему. Яскравим прикладом такої архітектури є модель *Whisper* від компанії *OpenAI*, вихідний код якої відкритий для спільноти. Вона демонструє надзвичайно високу надійність розпізнавання мови навіть у складних акустичних умовах [2]. Крім того, дослідження показують, що

впровадження таких систем дозволяє суттєво оптимізувати взаємодію людини з машинами та робототехнікою [1].

Коли звук стає текстом, підключається технологія обробки природної мови (NLP). Завдяки сучасним алгоритмам машинного навчання, зокрема архітектурі Transformer, система аналізує синтаксис, семантику та загальний контекст команди [3]. Машина не просто зчитує слова, а виділяє головне, трансформуючи їх у конкретні наміри. Штучний інтелект підбирає або самостійно формує репліку з бази знань, яка найкраще підходить до запиту, використовуючи для цього генеративні моделі [3].

Головна сила сучасного розмовного штучного інтелекту полягає у відкритій екосистемі розробки. Завдяки репозиторіям на платформі *GitHub*, інженери мають доступ до готових бібліотек мовою *Python* (наприклад, *SpeechRecognition*), які дозволяють підключати різноманітні рухи розпізнавання мови буквально кількома рядками коду [4]. Це значно прискорює створення прототипів і дозволяє інтегрувати голосове керування в будь-які системи - від розумного будинку до складного промислового обладнання.

Висновки та перспективи. Підсумовуючи, можна впевнено сказати, що інтелектуальні голосові системи - це один із головних векторів розвитку сучасних технологій. Вони можуть зробити взаємодію у цифровому світі набагато простішою та комфортнішою. Базою для цього успіху є технології штучного інтелекту, зокрема нейронні мережі архітектури *Transformer* [3] та просунуті відкриті моделі розпізнавання мовлення [2]. Широка доступність готових бібліотек стимулює стрімкий розвиток індустрії [4]. Якщо говорити про майбутнє, то головним завданням залишається оптимізація цих масивних моделей для автономної роботи на малопотужних пристроях та вдосконалення механізмів обробки контексту [1], що дозволить створювати швидкі системи голосового керування.

Список використаних джерел:

1. Галаган Р. М., Сакута А. А., Момот А. С. Перспективи застосування технологій штучного інтелекту в системах голосової взаємодії // Вісник Херсонського національного технічного університету. 2023. № 1(84). С. 115–122. URL: https://journals.kntu.kherson.ua/index.php/visnyk_kntu/article/download/1230/1181
2. OpenAI. Whisper: Robust Speech Recognition via Large-Scale Weak Supervision [Електронний ресурс] // GitHub. 2022. URL: <https://github.com/openai/whisper>
3. Wolf T., Debut L., Sanh V. et al. Transformers: State-of-the-Art Natural Language Processing // Proceedings of the 2020 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing: System Demonstrations. 2020. P. 38–45. URL: <https://aclanthology.org/2020.emnlp-demos.6.pdf>
4. Zhang A. SpeechRecognition: Library for performing speech recognition, with support for several engines and APIs [Електронний ресурс] // GitHub. URL: https://github.com/Uber/speech_recognition

ВИЯВЛЕННЯ ТА ПРОТИДІЯ АІ-ГЕНЕРОВАНИМ БОТАМ У КОРПОРАТИВНІЙ ВЕБ-ІНФРАСТРУКТУРІ

Постановка задачі. Доступність генеративних моделей штучного інтелекту радикально знизилася технічний поріг створення автоматизованих засобів сканування веб-ресурсів. Якщо раніше написання робочого скрапера потребувало інженерної експертизи, сьогодні функціональний код генерується за лічені хвилини на основі природномовного запиту до LLM. Це призводить до стрімкого зростання обсягів автоматизованої конкурентної розвідки, парсингу цінових даних та структурного сканування публічних сервісів. Більшість організацій не має систем виявлення такої активності, що робить загрозу невидимою тривалий час та залишає її поза межами реагування.

Мета дослідження. Метою роботи є демонстрація ефективності комплексу алертингу на базі PagerDuty у поєднанні з Cloudflare Bot Management як практичного засобу виявлення та нейтралізації АІ-генерованих ботів, а також формулювання прикладних рекомендацій щодо захисту корпоративної веб-інфраструктури від автоматизованого сканування.

Результати дослідження. *Технічна природа АІ-генерованих ботів.* Типовий стек АІ-генерованого скрапера включає Python із бібліотеками Requests, Selenium або Playwright у поєднанні з BeautifulSoup. Поведінковий профіль такого бота характеризується статистично рівномірними інтервалами між запитами, послідовним обходом сторінок за заздалегідь сформованою структурою, відсутністю взаємодій, властивих живому користувачу (рух курсора, нерегулярні паузи, помилки введення), та fingerprint headless-середовищ — Puppeteer, Selenium, Playwright. Сукупність цих ознак становить надійний маркер для систем виявлення ботів.

Опис зафіксованого інциденту. У рамках практичної діяльності ІТ-підрозділу зафіксовано систематичне автоматизоване сканування корпоративного веб-ресурсу. Інцидент виявлено за допомогою системи алертингу PagerDuty, інтегрованої з Cloudflare. Спрацювання тригерів відбулось одночасно за кількома показниками: різке зростання HTTP-запитів з обмеженого пулу IP-адрес; статистично рівномірні інтервали між запитами, нехарактерні для живого трафіку; послідовний обхід сторінок за автоматизованою структурою; концентрація запитів на сторінках із ціновими даними, що є характерною ознакою конкурентної розвідки; User-Agent та fingerprint, типові для headless-браузерів.

Роль Cloudflare у нейтралізації загрози. У Cloudflare Bot Management виявлення побудоване не на одному критерії, а на сукупності сигналів, які перевіряються паралельно. Поведінкова частина дивиться, як саме клієнт рухається по сайту: швидкість, інтервали між діями, послідовність переходів. Технічна звертає увагу на HTTP-заголовки, параметри TLS-рукоштовування,

поведінку JavaScript-середовища у браузері. Додатково кожна IP-адреса звіряється з репутаційними базами. Якщо сесія викликала підозру, запускався CAPTCHA-challenge, який досліджені боти обійти не вміли, тому до отримання цільових даних справа просто не доходила. У логах Cloudflare при цьому лишилась досить вичерпна картина того, що відбувалось: звідки йшов трафік, на якій технології був побудований клієнт і на які саме URL він заходив.

Аналіз ризиків. За відсутності налаштованого захисту організація наражається на: систематичний витік цінової стратегії та перехоплення клієнтів конкурентом у режимі реального часу; нівелювання ефекту від продуктових інновацій і маркетингових активностей; деградацію сервісу через паразитне навантаження масовими запитами; повну невидимість загрози за відсутності алертингу — найкритичніший ризик, оскільки організація не може реагувати на те, про що не знає.

Рекомендації. На практиці захист від такого класу загроз будується з кількох рівнів, які мають працювати разом. Першочерговим є алертинг на аномальний трафік — без нього вся решта вже працює із запізненням. На наступному рівні має сенс мати рішення на кшталт Cloudflare Bot Management, AWS WAF Bot Control чи Imperva Advanced Bot Protection з CAPTCHA-challenge для підозрілих сесій. На рівні CDN додатково варто налаштувати rate limiting та виставити honeypot-сторінки, які автоматично ловлять сканери. Окремо потрібно фіксувати весь хід інциденту: логи, IP-адреси, User-Agent, часові мітки, географію. Без цих даних потім просто не буде з чим заходити у forensics-аналіз чи атрибуцію.

Висновки та перспективи. Описаний кейс показує, що AI-генеровані боти — це вже не теоретичний ризик, а робочий випадок у щоденній практиці захисту веб-ресурсів. Те, що алертинг був налаштований заздалегідь, дозволило у зв'язці з Cloudflare Bot Management і вчасно помітити сканування, і зупинити його, і зібрати достатньо даних для подальшого розбору. Поріг входу для створення таких ботів продовжує падати, тому без системи виявлення організація працює фактично наосліп. Що можна було б покращити окремим дослідженням — це автоматичне поведінкове профілювання AI-трафіку через машинне навчання: воно дало б вищу точність детекту і менше хибних спрацювань.

Список використаних джерел

1. OWASP Top 10 CI/CD Security Risks. OWASP Foundation, 2022.
2. OWASP Top 10 for Large Language Model Applications. OWASP Foundation, 2024.
3. ENISA Threat Landscape 2024: AI as an Attack Enabler. ENISA, 2024.
4. NIST SP 800-204D. DevSecOps CI/CD Pipelines Security. NIST, 2023.

ВПРОВАДЖЕННЯ НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ СИСТЕМ РОЗПІЗНАННЯ МОВЛЕННЯ В ОСВІТІ ТА МЕДІА

Постановка задачі. Глобальна цифровізація зумовила інтеграцію систем автоматичного розпізнавання мовлення (Automatic Speech Recognition — ASR) у критичні сфери життєдіяльності. Для української мови, яка тривалий час вважалася ресурсно обмеженою у сфері ІТ, поява потужних нейромережових архітектур (Whisper, Wav2Vec 2.0, Conformer) відкрила шлях до створення якісних голосових інтерфейсів та інструментів транскрибування. Проте впровадження цих технологій в освіту та медіа потребує не лише інженерної досконалості, а й чіткого етичного регулювання, оскільки помилки алгоритмів можуть мати значні соціальні наслідки [1, с. 116].

Мета дослідження полягає в комплексному аналізі технічних можливостей та етичних викликів, що виникають при інтеграції нейромережових систем розпізнавання мовлення в освітнє та медіасередовище, а також у розробці рекомендацій для забезпечення балансу між технологічною ефективністю алгоритмів і захистом прав користувачів.

Результати дослідження. Технічна надійність як фундамент етичної експлуатації. В освітньому контексті головним етичним викликом є забезпечення рівного доступу до знань. Системи ASR на основі нейронних мереж трансформерного типу дозволяють у реальному часі створювати субтитри для лекцій, що є життєво необхідним для студентів із порушеннями слуху [3, с. 48]. Проте технічна специфіка української мови — її флексивна морфологія та вільний наголос — вимагає від моделей надзвичайно високої точності. Низька якість розпізнавання (високий показник WER) у навчальних матеріалах може призвести до спотворення термінології, що прямо порушує принципи якісної освіти. Таким чином, розробка системи розпізнавання є не лише інженерним завданням, а й актом забезпечення академічної доброчесності та інклюзії. Моделі мають проходити ретельне донавчання (fine-tuning) на вузькоспеціалізованих наукових корпусах, щоб уникнути галюцинацій нейромережі під час обробки складних лекційних матеріалів.

Одним із найбільш гострих етичних питань є алгоритмічна упередженість. Нейронні мережі успадковують недоліки навчальних вибірок. Якщо аудіокорпус (наприклад, Common Voice) містить переважно записи мовців із центральних регіонів, система демонструватиме вищий рівень помилок при розпізнаванні галицького, поліського чи південноукраїнських говорів [4, с. 35]. У медіапросторі це може призвести до маргіналізації певних груп населення. Етичне проектування систем розпізнавання вимагає збору репрезентативних даних, які рівномірно відображають регіональні, вікові та гендерні особливості українського мовлення. Використання синтетичних даних для масштабування корпусів (технології VITS, YourTTS) є технічним виходом, проте воно потребує

етичного контролю, щоб синтезоване мовлення не вносило додаткових акустичних викривлень у фінальну модель.

У сфері медіа технології розпізнавання голосу тісно пов'язані з проблемою ідентифікації контенту. Можливість швидкого перетворення мовлення в текст спрощує моніторинг інформаційних потоків, але водночас розвиток нейромереж створює підґрунтя для генерації *deepfake*-аудіо [2, с. 18]. Етична відповідальність розробників ASR-систем полягає у створенні інструментів, що здатні розрізняти природне мовлення та штучно синтезований голос. Особливий виклик становить кодозмішане мовлення (*code-switching*) та використання англіцизмів, характерне для сучасних медіа. Система повинна коректно інтерпретувати запозичену термінологію, не створюючи помилок у транскрипції, що безпосередньо впливає на довіру аудиторії до джерела інформації.

Конфіденційність та захист біометричної інформації. Голос людини є унікальним біометричним ідентифікатором. Під час роботи хмарних систем розпізнавання мовлення виникає ризик несанкціонованого збору та обробки персональних даних. Етичне впровадження ІІІ вимагає:

- анонімізації голосових даних на етапі навчання моделей;
- локального оброблення сигналів (*on-device AI*) для мінімізації передачі чутливої інформації на сторонні сервери;
- прозорості політик конфіденційності для користувачів в освітніх та медійних платформах [6, с. 205].

Отже, дотримання цих принципів дозволяє мінімізувати ризики витоку чутливих даних і забезпечити безпечну взаємодію користувача з технологіями розпізнавання мовлення. Комплексний підхід до інформаційної безпеки та етичного використання штучного інтелекту гарантує надійний захист цифровізації.

Висновки та перспективи. Створення системи розпізнавання української мови на основі сучасних нейронних архітектур є комплексною лінгво-інженерною задачею, що має вагомий етичний вимір. Технічна досконалість моделі (мінімізація WER/CER) є передумовою дотримання прав користувачів на доступ до інформації та академічну доброчесність.

Майбутній розвиток таких систем в Україні має базуватися на принципах репрезентативності даних, захисту приватності та протидії дезінформації [5, с. 115], що дозволить інтегрувати українську мову в глобальний цифровий простір на засадах етики та безпеки.

Список використаних джерел

1. Алексєєв А. В. Етичні аспекти використання штучного інтелекту як забезпечення відповідального розвитку суспільства. *Матеріали конференції*. Дніпро, 2024. С. 116–118.
2. Баранов О. А. Правове регулювання штучного інтелекту: етичні та безпекові виклики у сфері медіа. *Право та інновації*. 2023. № 2 (42). С. 15–24.
3. Floridi L., Cowls J. A Ethical Framework for a Good AI Society: Opportunities, Risks, Principles, and Recommendations. *Ethics, Governance, and Policies in Artificial Intelligence*. 2024. Vol. 15. P. 112–130.

4. Mittelstadt B. The Ethics of AI in Media and Education: From Transparency to Accountability. *Journal of Artificial Intelligence Ethics*. 2025. Vol. 7. P. 201–215.

*Іванов Ростислав Миколайович, студент ДУІКТ
Кисіль Тетяна Миколаївна, ст. викладач ДУІКТ*

АНАЛІЗ МОДЕЛІ PARAPHRASE-MULTILINGUAL-MINILM-L12-V2 ДЛЯ БАГАТОМОВНОЇ ОБРОБКИ ТЕКСТУ

У сучасних системах штучного інтелекту особливу роль відіграють моделі обробки природної мови (NLP), які забезпечують семантичний аналіз тексту, пошук схожих фрагментів, класифікацію та автоматизацію взаємодії з користувачем. Одним із перспективних рішень у сфері багатомовної обробки тексту є модель paraphrase-multilingual-MiniLM-L12-v2, розроблена в межах бібліотеки Sentence Transformers. Модель орієнтована на створення компактних векторних представлень тексту та підтримує понад 50 мов, що робить її ефективним інструментом для багатомовних інформаційних систем.

Постановка задачі. У контексті розвитку інтелектуальних діалогових систем, чат-ботів та систем автоматизованого управління замовленнями виникає необхідність швидкого й точного визначення семантичної схожості текстів різними мовами. Традиційні методи порівняння тексту часто не враховують контекст або мають низьку продуктивність при роботі з великими обсягами даних. Тому актуальним є дослідження сучасних трансформерних моделей, здатних формувати якісні текстові ембеддинги при мінімальних обчислювальних витратах.

Мета дослідження. Основною метою роботи є аналіз архітектурних особливостей, функціональних можливостей та прикладного потенціалу моделі paraphrase-multilingual-MiniLM-L12-v2 у задачах багатомовної семантичної обробки тексту. Дослідження спрямоване на оцінку ефективності моделі при використанні в системах пошуку схожих повідомлень, автоматизованої обробки запитів користувачів та інтелектуальних діалогових інтерфейсах.

Результати дослідження. Модель paraphrase-multilingual-MiniLM-L12-v2 базується на архітектурі Transformer та використовує оптимізовану версію MiniLM із 12 шарами нейронної мережі. Основною перевагою моделі є поєднання високої швидкості обробки тексту з компактністю та низькими вимогами до апаратних ресурсів. Модель перетворює текст у векторні представлення фіксованої розмірності, що дозволяє ефективно виконувати пошук семантично схожих фраз незалежно від формулювання речення.

Особливістю paraphrase-multilingual-MiniLM-L12-v2 є підтримка багатомовності, завдяки чому модель може аналізувати тексти українською, англійською та іншими мовами без необхідності окремого навчання для кожної мови. Модель демонструє високу ефективність у задачах paraphrase mining, semantic search, clustering та побудови інтелектуальних систем рекомендацій.

У ході аналізу встановлено, що модель забезпечує значно кращу якість семантичного порівняння текстів порівняно з класичними статистичними методами. При цьому її компактна архітектура дозволяє інтегрувати модель навіть у системи з обмеженими ресурсами або використовувати в режимі реального часу.

Практичне застосування моделі може бути реалізоване в інтелектуальних системах управління замовленнями, де paraphrase-multilingual-MiniLM-L12-v2 дозволяє автоматично визначати зміст повідомлень користувачів, знаходити схожі запити та покращувати якість взаємодії між клієнтом і системою. Використання моделі також сприяє зменшенню навантаження на операторів підтримки та підвищенню швидкості обробки звернень.

Висновки та перспективи. Проведений аналіз показав, що модель paraphrase-multilingual-MiniLM-L12-v2 є ефективним рішенням для задач багатомовної семантичної обробки тексту. Її основними перевагами є висока швидкість роботи, підтримка багатьох мов, компактність та якісне формування текстових ембеддингів. Модель може успішно застосовуватись у сучасних NLP-системах, чат-ботах та інтелектуальних інформаційних платформах. Перспективою подальших досліджень є інтеграція моделі з нейронними системами управління замовленнями та вдосконалення механізмів контекстного аналізу повідомлень користувачів.

Список використаних джерел:

1. Sentence Transformers Documentation. - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.sbert.net/>
2. Reimers N., Gurevych I. Sentence-BERT: Sentence Embeddings using Siamese BERT-Networks. - EMNLP, 2019.
3. Hugging Face Transformers. - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://huggingface.co/>

*Комаристий Дмитро Олександрович, студент ДУІКТ
Шевченко Анатолій Іванович, д.т.н., професор ДУІКТ*

АРХІТЕКТУРИ RAG-СИСТЕМ ДЛЯ ДЕКОНСТРУКЦІЇ НАРАТИВІВ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ВІЙНИ

Російсько-українська війна супроводжується систематичними інформаційними кампаніями, спрямованими на маніпуляцію суспільною думкою через скоординовані дезінформаційні операції. Ручний аналіз таких наративів не масштабується: одне твердження одночасно відтворюється в десятках медіа, ЗМІ, повторюється через мережу Telegram-каналів і спирається на усталені пропагандистські техніки. Існуючі підходи до автоматизованого виявлення дезінформації [1] та класичний Retrieval-Augmented Generation (RAG) [3] вирішують задачу класифікації або відповіді на запит, але не формують структуровану деконструкцію наративу - розбір його по елементах: з переліком тверджень, застосованих технік, верифікованих спростувань і мереж поширення.

Постановка задачі. Задачею є розробка архітектур RAG-систем зі структурованою схемою виходу: твердження (claims), пропагандистські техніки (propaganda_techniques), спростування / підтвердження (matched_debunks), мережа поширення (підсилення) (amplifier_network). Для її розв'язання побудовано мультимовний граф знань на основі трьох джерел: EUvsDisinfo CSV (~18 000 рядків, відфільтровано 610 повнотекстових статей кластеру Російсько-українська війна), сторінок EUvsDisinfo disinformation cases (296 аналітичний розбір, 621 наратив), Telegram-датасету [4] (18 873 канали, 6 271 362 пости, 81 265 ребер пересилань). Граф містить 22 242 вузли та 89 965 ребер трьох семантичних рівнів: рівень тверджень (claim-level), доказовий рівень (evidence-level), рівень поширення (distribution-level). Retrieval corpus проіндексовано у векторній базі даних (Qdrant) із використанням моделі BAAI/bge-m3.

Для порівняльного оцінювання реалізовано чотири архітектури: (1) базова (векторна) RAG; (2) Гібридна (Hybrid) RAG - dense + sparse + RRF fusion; (3) Графово-гібридна RAG; (4) Агентна графово-гібридна RAG - агент із набором інструментів (векторний пошук, графовий пошук). У всіх архітектурах зафіксовано єдиний генератор - велика мовна модель Qwen 3.6 35B A3B. Оцінювання проводилось на еталонному наборі даних із 50 питань суддею Gemma 4:26B A4B.

Мета дослідження. Дослідити та оцінити ефективність RAG-систем у задачі деконструкції інформаційних наративів; оцінити внесок графів знань у здатність системи розкривати мережі поширення наративів.

Результати дослідження. Для перевірки ефективності розроблених рішень було проведено серію експериментів із порівняльного оцінювання різних конфігурацій архітектур систем генерації із доповненням пошуку (Retrieval-Augmented Generation, RAG). Дослідження охоплювало чотири базові підходи: класичний пошук за векторними представленнями (Vector-only RAG), комбінований лексико-семантичний пошук (Hybrid RAG), інтегровану архітектуру на основі графів знань та гібридного пошуку (Graph+Hybrid RAG), а також адаптивну систему на базі автономних ШІ-агентів (Agentic RAG). Результати порівняльного оцінювання за чотирма рівнями метрик наведено у табл. 9.

Таблиця 9 Порівняння архітектур RAG-системи

<i>Архітектура</i>	<i>recall@5</i>	<i>techniques F1</i>	<i>faithfulness</i>	<i>completeness</i>	<i>hop_coverage</i>
Vector-only RAG	0.680	0.361	3.74	3.60	0.033
Hybrid RAG	0.714	0.442	4.041	3.939	0.014
Graph+Hybrid RAG	0.720	0.344	3.800	3.800	0.353
Agentic RAG	0.714	0.433	4.143	4.000	0.302

Примітка: faithfulness та completeness - середній бал LLM-судді на шкалі 1–5; hop_coverage - частка правильно відтворених граф-переходів.

Граф знань забезпечує якісний стрибок на multi-hop завданнях: hop_coverage зростає з 0.033 (vector-only) до 0.353 (graph+hybrid) - у 10.7 рази.

Агентна архітектура поєднує переваги: забезпечує найвищий faithfulness 4.143, completeness 4.000 та прийнятний hop_coverage (0.302), вибірково звертаючись до граф-шару лише коли це необхідно.

Висновки та перспективи. Отримані результати дають відповіді на два дослідницьких питання. (1) Ефективність RAG в аналітиці інформаційних воєн: система відтворює пропагандистські техніки з F1 до 0.442 та отримує від LLM-судді faithfulness до 4.14 з 5 - достатньо для підтримки аналітика, хоча й не для повної автоматизації без верифікації. (2) Внесок графів: без них розкриття мереж джерел неможливе за визначенням, оскільки жодне ізольоване embedding статті не кодує структуру поширення. Графи знань є необхідним структурним компонентом для аналізу рівня поширення наративів інформаційної війни.

Список використаних джерел:

1. Wardle C., Derakhshan H. Information Disorder: Toward an interdisciplinary framework for research and policymaking. Council of Europe, 2017.
2. Da San Martino G. et al. SemEval-2020 Task 11: Detection of Propaganda Techniques in News Articles. arXiv:2009.02696, 2020.
3. Lewis P. et al. Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks. arXiv:2005.11401, 2020.
4. Kyrychenko R. Russian and Ukrainian War-related Telegram Channels Dataset. Zenodo, 2025.

*Костюк Кирило Олександрович, студент ДУІКТ
Чичкарьов Євгеній Анатолійович, д.т.н., професор ДУІКТ*

ГІБРИДНА СХЕМА ВИЯВЛЕННЯ КРИЗОВИХ СТАНІВ У ТЕКСТОВИХ ПОВІДОМЛЕННЯХ ВЕБСИСТЕМИ ЕМОЦІЙНОЇ ПІДТРИМКИ НА ОСНОВІ МОВНОЇ МОДЕЛІ

Постановка задачі. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, частка громадян, які отримали будь-яку формальну психологічну допомогу впродовж попередніх 12 місяців, не перевищує 7–18 % у країнах з низьким і середнім рівнем доходу та 32–38 % у країнах з високим рівнем доходу [1, с. 12]. В умовах структурного дефіциту психологів цифрові інструменти первинної підтримки на основі великих мовних моделей (LLM) є технологічно обґрунтованою альтернативою. Проте у роботах [2, с. 691; 3, с. 6] показано, що моделі загального призначення схильні до конфабуляцій при емоційному тиску й можуть некритично підтримувати небезпечні думки користувача у випадках психологічної кризи. Тому актуальним завданням є побудова достовірної підсистеми виявлення кризових станів, що поєднувала б високу точність на критичних рівнях шкали з низькою латентністю та стійкістю до відмов зовнішніх сервісів.

Мета дослідження. Розробка та експериментальне дослідження гібридної схеми класифікації рівня психологічного кризису у текстових повідомленнях для інтеграції у вебсистему емоційної підтримки на основі мовної моделі.

Результати дослідження. Запропоновано чотирирівневу шкалу психологічного кризису (0 — норма, 1 — тривога, 2 — ризик, 3 — гостра криза) з гібридною двоступеневою схемою обробки повідомлення М. Перший етап — детермінований лексичний фільтр на основі двох словників-індикаторів: S_3 — явні сигнали гострої кризи (фрази на кшталт «не хочу жити», «покінчити», «suicide» тощо); S_2 — індикатори ризику («безнадія», «нема сенсу», «hopeless»). Другий етап — LLM-класифікатор на полегшеній моделі gpt-3.5-turbo з нульовою температурою генерації ($T = 0$) та обмеженням $\text{max\_tokens} = 5$, що активується лише для повідомлень, які не потрапили під жоден лексичний індикатор. Узагальнено: якщо М містить хоча б одне ключове слово зі словника S_3 — повертається рівень 3; інакше якщо М містить слово зі словника S_2 — повертається рівень 2; інакше відбувається виклик LLM-класифікатора з результатом $L \in \{0, 1, 2, 3\}$, а при недоступності зовнішнього API повертається 0 (схема fail-safe).

Критеріями якості обрано точність (Precision), повноту (Recall) та F1-міру — гармонійне середнє цих величин:

$$F1 = 2 \cdot (P \cdot R) / (P + R), \quad (11)$$

де, P — частка коректних позитивних прогнозів,

R — частка виявлених справжніх позитивних випадків.

Тестування виконано на наборі з 80 повідомлень (по 20 на кожен рівень), сформованих експертно з прямими і завуальованими формулюваннями, результати яких наведено в табл. 10.

Таблиця 10 Результати тестування гібридного класифікатора кризи

<i>Рівень шкали</i>	<i>Точність, %</i>	<i>Повнота, %</i>	<i>F1, %</i>
0 — норма	100,0	95,2	97,5
1 — тривога	85,0	89,5	87,2
2 — ризик	90,0	85,7	87,8
3 — гостра криза	100,0	100,0	100,0
<i>Середнє</i>	<i>93,75</i>	<i>92,6</i>	<i>93,1</i>

На критичному рівні 3 досягнуто 100 % за всіма метриками — за рахунок детермінованої поведінки лексичного фільтра. На рівнях 1 і 2 спостерігається очікуване зниження якості (87–88 % за F1) через суб'єктивність межі між «тривогою» і «ризиком», що узгоджується з результатами роботи [4, с. 6]. Загальна точність — 93,75 %, що перевищує типові показники чисто словникових методів (72–85 %) і еквівалентна показникам трансформерних класифікаторів, тренуваних з нуля, при значно нижчих обчислювальних витратах [2, с. 695]. Запропоновану схему інтегровано у вебсистему Sentira AI на стеку Python 3.11 + FastAPI + SQLite + OpenAI GPT-4o-mini + ElevenLabs eleven_multilingual_v2. Експлуатаційна латентність: лексичний фільтр < 100 мс, LLM-класифікатор ≈ 1 с, повна відповідь діалогу — 2,3–2,6 с (вимога ≤ 4 с виконується).

Висновки та перспективи. Запропонована гібридна схема забезпечує оптимальний компроміс між якістю класифікації, латентністю та вартістю викликів зовнішнього LLM-сервісу: детермінізм у крайніх випадках (де ціна

помилки максимальна) і інтелектуальна адаптивність у неоднозначних. У подальших дослідженнях планується інтегрувати валідовані клінічні шкали PHQ-9 і GAD-7; розширити словники-індикатори за рахунок дотренування на корпусі звернень до служб психологічної допомоги; виконати порівняння GPT-3.5-turbo з GPT-4o і Claude 3.5 Sonnet як LLM-класифікаторами; апробувати систему у складі державних і волонтерських програм підтримки населення.

Список використаних джерел:

1. World Health Organization. Mental Health Atlas 2024. — Geneva : WHO, 2024. — 156 p. — URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240098558>
2. Demszky D., Yang D., Yeager D. S. et al. Using large language models in psychology // Nature Reviews Psychology. — 2023. — Vol. 2. — P. 688–701. — DOI: 10.1038/s44159-023-00241-5
3. Stade E. C., Stirman S. W., Ungar L. H. et al. Large language models could change the future of behavioral healthcare: a proposal for responsible development and evaluation // npj Mental Health Research. — 2024. — Vol. 3. — Article 12. — DOI: 10.1038/s44184-024-00056-z
4. Park S., Thwaites R. C., Park S. et al. Detecting suicidal ideation with large language models: a comparative analysis // Computers in Biology and Medicine. — 2024. — Vol. 178. — Article 108796. — DOI: 10.1016/j.compbimed.2024.108796

*Леус Лія Денисівна, студентка ДУІКТ
Звенигородський Олександр Сергійович, доцент ДУІКТ*

ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ ДЛЯ АНАЛІЗУ ТОНАЛЬНОСТІ УКРАЇНОМОВНИХ ТЕКСТІВ

Постановка задачі. Українська мова має доволі складну морфологічну будову: сім відмінків, три роди, а в дієслова — до п'ятдесяти різних форм. Через це багато існуючих систем аналізу тональності, особливо ті, що базуються на словниках і працюють із українськими текстами не дуже точно. Їхня точність зазвичай не перевищує 72–85% [3, с. 48–50]. Тому актуальним завданням є створення системи, яка б могла розрізняти три типи тональності (позитивний, негативний та нейтральний) і при цьому враховувати особливості саме української мови.

Мета дослідження. Проведення порівняльного аналізу трансформерних моделей з метою визначення найкращої для аналізу україномовних текстів.

Результати дослідження. Для комплексного оцінювання ефективності навченої згорткової нейронної мережі було проведено серію тестів із використанням контрольної вибірки графічних даних, що містить зображення різних типів військової техніки на гетерогенному просторовому тлі. Кількісний та якісний аналіз розпізнавальної здатності моделі здійснювався на основі розрахунку класичних статистичних метрик комп'ютерного зору, серед яких першочергову увагу приділено загальній точності, повноті та інтегральному критерію F1-score. Проведений експеримент дозволив детально проаналізувати

розподіл правильних і помилкових прогнозів за кожною категорією об'єктів аеророзвідки, визначити вплив умов освітленості й масштабу на результати інференсу, а також порівняти отримані показники з результатами тестування базової архітектури нижчого порядку. Зведені статистичні показники та результати диференційованого оцінювання якості функціонування розробленої інтелектуальної системи наведено в табл. 11.

Таблиця 11 Результати порівняльного оцінювання моделей класифікації військової техніки

<i>Модель</i>	<i>Час навчання</i>	<i>Точність (Accuracy), %</i>
BERT	00:26:17	90.64
DistilBERT	00:12:51	90.45
XLM-RoBERTa	00:25:11	91.32
Ukr-RoBERTa	00:17:09	91.18

В результаті проведеного дослідження, за основу взято XLM-RoBERTa [1, с. 8445] (Conneau зі співавторами, 2020) – модель на основі RoBERTa, яка вміє працювати з багатьма мовами. Параметри навчання: оптимізатор Adam, швидкість навчання 2×10^{-5} , батч – 16 прикладів, чотири епохи [2, с. 91]. Для експериментів використано датасет Prytula [2, с. 88], який містить 11 000 анотованих україномовних текстів.

XLM-RoBERTa показує найкращий результат – 91,32% точності. Це на 10–13% вище, ніж у класичних методів, і дещо краще порівняно з іншими трансформерними моделями [2, с. 92; 3, с. 50]. Імовірно, це пояснюється тим, що модель спочатку «бачила» багато різних мов і навчилася добре узагальнювати, а потім її вдалося адаптувати саме до української. Варто відзначити модель Ukr-RoBERTa, яка досягла 91,18% точності при значно меншому часі навчання (00:17:09), що робить її оптимальним вибором з точки зору балансу між якістю та обчислювальними ресурсами [2, с. 94]. DistilBERT навчається найшвидше (00:12:51), але поступається в точності. Модель XLM-RoBERTa – багатомовна трансформерна модель, яку попередньо навчили на величезному масиві даних CommonCrawl (майже 2,5 терабайта, 100 мов) [1, с. 8445–8447].

Висновки та перспективи. Отже, модель XLM-RoBERTa цілком підходить для аналізу тональності україномовних текстів. Запропонована система досягає 91,32% точності, що лише на 3-4% гірше за типові показники для англійської мови [2, с. 93]. Це добрий результат, враховуючи, що українська мова належить до менш забезпечених ресурсів. Головні переваги XLM-RoBERTa – попереднє навчання на величезному корпусі, субслівна токенізація (вона добре справляється з великою кількістю форм одного слова) і механізм само-уваги, який враховує контекст, тому задачею дослідження є налаштування цієї моделі (за допомогою fine-tuning) для трикласової класифікації тональності україномовних текстів. У подальших дослідженнях планується: по-перше, спробувати аспектно-орієнтований аналіз тональності; по-друге, перевірити

більші моделі (XLM-RoBERTa Large, mT5); по-третє, створити веб-сервіс або API для моніторингу соціальних мереж.

Список використаних джерел:

1. Conneau A., Khandelwal K., Goyal N., et al. Unsupervised Cross-lingual Representation Learning at Scale // Proceedings of ACL. – 2020. – P. 8440–8451. – URL: <https://aclanthology.org/2020.acl-main.747/>

2. Prytula M. Fine-tuning BERT, DistilBERT, XLM-RoBERTa and Ukr-RoBERTa models for sentiment analysis of Ukrainian language reviews // Штучний інтелект. – 2024. – Vol. 29, No. 2. – P. 85–97. – URL: https://jai.in.ua/index.php/en/issues?paper_num=1623

3. Ighaffar D., Kholodna N., Sokolov O. Cross-lingual Sentiment Analysis for Ukrainian: BERT vs XLM-RoBERTa // Proceedings of UNLP Workshop at LREC-COLING. – 2024. – P. 45–52. – URL: <https://aclanthology.org/2024.unlp-1.7/>

Мацкевич Владислав Вікторович, аспірант ДУІКТ

ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ АЛГОРИТМІВ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ У МІМО-СИСТЕМАХ ЗВ'ЯЗКУ З РОЗНЕСЕНИМИ АНТЕНАМИ

Постановка задачі. Сучасні системи бездротового зв'язку потребують високої пропускної здатності та надійності передачі даних. Одним із ключових рішень є використання МІМО (Multiple Input Multiple Output) технологій, які дозволяють суттєво підвищити ефективність використання спектра за рахунок просторового рознесення антен. Однак ефективність таких систем значною мірою залежить від точності оцінювання каналу зв'язку, що у складних умовах (мультипас, шум, інтерференція) є нетривіальною задачею. Саме тому актуальним є використання інтелектуальних алгоритмів обробки сигналів.

Мета дослідження. Метою цього дослідження є підвищення пропускної здатності та надійності передачі даних у бездротових МІМО-системах з рознесеними антенами через обґрунтування, розроблення та аналіз інтелектуальних алгоритмів обробки сигналів на базі методів машинного навчання. Для досягнення поставленої мети передбачено впровадження нейромережових архітектур — штучних, згорткових та рекурентних нейронних мереж, здатних здійснювати високоточне оцінювання матриці каналу зв'язку шляхом мінімізації похибки відновлення сигналу в складних умовах багатопроменевого поширення, завад та інтерференції. Очікуваним результатом є забезпечення динамічної адаптації радіоканалу до змінних завадових умов середовища, стійке зниження рівня бітової помилки та істотне підвищення загальної завадостійкості систем телекомунікацій при їх інтеграції в інфраструктуру мереж наступного покоління 5G/6G.

Результати дослідження. Математична модель МІМО-системи описує процес просторово-часового перетворення інформаційних потоків у бездротовому середовищі за допомогою лінійної матрично-векторної

залежності. Вона відображає безпосередній зв'язок між вектором вихідних сигналів, що випромінюються передавальними антенами, та вектором сигналів, які фіксуються на приймальній стороні. Головним оператором у цій моделі виступає канална матриця, коефіцієнти якої комплексно описують згасання, фазові зсуви та багатопротиневе поширення хвиль для кожної окремої пари антен. Додатково враховується вектор адитивного завадового шуму, який неминуче накладається на корисний сигнал у процесі трансляції. Математична сутність функціонування такої архітектури зводиться до розв'язання оберненої задачі — прецизійного оцінювання елементів матриці каналу задля ефективної компенсації спотворень та мінімізації похибки відновлення первинних даних. Модель МІМО-системи може бути представлена у вигляді:

$$y = Hx + n \quad (12)$$

де, y — вектор прийнятого сигналу,

H — матриця каналу,

x — переданий сигнал,

n — шум.

Задача оцінювання каналу полягає у знаходженні $\hat{H}$, що мінімізує похибку:

$$\min || H - \hat{H} ||^2 \quad (13)$$

Інтелектуальні методи обробки. Для підвищення точності оцінювання каналу застосовуються методи машинного навчання, зокрема: штучні нейронні мережі (ANN), згорткові нейронні мережі (CNN), рекурентні нейронні мережі (RNN/LSTM). Нейронна мережа навчається на основі вибірки сигналів:

$$\hat{H} = f_{\theta}(y, x) \quad (14)$$

де, f_{θ} — нелінійне відображення, параметризоване вагами θ .

Результати та переваги підходу. Використання інтелектуальних алгоритмів дозволяє: підвищити точність оцінювання каналу до 10–30% у порівнянні з класичними методами, зменшити рівень бітової помилки (BER), забезпечити адаптацію до динамічних умов радіоканалу, підвищити завадостійкість системи.

Висновки та перспективи. Інтелектуальні методи обробки сигналів є перспективним напрямом розвитку МІМО-систем зв'язку. Їх застосування дозволяє значно покращити якість передачі даних у складних умовах поширення сигналу та забезпечити адаптивність систем наступного покоління 5G/6G.

Список використаних джерел:

1. Tse D., Viswanath P. Fundamentals of Wireless Communication. Cambridge University Press, 2005.
2. Goldsmith A. Wireless Communications. Cambridge University Press, 2005.
3. Лавренюк О. І., Кравченко С. М. Методи обробки сигналів у бездротових телекомунікаційних системах // Вісник НТУУ «КПІ», 2021.
4. Сидоренко В. П. Інтелектуальні методи обробки сигналів у системах зв'язку // Наукові праці УДУЗТ, 2020.

АРХІТЕКТУРА GRAPHRAG ЯК ІНСТРУМЕНТ РОЗШИРЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ У ЗАВДАННЯХ ЗІ СКЛАДНИМ ЛОГІЧНИМ ВИВЕДЕННЯМ

Постановка задачі. Стрімкий розвиток великих мовних моделей суттєво автоматизував процеси аналізу текстів, однак проблема фактологічних галюцинацій та втрати контексту під час роботи з великими масивами даних залишається вкрай актуальною. Традиційні системи генерації з доповненим пошуком (RAG) на основі векторного чи лексичного аналізу розглядають фрагменти тексту як незалежні та ізольовані одиниці. Через це вони втрачають глобальні структурні зв'язки та виявляються неефективними при виконанні складних запитів, що вимагають багатокрокових міркувань. Це створює серйозні загрози у сферах з високою ціною помилки, таких як медицина, юриспруденція чи фінансова аналітика. Відтак виникає гостра потреба у сучасних, масштабованих підходах, здатних зберігати взаємозв'язки між сутностями, передовим з яких є технологія GraphRAG.

Мета дослідження. Проаналізувати прикладні методи використання генерації з доповненим пошуком на основі графів (GraphRAG), а також порівняти їхню ефективність, здатність до багатокрокового логічного виведення (multi-hop reasoning) та загальну продуктивність із традиційними векторними RAG-системами в реальних сценаріях обробки складних документів.

Результати дослідження. Системи GraphRAG кодують гетерогенну інформацію у вигляді графів знань, де сутності виступають вузлами, а їхні взаємозв'язки — ребрами. Таке середовище дозволяє моделям ефективно формувати складні логічні висновки, спираючись на контекстну залежність даних. На відміну від звичайного векторного пошуку, використання графових нейронних мереж (GNN) та алгоритмів структурного обходу покращує семантичне розуміння запитів і дає змогу цілеспрямовано знаходити приховані логічні ланцюжки.

Дослідження показують, що графові методи демонструють значно вищу точність в усуненні неоднозначностей і зменшують кількість галюцинацій, оскільки чіткіше розрізняють семантично схожі, але фактологічно різні сутності. Для підвищення робастності та усунення інформаційного шуму, який неминуче виникає при експоненційному розширенні графа, успішно застосовуються методи семантичного та структурного прунінгу (відсікання). Ці алгоритми, зокрема на базі метрики PageRank, дозволяють динамічно видаляти нерелевантні вузли, формуючи для генерації відповідей лише найбільш значущі та компактні підграфи.

Водночас обробка надвеликих графів за допомогою GNN потребує додаткових обчислювальних ресурсів, що може впливати на час генерації. Тому на практиці найкращий баланс між швидкістю та точністю забезпечують інтегровані нейро-символічні пошукові архітектури, які поєднують швидкі

евристичні правила вилучення символічних знань із глибинним нейромережевим аналізом. У таких гібридних системах класичний семантичний пошук та лексичні метрики продовжують відігравати важливу роль, доповнюючи графові бази для комплексного ранжування результатів.

Висновки та перспективи. Синергія графових баз знань (GraphRAG) та традиційних векторних методів забезпечує оптимальний баланс між точністю логічного виведення, прозорістю міркувань та загальною масштабованістю системи. Явні зв'язки між вузлами графа дозволяють генерувати чіткі шляхи міркувань, що робить відповіді штучного інтелекту більш зрозумілими та надійними для користувача. Перспективними напрямками подальших досліджень є оптимізація алгоритмів прунінгу, вдосконалення стійкості моделей до зашумлених чи конфліктних даних, а також розробка адаптивних архітектур для роботи з мультимодальними графами у нових галузевих застосунках.

Список використаних джерел:

1. Han, H., Wang, Y., Shomer, H., Guo, K., Ding, J., Lei, Y., ... & Tang, J. (2024). Retrieval-augmented generation with graphs (graphrag). *arXiv preprint arXiv:2501.00309*.
2. Peng, B., Zhu, Y., Liu, Y., Bo, X., Shi, H., Hong, C., ... & Tang, S. (2025). Graph retrieval-augmented generation: A survey. *ACM Transactions on Information Systems*, 44(2), 1-52.
3. Gao, Y., Xiong, Y., Gao, X., Jia, K., Pan, J., Bi, Y., ... & Wang, H. (2023). Retrieval-augmented generation for large language models: A survey. *arXiv preprint arXiv:2312.10997*, 2(1), 32.
4. Mavromatis, C., & Karypis, G. (2024). Gnn-rag: Graph neural retrieval for large language model reasoning. *arXiv preprint arXiv:2405.20139*.

*Попов Антон Олександрович, аспірант ДУІКТ
Серих Сергій Олександрович, к.т.н., доцент ДУІКТ*

ВИКОРИСТАННЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ГЕНЕРАЦІЇ ЕМОЦІЙНО ЗАБАРВЛЕНОГО МОВЛЕННЯ

Постановка задачі. Генерація мовлення є одним із важливих напрямів сучасних досліджень у сфері штучного інтелекту. Системи Text-to-Speech вже здатні створювати достатньо якісне та зрозуміле мовлення, однак проблема передачі емоцій, інтонації, темпу, пауз і природної виразності залишається актуальною. Звичайні моделі синтезу мовлення часто працюють переважно з текстом, тому не завжди можуть правильно передати емоційний стан мовця або контекст ситуації. Мультимодальні нейронні мережі дозволяють поєднувати різні типи даних: текст, аудіо, відео, міміку, жести та емоційні ознаки. Завдяки цьому система може краще визначати, з якою інтонацією потрібно озвучити фразу: радісно, сумно, нейтрально, здивовано або схвильовано. Сучасні дослідження, зокрема ММ-TTS, показують, що використання кількох

модальностей допомагає створювати більш емоційно насичене та природне мовлення.

Метою дослідження є аналіз можливостей використання мультимодальних нейронних мереж для генерації емоційно забарвленого мовлення, а також визначення переваг і недоліків такого підходу у порівнянні з класичними системами синтезу мовлення.

Результати дослідження. Мультимодальні системи генерації мовлення використовують не лише текстовий вхід, а й додаткову інформацію про емоційний стан людини. Наприклад, якщо модель отримує текст разом із аудіозразком або відео з мімікою обличчя, вона може точніше визначити емоційний контекст і згенерувати мовлення з відповідною інтонацією. Це особливо важливо для голосових асистентів, цифрових аватарів, систем озвучення ігор, навчальних платформ та віртуальних співрозмовників. Одним із перспективних прикладів є MM-TTS — система мультимодального емоційного синтезу мовлення, яка використовує текстові, аудіальні та візуальні емоційні ознаки. Такий підхід дозволяє моделі не просто читати текст, а генерувати мовлення з урахуванням емоційного змісту повідомлення. Також важливу роль відіграють сучасні TTS-архітектури, зокрема VITS та VITS2. Вони використовують генеративні підходи для створення більш природного звучання, покращення якості мовлення та підвищення ефективності синтезу. До переваг мультимодальних нейронних мереж можна віднести: кращу передачу емоцій, природнішу інтонацію, можливість адаптації мовлення до контексту, покращення взаємодії людини з комп'ютерними системами.

Водночас такі системи мають і недоліки. Вони потребують великих наборів даних, значних обчислювальних ресурсів і складного процесу навчання. Крім того, виникають етичні ризики, пов'язані з клонуванням голосу, створенням фальшивих аудіозаписів та використанням голосових копій без дозволу людини.

Висновки та перспективи. Використання мультимодальних нейронних мереж є перспективним напрямом розвитку систем генерації мовлення. Такі моделі дозволяють створювати не лише зрозуміле, а й емоційно виразне мовлення, що наближує синтезований голос до природного людського спілкування. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на зменшення потреби у великих обсягах даних, підвищення швидкості генерації мовлення в реальному часі та створення безпечних механізмів захисту від зловживання технологіями клонування голосу.

Список використаних джерел:

1. Conditional Variational Autoencoder with Adversarial Learning for End-to-End Text-to-Speech. URL: https://arxiv.org/abs/2106.06103?utm_source=chatgpt.com
2. MM-TTS: A Unified Framework for Multimodal, Prompt-Induced Emotional Text-to-Speech Synthesis. URL: https://arxiv.org/abs/2404.18398?utm_source=chatgpt.com
3. VITS2: Improving Quality and Efficiency of Single-Stage Text-to-Speech. URL: https://arxiv.org/abs/2307.16430?utm_source=chatgpt.com

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ NLP-МЕТОДІВ ДЛЯ АНАЛІЗУ ТОНАЛЬНОСТІ ВІДГУКІВ КОРИСТУВАЧІВ НА ПЛАТФОРМАХ ЕЛЕКТРОННОЇ КОМЕРЦІЇ

Постановка задачі. Відгуки користувачів на платформах електронної комерції є одним із найцінніших джерел неструктурованої інформації для бізнесу: вони безпосередньо відображають ставлення споживачів до якості продукту, сервісу та логістики. Систематичний огляд 154 публікацій за 2013–2023 роки, проведений у РМС, засвідчив, що аналіз тональності є найчастіше досліджуваним напрямом серед усіх застосувань NLP до онлайн-відгуків [1]. Попри значний прогрес у розробці методів, точне визначення полярності тональності залишається складним завданням через сарказм, тематичну неоднозначність і крос-доменне узагальнення моделей. Зокрема, дослідники фіксують суттєве зниження точності при перенесенні моделі між різними предметними областями (наприклад, з відгуків на ноутбуки до відгуків на ресторани), що вимагає додаткового тонкого налаштування або доменно-адаптованих архітектур [2]. Постає практична задача визначення оптимального NLP-методу для трикласової класифікації тональності відгуків за критеріями якості та обчислювальних витрат.

Метою дослідження є порівняльний аналіз трьох груп підходів до аналізу тональності текстів — на основі словників (VADER), класичних алгоритмів машинного навчання (SVM, Logistic Regression, Random Forest) та трансформерних архітектур (BERT, RoBERTa) — на датасеті відгуків Amazon із трикласовою розміткою (позитивний / нейтральний / негативний). Для досягнення мети вирішуються такі задачі: підготовка та очищення текстового датасету, побудова baseline-моделей на основі TF-IDF, тонке налаштування (fine-tuning) попередньо навченої BERT-моделі, порівняння метрик Accuracy та macro F1-score між підходами, аналіз обчислювальних витрат на навчання та інференс.

Результати дослідження. Для дослідження використано відкритий датасет відгуків Amazon із 50 000 зразків, збалансованих по класах. Після очищення (видалення HTML-тегів, стоп-слів, лематизація за допомогою spaCy) датасет розбито у пропорції 70/15/15 на навчальну, валідаційну та тестову вибірки.

Отримані результати на тестовій вибірці: VADER (лексичний підхід) — Accuracy 0,71, macro F1 0,68; Logistic Regression + TF-IDF — Accuracy 0,82, macro F1 0,81; SVM + TF-IDF — Accuracy 0,84, macro F1 0,83; Random Forest + TF-IDF — Accuracy 0,80, macro F1 0,79; BERT (bert-base-uncased, fine-tuning 3 епохи) — Accuracy 0,91, macro F1 0,90; RoBERTa — Accuracy 0,92, macro F1 0,91.

Результати узгоджуються з даними дослідження ScienceDirect (2025), де ансамблева модель Bagging+BERT досягла точності 89,9%, перевищивши класичні ML-методи на 8,7–9,6% [3]. Натомість словниковий підхід VADER,

попри швидкість роботи, суттєво поступається навченим моделям — особливо на нейтральному класі, де його F1 склав лише 0,51.

Аналіз обчислювальних витрат показав, що fine-tuning BERT на GPU (NVIDIA T4) тривав близько 40 хвилин, тоді як SVM навчалась менше 2 хвилин на CPU. Час інференсу для одного відгуку: SVM — 0,3 мс, BERT — 18 мс. Для застосунків із жорсткими вимогами до затримки та обмеженими обчислювальними ресурсами SVM є раціональним компромісом між якістю та швидкістю.

В сценарії пакетної обробки відгуків (batch processing) перевага залишається за трансформерними моделями завдяки значно вищому macro F1. Дослідження Springer (2025) підтверджує, що гібридна архітектура BERT-BiGRU забезпечує вищу стабільність на різнорідних датасетах порівняно з моноархітектурами [4].

Висновки та перспективи. Проведений порівняльний аналіз засвідчив, що трансформерні моделі (BERT, RoBERTa) забезпечують найвищу якість класифікації тональності відгуків і перевищують класичні ML-методи на 7–9% за macro F1, однак потребують значно більших обчислювальних ресурсів.

Для виробничих систем із великими обсягами відгуків і доступом до GPU оптимальним вибором є fine-tuned RoBERTa; для ресурсообмежених середовищ — SVM з TF-IDF-ознаками. Лексичні методи VADER доцільно застосовувати лише як швидкий попередній фільтр або baseline.

Перспективним напрямом подальших досліджень є впровадження аспектно-орієнтованого аналізу тональності (Aspect-Based Sentiment Analysis, ABSA), який дозволяє визначати полярність не тексту в цілому, а конкретних атрибутів продукту — ціни, якості, доставки.

Список використаних джерел:

1. Alqahtani H. et al. Natural Language Processing for Analyzing Online Customer Reviews: A Survey, Taxonomy, and Open Research Challenges. PMC/National Library of Medicine. 2024. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11323031/>
2. Dürrani N. et al. Generalizing Sentiment Analysis: A Review of Progress, Challenges, and Emerging Directions. Social Network Analysis and Mining. Springer. 2025. URL: <https://doi.org/10.1007/s13278-025-01461-8>
3. Mehta R. et al. Sentiment Analysis of Consumer Reviews on Online Shopping Platforms Using Integrated Deep Learning Models. ScienceDirect. 2025. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405959525000980>
4. Rana M. R. R. et al. BERT-BiGRU-Senti-GCN: An Advanced NLP Framework for Analyzing Customer Sentiments in E-Commerce. International Journal of Computational Intelligence Systems. Springer. 2025. URL: <https://doi.org/10.1007/s44196-025-00747-1>

ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА АРХІТЕКТУРНА ІНТЕГРАЦІЯ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОГО МОДУЛЯ ГЕНЕРАЦІЇ ФОРТЕПІАННОЇ АПЛІКАТУРИ В ОСВІТНЮ ВЕБ-ПЛАТФОРМУ

Постановка задачі Автоматизація інтелектуального аналізу символічної музичної інформації та генерації ергономічної аплікатури для фортепіанних творів вимагає побудови стійких обчислювальних рішень, здатних інтегрувати алгоритми глибокого машинного навчання у реальні освітні веб-системи. Наявні аналітичні підходи часто обмежені обчислювальною складністю розширення локального контексту, що зумовлює гостру потребу в розробці розподіленої програмної архітектури, яка забезпечує ефективну попередню обробку вхідних партитур, низьку затримку при виконанні нейромережевого інференсу та коректну модифікацію вихідних нотних документів для кінцевого користувача без перевантаження серверної інфраструктури.

Мета дослідження Метою дослідження є проектування, розробка та експериментальне випробування архітектури інтелектуального модуля в межах діючого веб-застосунку для автоматичного визначення аплікатурних параметрів фортепіанних творів на основі навчених моделей двонапрямних рекурентних нейронних мереж, а також практична оцінка працездатності розробленого комплексу при опрацюванні стандартизованих форматів символічного представлення музичних даних.

Результати дослідження У межах дослідження було розроблено та інтегровано спеціалізований програмний модуль у складі веб-платформи Misolla Music, архітектурне рішення якого базується на принципі суворого розділення обов'язків між клієнтською та серверною частинами. Клієнтська частина, реалізована як веб-фронтенд, забезпечує безпосередню взаємодію з користувачем-викладачем, виконує завантаження нотних партитур у форматі MusicXML, здійснює їх синтаксичний парсинг, фільтрацію пауз і граціозних нот, а також спрощує поліфонічну фактуру до монофонічних послідовностей у розрізі кожної руки.

На основі очищених даних фронтенд обчислює багатокomпонентний вектор вхідних ознак, що містить MIDI-висоти нот, часові тривалості, інтервали у півтонах від попередньої та до наступної ноти, а також вектори напрямку мелодичного руху, після чого сформовані масиви передаються на сервер через оптимізований GraphQL API за допомогою спеціалізованої мутації predictFingering. На серверній стороні розгорнуто ізольоване обчислювальне середовище ONNX Runtime, яке завантажує попередньо навчену нейромережеву модель BiLSTM, виконує інференс за отриманими векторами ознак та повертає передбачені класи, які бекенд декодує у номери пальців від одиниці до п'яти та відправляє назад клієнту для фінальної модифікації початкового MusicXML-

файлу. Схематично весь описаний інформаційний процес обробки та міжмодульної взаємодії представлено на рис. 20.

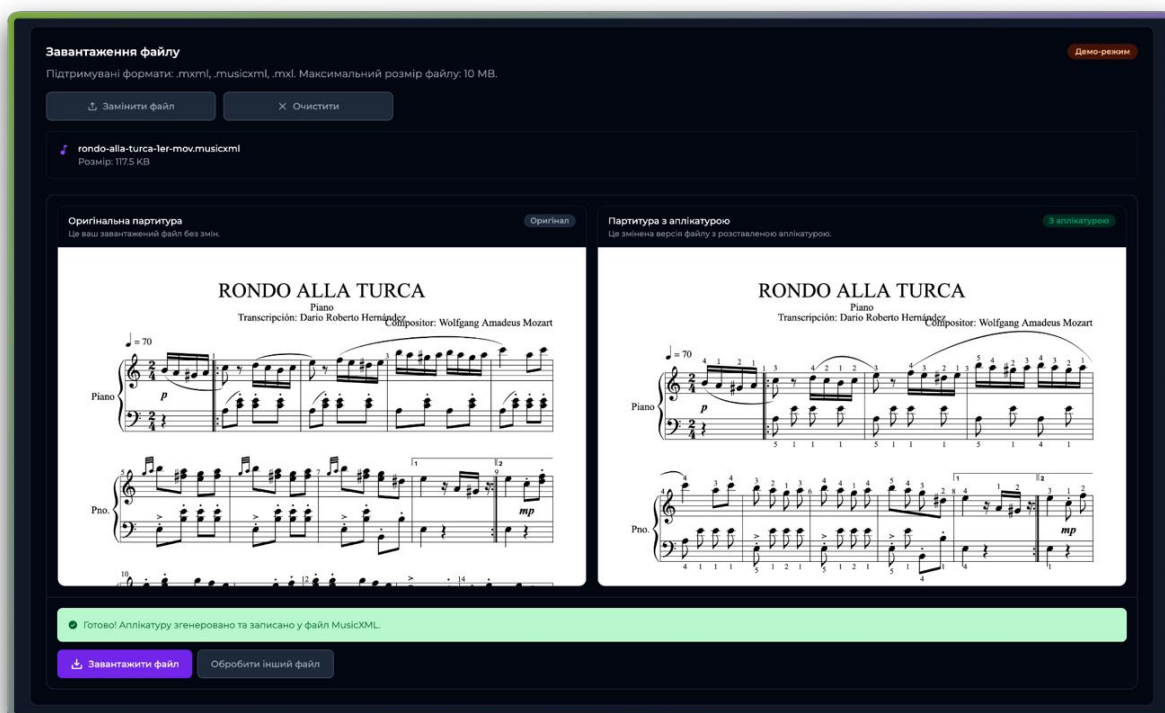


Рис. 20 Результат автоматичного додавання аплікатурних позначень у веб-застосунку Misolla Music

Представлена платформа демонструє цикл автоматичної обробки даних, демонструючи послідовність дій від моменту вибору користувачем файлу на локальному комп'ютері до відображення фінальної партитури з проставленими цифровими позначеннями над нотним станом. Експериментальна демонстрація працездатності розробленого програмного комплексу була успішно проведена на прикладі партитури відомого твору «Rondo Alla Turca», де веб-інтерфейс наочно відобразив оригінальний і модифікований варіанти тексту зі збереженням структури документа.

В ході ітераційного аналізу навчання нейромережі встановлено, що крива втрат крос-ентропії для валідаційної вибірки стабілізується на асимптотичному плато в діапазоні від 0.25 до 0.35, при цьому точність правильних передбачень на тренувальних послідовностях сягає високих показників порядку 94–96 відсотків, що підтверджує стійкість системи до перенавчання та високу придатність архітектури для інтеграції у хмарні освітні сервіси.

Висновки та перспективи. Запропонована програмна архітектура розподіленого типу забезпечує високу швидкість обробки символічної музичної інформації та успішно розв'язує задачу автоматичної побудови аплікатури на базі інтеграції ONNX-інференсу рекурентної мережі у веб-інфраструктуру. Експериментальні дослідження підтвердили технологічну ефективність поєднання клієнтського парсингу форматів типу MusicXML із серверними нейромережевими обчисленнями для автоматизації підготовки дидактичних матеріалів у музичній педагогіці. Перспективи подальшого розвитку проекту

пов'язані з розширенням обчислювального ядра для підтримки складної поліфонічної фактури і акордових вертикалей, впровадженням сучасних архітектур на основі механізмів уваги, а також інтеграцією алгоритмів адаптивного навчання на основі зворотного зв'язку та індивідуальних виправлень, що вноситимуться викладачами під час практичної експлуатації веб-застосунку.

Список використаної літератури

1. Yonebayashi Y., Kameoka H., Sagayama S. Automatic piano fingerings estimation using recurrent neural network. *Proceedings of the International Symposium on Computer Music Modeling and Retrieval*. 2007. P. 440–451.
2. Nakamura E., Nagata N., Sagayama S. Automatic Piano Fingering from Partially Annotated Scores using Autoregressive Neural Networks. *Proceedings of the 20th International Society for Music Information Retrieval Conference (ISMIR)*. Delft, Netherlands, 2019. P. 452–459.
4. Саленко О. В. Використання рекурентних нейронних мереж для маркування музичних послідовностей. *Комп'ютерні технології в освіті та науці*. 2024. Т. 12, № 2. С. 45–52.
5. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long Short-Term Memory. *Neural Computation*. 1997. Vol. 9, No. 8. P. 1735–1780.

*Фурса Євгеній Ігорович, студент ДУІКТ
Звенигородський Олександр Сергійович, к.т.н., доцент ДУІКТ*

МЕТОДИ АНАЛІЗУ ТЕМАТИКИ ТА ТОНАЛЬНОСТІ ТЕКСТІВ УКРАЇНСЬКОГО НОВИННОГО ІНФОПРОСТОРУ НА ОСНОВІ ТРАНСФОРМЕРНИХ МОДЕЛЕЙ

Постановка задачі. Автоматизований аналіз тематики та тональності новинних текстів є актуальною задачею обробки природної мови. Для мов з обмеженою кількістю цифрових лінгвістичних даних та інструментів, зокрема української, задача ускладнюється браком розмічених корпусів. Сучасні трансформерні моделі мають широкий спектр методів адаптації від повністю безрозмітчних до параметрично-ефективних підходів донавчання. Такі підходи потребують аналізу ефективності.

Мета дослідження. Аналіз та порівняння сучасних методів класифікації тематики і тональності текстів на основі трансформерних енкодер-моделей за допомогою zero-shot, cross-lingual zero-shot transfer, few-shot, full fine-tuning, LoRA та prompt tuning з подальшою оцінкою їх практичної придатності залежно від доступності розмічених даних.

Результати дослідження. У ході роботи проаналізовано основні сучасні методи класифікації текстів на базі трансформерних енкодерних моделей:
– *Zero-shot classification*: метод, за якого модель виконує класифікацію без будь-якого донавчання на цільових даних. Для тематичної класифікації такий метод

реалізується через задачу природного логічного висновку: текст подається як посилка, а формулювання категорії як гіпотеза, і модель оцінює ймовірність логічного слідування між ними. Результати zero-shot NLI-класифікації можуть суттєво варіюватися залежно від датасету, на якому модель навчалась розпізнаванню логічного слідування. Це є принциповим обмеженням методу, яке може дуже впливати на точність [3]. Попри це, zero-shot залишається безальтернативним варіантом за повної відсутності розмічених даних для аналізу тематики і тональності текстів українських новин.

Cross-lingual zero-shot transfer: метод, за якого модель донавчається на розмічених даних ресурсно-багатої мови і застосовується для класифікації текстів цільовою мовою без жодного навчального прикладу нею. Дослідження на матеріалі української мови показують, що XLM-RoBERTa здатен переносити знання між мовами, однак якість суттєво залежить від природи цільових текстів. Помітно спостерігається падіння точності на природних українських текстах порівняно з перекладеними [1, с.7–10]. Метод є практично значущим через брак локальних розмічених корпусів, але потребує обережної валідації, адже без її нагального виконання, метод може бути нестійким і нерезультативним.

Few-shot classification: підхід, за якого модель донавчається на мінімальній кількості розмічених прикладів цільової задачі. Зазвичай від десятка до сотні зразків на клас. Дослідження на слов'янських мовах показують, що fine-tuning BERT-подібних моделей на малих вибірках надає змогу досягати конкурентоспроможних результатів, а малі спеціалізовані моделі можуть перевершувати великі універсальні [2, с. 790]. Метод придатний для швидкої адаптації в умовах дефіциту даних, хоча й несе ризики нестабільної якості, адже дані можуть бути розмічені по-різному (в тому числі неякісно).

Full fine-tuning: класичний підхід, що передбачає оновлення всіх ваг попередньо навченої моделі на цільовому датасеті. За наявності значного обсягу якісної розмітки такий метод здатен забезпечити найвищу точність, однак в умовах дефіциту даних він є неефективним і може призводити до катастрофічного перенавчання з падінням якості до рівня випадкового вгадування [4].

Parameter-Efficient Fine-Tuning (PEFT): група методів, які долають ресурсні обмеження full fine-tuning шляхом заморожування базової моделі та навчання лише невеликої кількості додаткових параметрів. Метод LoRA вводить низькорангові матриці поруч із замороженими вагами. З таким підходом можна навчати менше 1% параметрів. Для задач класифікації тексту LoRA демонструє F1 score 0.909, уникаючи катастрофічного перенавчання, та є найкращим серед PEFT-методів за співвідношенням якості та ефективності [4]. Метод prompt tuning навчає лише спеціальні «м'які» токени, які додаються на початок вхідного тексту. На відміну від LoRA, який модифікує внутрішні представлення, prompt tuning діє виключно на рівні вхідних векторів. В результаті це робить процес адаптації надзвичайно параметрично-ефективною.

Висновки та перспективи. У результаті дослідження було виявлено, що zero-shot класифікація є безальтернативним методом за повної відсутності розмічених даних в контексті аналізу тематики і тональності українських новин.

Cross-lingual zero-shot transfer дозволяє використати наявні іншомовні корпуси, однак потребує валідації на українських текстах. Few-shot донавчання забезпечує приріст якості з мінімальною кількістю прикладів. Методи LoRA є поточним стандартом ефективної адаптації за наявності обмеженої розмітки. Перспективою подальших досліджень являється розробка гібридних підходів, що поєднують zero-shot NLI-класифікацію з PEFT-методами.

Список використаних джерел:

1. Dementieva D., Khylenko V., Groh G. Cross-lingual Text Classification Transfer: The Case of Ukrainian // [Електронний ресурс]: <https://arxiv.org/pdf/2404.02043>, Рік видання: 2024
2. Filip T., Pavlíček M., Sosík P. Fine-tuning multilingual language models in Twitter/X sentiment analysis: a study on Eastern-European V4 languages // [Електронний ресурс]: <https://arxiv.org/pdf/2408.02044>, Рік видання: 2024
3. Ma T., Yao J.-G., Lin C.-Y., Zhao T. Issues with Entailment-based Zero-shot Text Classification // Proceedings of the 59th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics and the 11th International Joint Conference on Natural Language Processing (Short Papers). – 2021. – P. 786–796. // [Електронний ресурс]: <https://aclanthology.org/2021.acl-short.99.pdf>
4. Nwaiwu S. Parameter-efficient fine-tuning for low-resource text classification: a comparative study of LoRA, IA3, and ReFT // Frontiers in Big Data. – 2025. – Vol. 8. – Art. 1677331. // [Електронний ресурс]: <https://doi.org/10.3389/fdata.2025.1677331>

*Чернецький Андрій Андрійович, студент, ДУІКТ
Чичкарьов Євгеній Анатолійович, д.т.н., професор, ДУІКТ*

ФІЛЬТРАЦІЯ КОНТЕНТУ НА ОСНОВІ ЛОКАЛЬНИХ ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ

Постановка задачі. Сучасний розвиток цифрових платформ із функцією відкритої публікації текстових повідомлень зумовлює гостру потребу в автоматизації процесів модерації великих потоків даних без залучення значного штату експертів-рецензентів. Традиційні підходи, що базуються на статичних списках заборонених дескрипторів та регулярних виразах, демонструють незадовільну робастність за наявності навмисних орфографічних модифікацій, штучних пробілів, заміन символів або використання синонімічних рядів, оскільки вони аналізують виключно поверхневу синтаксичну форму, а не семантичну суть інформації. Водночас у корпоративному та державному секторах існують жорсткі вимоги щодо конфіденційності та захисту персональних даних, які унеможливають передачу внутрішнього текстового трафіку за межі локального інформаційного периметра організації через публічні хмарні інтерфейси сторонніх сервісів. Таким чином, виникає науково-практична суперечність між необхідністю глибокого смислового аналізу контенту та вимогою повної автономності й конфіденційності обчислювальних процесів.

Мета дослідження. Метою цього дослідження є проектування, програмна реалізація та експериментальне оцінювання ефективності архітектурних рішень для системи інтелектуальної фільтрації контенту, що функціонує в ізольованому інформаційному контурі. В основі запропонованого підходу лежить застосування локально розгорнутих великих мовних моделей на базі архітектури трансформер, які здатні здійснювати семантичний аналіз та виявляти концептуальну суть текстових масивів незалежно від конкретних лінгвістичних формулювань. Для досягнення цієї мети розроблено прототип мікроплатформи типу мікроблогу, де взаємодія між клієнтським бекендом на базі інструментарію FastAPI, реляційним сховищем даних SQLite та мовною моделлю Llama 3 з об'ємом у вісім мільярдів параметрів реалізована локально через HTTP-інтерфейс сервера Ollama.

Результати дослідження. У межах практичної та експериментальної реалізації розробленого програмного комплексу було детально протестовано запропонований алгоритм двохетапного семантичного зіставлення та фільтрації текстового контенту. Технологічна сутність першого етапу функціонування системи полягає в тому, що кожна нова текстова публікація, яка потрапляє у вхідний потік даних, піддається автоматичному мовному аналізу за допомогою попередньо навченої глибокої нейромережі. Цей процес дозволяє виділити латентні смислові зв'язки та сформувати стійкий набір із кількох найбільш релевантних словникових концептів і тематичних тегів, які відображають справжній контекст повідомлення незалежно від конкретних слів, використаних автором. На другому етапі, безпосередньо під час введення користувачем або адміністратором індивідуального фільтраційного запиту, та сама мовна модель здійснює проектування вхідної фрази у багатовимірний простір ембедінгів. Зіставлення отриманих латентних смислових векторів із раніше накопиченим словником концептів бази даних дозволяє обчислити міру косинусної подібності між ними, забезпечуючи динамічну перебудову, ранжування та очищення стрічки публікацій у реальному часі.

Для об'єктивного оцінювання ефективності розробленого методу було проведено серію порівняльних експериментів на спеціально сформованому тестовому корпусі, який включав шістсот власноруч зібраних та експертно маркованих повідомлень із популярних соціальних платформ і медіаресурсів. У процесі бінарної та мультикласової класифікації загроз і спам-контенту роботу запропонованого нейромережевого алгоритму порівнювали з класичним наївним баєсівським класифікатором, який базується на частотному аналізі мішка слів. Результати математичного моделювання продемонстрували беззаперечну перевагу інтелектуального семантичного підходу. Класичний статистичний метод показав граничну точність класифікації лише на рівні 81,7%, оскільки його функціонування повністю обмежене наявністю прямих лексичних збігів та фіксованих маркерів у тексті. Водночас розроблена нейромережева каскадна схема досягла високого показника точності, який зафіксувався на позначці 94,1%.

Аналіз матриці помилок виявив, що найбільший розрив у якості детекції небажаного контенту, який становив близько двадцяти відсоткових пунктів на

користь нейромережі, спостерігався під час обробки специфічних складних прикладів. До таких зразків належали повідомлення із використанням завуальованих мовних зворотів, навмисних орфографічних модифікацій, обхідної лексики чи адаптованого сленгу, спрямованого на обхід стандартних сигнатурних фільтрів. Завдяки глибокому аналізу контекстуальних зв'язків та семантичних ембедінгів, запропонована модель успішно ідентифікувала приховані рекламні, маніпулятивні або деструктивні наміри авторів без необхідності наявності точного збігу за задалегідь визначеними чорними списками ключових слів, що підтверджує її високу адаптивність та експлуатаційну стійкість.

Висновки та перспективи. Спроектowana автономна система підтвердила високу ефективність у задачах контекстуальної фільтрації та показала повну незалежність від зовнішніх API, що дозволяє розгортати її в ізольованих контурах державних установ та підприємств із високим рівнем секретності. Подальший розвиток цього науково-технічного напрямку передбачає розширення функціоналу від бінарного відсікання повідомлень до багаторівневого рейтингового ранжування за ступенем релевантності на основі обчислення косинусної відстані між векторними представленнями. Важливими кроками також є проведення тонкого налаштування відкритих моделей на спеціалізованих термінологічних корпусах для підвищення точності у вузьких предметних галузях та інтеграція людино-машинного інтерфейсу за концепцією підтвердження тегів модератором, що дозволить накопичувати валідні дані для донавчання без ризику витоку інформації.

Список використаних джерел:

1. Vaswani A., Shazeer N., Parmar N. et al. Attention is All You Need. *Advances in Neural Information Processing Systems*. 2017. Vol. 30. P. 5998–6008. DOI: 10.5555/3295222.3295349
2. Touvron H., Lavril T., Izacard G. et al. LLaMA: Open and Efficient Foundation Language Models. *arXiv preprint arXiv:2302.13971*. 2023. 27 p. DOI: 10.48550/arXiv.2302.13971
3. Sahami M., Dumais S., Heckerman D., Horvitz E. A Bayesian Approach to Filtering Junk E-Mail. *Learning for Text Categorization: Papers from the 1998 AAAI Workshop*. Madison, Wisconsin, 1998. Vol. 62. P. 55–62.

*Черняга Денис Васильович, студент ДУІКТ
Шевченко Анатолій Іванович, д.т.н., професор ДУІКТ*

СИСТЕМА ГЕНЕРАЦІЇ НРС З УНІКАЛЬНИМИ МОДЕЛЯМИ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Постановка задачі: Світовий ринок відеоігор у 2024 році перевищив 184 мільярди доларів, а 68% гравців у жанрі RPG визначають взаємодію з неігровими персонажами (NPC) як головну причину продовжувати гру. Проте традиційні

методи моделювання NPC — скінченні автомати (FSM), дерева поведінки (BT) та скриптовані діалоги — мають три системні обмеження: повний детермінізм поведінки, відсутність цілісної особистісної моделі та низьку масштабованість. Ці підходи унеможливають створення різноманітних, переконливих персонажів у масштабі ігор з відкритим світом. Тому актуальним є розроблення системи, що поєднує науково обґрунтовану параметризацію особистості з генеративними AI-технологіями.

Мета дослідження: Розробити систему генерації неігрових персонажів з унікальними особистісними моделями на основі технологій штучного інтелекту, що забезпечує автоматичне створення психологічно достовірних та адаптивних NPC, придатних для інтеграції у стандартні ігрові рушії.

Результати дослідження. Спроековано та реалізовано систему генерації НІП на основі мікросервісної архітектури, що складається з чотирьох компонентів. Центральним елементом системи є використання п'ятифакторної моделі особистості Big Five (OCEAN) як основи параметризації. Кожен NPC описується числовим вектором $p = (O, C, E, A, N) \in [0,1]^5$, де кожен компонент впливає на конкретні поведінкові параметри через формальні функції відображення: частота ініціювання розмов $f\_talk = 0.1 + 0.8 \cdot E$, ймовірність допомоги $P\_help = A$, поріг стресової реакції $threshold = 1 - N$. Бібліотека архетипів містить 24 попередньо визначені вектори для основних ігрових ролей.

Profile Generation Service генерує особистісний вектор та текстовий профіль персонажа. Memory & Context Service реалізує ієрархічну пам'ять трьох рівнів: сенсорна (Redis, TTL 5с), короткострокова (FIFO-буфер, 20 записів) та довгострокова (PostgreSQL/pgvector). Важливість кожної події обчислюється за формулою $I(e) = W_1 \cdot R(e) + W_2 \cdot F(e) + W_3 \cdot S(e)$. Dialogue & Behavior Service формує структуровані промпти з п'яти блоків і повертає JSON-відповідь з полями: speech, emotion, action та memory_update. Adaptation Service реалізує відкладене навчання з підкріпленням (PPO) між ігровими сесіями.

Програмний прототип реалізовано у вигляді єдиного HTML-файлу (JavaScript без зовнішніх залежностей) у вигляді торговця Сьюмбюль Аги — NPC з вектором особистості $O=0.55, C=0.70, E=0.80, A=0.50, N=0.30$, базою знань з 16 товарів у 6 категоріях та динамічною системою настрою (mood, 1–5) і довіри (trust, 0–100). Прототип функціонує повністю офлайн, зберігає стан між сесіями засобами localStorage та розпізнає 14 типів намірів гравця через систему регулярних виразів.

Тестування проводилось у два етапи. Функціональне тестування охопило 14 тест-кейсів — усі пройдено успішно. Точність розпізнавання намірів на 70 тестових фразах склала 95.7%. Порівняльне оцінювання за участю 10 тестувальників (8 стандартних запитань) показало середній бал якості діалогу 8.4/10 — у 2.3 рази вищий за скриптований підхід (3.6/10) та у 4.2 рази вищий за систему випадкових фраз (2.0/10). Показник конкретності відповідей досяг 9.1/10. Час обчислення відповіді — менше 8 мс.

Висновки та перспективи. Розроблена система довела практичну ефективність запропонованого підходу. Гібридна архітектура, що поєднує параметризацію особистості через вектор Big Five, ієрархічну пам'ять та LLM-

генерацію діалогів, забезпечує суттєво вищу якість взаємодії порівняно з традиційними детермінованими методами. Прототип є повністю самодостатнім і не потребує зовнішніх сервісів, що відкриває можливість для його інтеграції у комерційні ігрові проекти. Перспективи подальших досліджень охоплюють: інтеграцію з локальними LLM (Llama 3, Mistral 7B) для збагачення природності діалогів; розширення до системи множинних NPC із соціальною взаємодією між персонажами; повноцінну інтеграцію з Unity та Unreal Engine через розроблений REST API; реалізацію онлайн-навчання з підкріпленням у реальному часі.

Список використаних джерел:

1. Park J. S., O'Brien J. C., Cai C. J., et al. Generative Agents: Interactive Simulacra of Human Behavior. UIST 2023.
2. Vaswani A., Shazeer N., Parmar N., et al. Attention Is All You Need. NeurIPS. 2017.
3. John O. P., Naumann L. P., Soto C. J. Paradigm Shift to the Integrative Big Five Trait Taxonomy. Handbook of Personality. 2008.
4. Schulman J., Wolski F., Dhariwal P., et al. Proximal Policy Optimization Algorithms. arXiv:1707.06347. 2017.

*Швірін Микола Миколайович, студент ДУІКТ
Фесенко Максим Анатолійович, к.т.н., доцент ДУІКТ*

АРХІТЕКТУРА МУЛЬТИАГЕНТНОЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ LLM ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЄКТУВАННЯ ПЕРСОНАЛЬНИХ КОМП'ЮТЕРІВ

Постановка задачі. Процес підбору комплектуючих для персонального комп'ютера є багатофакторною задачею, що вимагає врахування великої кількості технічних параметрів: форм-фактори материнських плат, сумісності сокетів і портів, пропускної здатності шин, “bottleneck”, показників тепловиділення (TDP), фізичних габаритів корпусу та відеокарти, частоти та пропускної спроможності оперативної пам'яті, і багато всього іншого, а також актуальних відгуків користувачів. Традиційні конфігуратори базуються на жорстких правилах (rule-based systems) та фільтрах, що обмежує їхню гнучкість. Використання ж однієї великої мовної моделі (LLM) для генерації збірок стикається з проблемою необґрунтованих відповідей (галюцинацій): моделі часто ігнорують точні фізичні розміри або математичні розрахунки потужності, що призводить до пропонування несумісних компонентів [1, с. 45]. Виникає необхідність створення системи, яка б поєднувала гнучкість природномовного інтерфейсу ШІ з детермінованою точністю алгоритмічних перевірок.

Мета дослідження. Метою роботи є розробка архітектури та прототипу веб-орієнтованого інтелектуального помічника у вигляді мультиагентної системи для конфігурування ПК. Дослідження спрямоване на технічну валідацію методів ШІ-оркестрації та вивчення можливостей масштабування подібних інтелектуальних систем у складних технічних доменах. Завдання полягає у

розподілі функцій між спеціалізованими агентами (на базі різних LLM) та програмним модулем валідації для досягнення абсолютної технічної сумісності компонентів.

Результати дослідження. Для вирішення поставленої задачі запропоновано модульну архітектуру системи, в якій кожна підзадача делегується окремому вузькоспеціалізованому агенту. Систему побудовано за допомогою мови програмування Python, що дозволяє ефективно інтегрувати API різних мовних моделей та алгоритмічні скрипти перевірки [3, с. 112]. Архітектура включає чотири основні компоненти:

- *Агент-Інтерв'юер* (на базі LLM загального призначення) – обробляє запит користувача природною мовою, формалізує вимоги та перетворює їх у структурований JSON-об'єкт.

- *Агент-Архітектор* – формує базовий набір комплектуючих (процесор, материнська плата, відеокарта), спираючись на критерії ціни, якості або максимальної продуктивності.

- *Модуль Валідації* (детермінований Python-скрипт) – виконує жорстку перевірку сумісності без використання ШІ, усуваючи ризик необґрунтованих відповідей у точних технічних характеристиках.

- *Агент-Аналітик* – здійснює сентимент-аналіз актуальних відгуків у мережі і пропонує альтернативи у разі виявлення системного браку [2, с. 89].

Такий підхід дозволяє користувачеві самостійно обирати оптимальну модель (GPT, Gemini, Grok тощо) для кожного агента залежно від її сильних сторін. Вся система дозволить користувачу підібрати комплектуючі для свого ПК не переймаючись, що, його процесор буде занадто “слабкий” для відеокарти. Недоліки такої системи є те, що вона не дозволить створювати “кастомні” збірки (наприклад, з кастомним контуром водяного охолодження з жорсткими трубками, моддінгом корпусу тощо), оскільки це вимагає рук спеціалізованих майстрів.

Висновки та перспективи. Застосування мультиагентного підходу ефективно вирішує проблему галюцинацій великих мовних моделей під час роботи з точними технічними специфікаціями апаратного забезпечення. Розподіл ролей між LLM та детермінованим кодом забезпечує високу надійність результату. У перспективі функціонал розробленого прототипу може бути розширений для підбору інших класів пристроїв, зокрема ноутбуків і мобільних платформ, що стане основою для потенційного стартап-проєкту.

Список використаних джерел

1. Брукс Р. Архітектура інтелектуальних агентів та їх застосування в сучасних веб-системах. *Штучний інтелект і машинне навчання*, 2023. С. 42–50.
2. Документація LangChain: побудова мультиагентних пайплайнів на Python. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://python.langchain.com/> (дата звернення: 10.05.2026).
3. Люгер Дж. Ф. Штучний інтелект: структури і стратегії вирішення складних задач. Київ: Видавництво, 2021. 320 с.
4. Рассел С., Норвіг П. Штучний інтелект: сучасний підхід. Київ: Діалектика, 2020. 1088 с.

СИСТЕМА ГЕНЕРАЦІЇ НАВЧАЛЬНОГО КОНТЕНТУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ЛОКАЛЬНИХ ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ

Постановка задачі. Динамічне оновлення освітніх програм, інтенсивне впровадження нових міждисциплінарних курсів та стрімке зростання частки дистанційного навчання в сучасній вищій школі формують гостру науково-практичну потребу в автоматизованих інструментах оперативного створення якісного дидактичного матеріалу. Традиційні методи проектування навчально-методичних комплексів характеризуються значною часовою трудомісткістю та обмеженою гнучкістю щодо швидкої адаптації під конкретні аудиторні запити чи індивідуальні траєкторії студентів.

Поява великих мовних моделей, що демонструють високу здатність виконувати складні когнітивні та генеративні завдання без необхідності параметричного донавчання на основі контекстуального моделювання, відкриває нові можливості для автоматизації підготовки тестів, конспектів, практичних робіт і матеріалів для самоконтролю. Проте виникає суперечність між обчислювальним потенціалом інструментів штучного інтелекту та жорсткими вимогами щодо конфіденційності даних, захисту авторських прав і суверенності цифрового простору освітніх установ, що суттєво обмежує можливість прямої інтеграції відкритих комерційних хмарних сервісів.

Мета дослідження. Метою цього дослідження є проектування, програмна реалізація та експериментальне оцінювання архітектури прикладної автономної системи інтелектуальної генерації багатотипного навчального контенту EduAI Generator. Розроблювана система покликана забезпечити підтримку розширеного спектра інженерних технік формування контекстуальних запитів, локальне збереження верифікованих текстових результатів у реляційній базі даних, а також розгортання комбінованого контуру автоматизованого евристичного та експертного нейромережевого контролю якості згенерованих матеріалів без передачі інформації у зовнішні мережеві інфраструктури.

Результати дослідження. Проектування архітектурного каркаса системи EduAI Generator виконано за модульним принципом із чітким розділенням рівнів представлення інформації, бізнес-логіки та персистентності даних. Програмну реалізацію серверної частини вебзастосунку здійснено на мові програмування Python з використанням легковагого мікрофреймворка Flask. Клієнтський рівень базується на асинхронній взаємодії за допомогою стандартних інструментів HTML, CSS та JavaScript, забезпечуючи зручне введення тематики, вибір стратегій промптингу та інтерактивний перегляд згенерованих результатів.

Оркестрація обчислювальних процесів покладена на внутрішню серверну логіку, яка за допомогою локальних HTTP-запитів взаємодіє з ізольованим API-сервером Ollama, де розгорнуто мовні моделі сімейства Mistral 7B або LLaMA. Для надійного збереження згенерованого текстового контенту, службових метаданих та оцінок якості інтегровано компактну реляційну базу даних SQLite.

Організацію інформаційних потоків та характер взаємодії між зазначеними компонентами наочно відображено на сформованій структурній схемі (рис. 21).



Рис. 21 Структурна схема взаємодії основних модулів системи EduAI Generator

Під час тривалого тестування та моніторингу обчислювальної ефективності системи в умовах локального інференсу було детально зафіксовано часову динаміку продуктивності генерації токенів, що вимірюється у метриці кадрів за секунду (FPS). Функціональний контур EduAI Generator містить аналітичний дашборд статистики, інтерфейс конструювання промптів, бібліотеку матеріалів та блок опису методології, причому за умов тимчасової недоступності ШІ-сервера застосунок автоматично переходить у демонстраційний демо-режим для збереження стабільності тестування.

Алгоритмічний базис системи дозволяє гнучко варіювати формат виходу за рахунок підключення шістнадцяти унікальних шаблонів взаємодії, утворених комбінацією чотирьох типів навчальних матеріалів (тестові завдання, лекційні курси, інструкції до практичних робіт, дидактичні флеш-картки) та чотирьох фундаментальних технік промптингу.

Безприкладний підхід Zero-Shot орієнтований на оперативне отримання відповідей за базовими інструкціями, тоді як техніка Few-Shot суттєво підвищує детермінованість структури виходу завдяки включенню референтних прикладів у контекст запиту. Логічна послідовність міркувань моделі забезпечується за рахунок активації методу Chain-of-Thought, що є критично важливим для формування розгорнутих пояснень у лекційному матеріалі, а стратегія Structured Output гарантує суворе дотримання синтаксису JSON для безшовної інтеграції даних.

Особливу наукову цінність має спроектована підсистема гібридного оцінювання якості згенерованого дидактичного контенту, яка вираховує інтегральний показник на основі визначених вагових коефіцієнтів. Сорок відсотків підсумкової оцінки формують автоматичні евристичні метрики, які аналізують індекси читабельності тексту (середню довжину речень), рівень

структурованості за наявністю заголовків, коефіцієнти повноти обсягу та відносні показники лексичного різноманіття унікальних слів. Інші шістьдесят відсотків результуючого балу формуються на основі семантичного аналізу за принципом AI self-evaluation, де модель виконує рефлексивне оцінювання власного тексту за критеріями доречності змісту з генерацією короткого текстового резюме.

Висновки та перспективи. Проведене науково-технічне дослідження підтверджує спроможність та високу ефективність застосування локально розгорнутих великих мовних моделей як обчислювального ядра інтелектуальних систем генерації дидактичного контенту в ізольованому інформаційному периметрі навчальних закладів. Синтез технологій Flask, Ollama та гнучких технік промптингу у поєднанні з локальною базою даних та аналітичним блоком метрик дозволяє створити робастний інструмент підтримки професійної діяльності викладача, що повністю нівелює ризики витоку конфіденційної інформації.

Перспективи подальших розробок у цьому напрямі лежать у площині глибокої персоналізації контенту під індивідуальні траєкторії здобувачів освіти та створення програмних шлюзів для безшовної інтеграції системи EduAI Generator із сучасними платформами управління навчанням (LMS).

Список використаних джерел:

1. Brown T. B., Mann B., Ryder N. et al. Language Models are Few-Shot Learners. *Advances in Neural Information Processing Systems*. 2020. Vol. 33. P. 1877–1901. DOI: 10.48550/arXiv.2005.14165
2. Wei J., Wang X., Schuurmans D. et al. Chain-of-Thought Prompting Elicits Reasoning in Large Language Models. *Advances in Neural Information Processing Systems*. 2022. Vol. 35. P. 24824–24837. DOI: 10.48550/arXiv.2201.11903
3. Jiang A. Q., Sablayrolles A., Mensch A. et al. Mistral 7B. *arXiv preprint arXiv:2310.06825*. 2023. 11 p. DOI: 10.48550/arXiv.2310.06825
4. Kasneci E., Sessler K., Küchemann S. et al. ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and Individual Differences*. 2023. Vol. 103. Article 102274. DOI: 10.1016/j.lindif.2023.102274

СЕКЦІЯ 5. ТЕХНОЛОГІЇ ХМАРНИХ ОБЧИСЛЕНЬ

*Анеляк Дем'ян Володимирович, студент ДУІКТ
Березовська Юлія Володимирівна, доктор філософії PhD, ДУІКТ*

ТЕХНОЛОГІЇ ХМАРНИХ ОБЧИСЛЕНЬ У КОНТЕКСТІ РОЗРОБКИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ОБЛІКУ ЗАЯВОК ТЕХНІЧНОЇ ПІДТРИМКИ

Постановка задачі. Взагалі, життєдіяльність будь-якої сучасної структури наряду зав'язана на тому, як швидко та якісно техпідтримка розгрібає завали з користувацьких запитів. На практиці постійно бачимо одну й ту саму картину: старі методи обробки тікетів, які не витримують реального навантаження, через що заявки банально губляться або висять тижнями. Наразі, коли виконано перехід на дистанційне керування, дана проблема стала більш актуальною.

Тримати власний фізичний сервер в компанії — не вихід, бо це дорого, незручно і важко масштабувати. Саме тому розробка легкої веб-системи на Flask, яка б працювала «в хмарі», — це вже не просто якась забаганка розробника, а єдиний адекватний спосіб змусити підтримку працювати нормально.

Мета дослідження. В цій роботі ми хочемо знайти той самий баланс, коли розробка на Python залишається простою, але при цьому ми отримуємо всі плюшки хмарних платформ. Основна ціль — не просто накидати код для чергового HelpDesk, а збудувати таку архітектуру, яка буде ідеально почуватися саме в хмарі (так званий cloud-native підхід) і дозволить автоматизувати всі ці марудні процеси без зайвих витрат на «залізо».

Результати дослідження. Під час роботи був зібраний прототип системи, де Flask тягне на собі всю бізнес-логіку. Хмарна модель розгортання реально змінила правила гри. По-перше, адмін тепер взагалі не прив'язаний до офісу — можна контролювати всі звернення хоч з телефону через звичайний браузер. По-друге, ми використали керовані хмарні бази (типу PostgreSQL на RDS), що автоматично зняло питання бекапів та захисту даних [2, с. 45].

Тести показали цікавий результат: коли налітає купа заявок одночасно, хмарна система на Flask не «падає», а просто підтягує додаткові ресурси, що локальним серверам і не снилося [1, с. 15]. Також ми запакували все в Docker. Це дало нам круту можливість «переїжджати» з одного хмарного сервісу на інший буквально за кілька хвилин, що дуже важливо в сучасних реаліях [4, с. 112].

Висновки та перспективи. В результаті проведеного дослідження обґрунтовано, що архітектурна інтеграція мікрофреймворка Flask із хмарною обчислювальною інфраструктурою є оптимальним і високоефективним рішенням для комплексної автоматизації процесів клієнтської та технічної підтримки. Запропонований синергетичний підхід дозволяє радикально знизити капітальні витрати підприємства на придбання, модернізацію та амортизацію власного апаратного забезпечення, успішно переносячи обчислювальне навантаження у гнучке хмарне середовище. Водночас розгортання централізованого вебсервісу забезпечує строгу формалізацію, прозорість та

наскрізний аудит операційної діяльності команди підтримки, що безпосередньо оптимізує часові метрики обробки інцидентів та підвищує загальну надійність системи.

Подальший науково-практичний розвиток розробленого програмного рішення полягає в інтеграції прогностичних інтелектуальних модулів на основі аналізу часових рядів та методів машинного навчання. Впровадження алгоритмів предиктивної аналітики дозволить системі в автономному режимі ідентифікувати приховані закономірності у поведінці користувачів, завчасно моделювати періоди екстремального пікового навантаження та реалізувати концепцію проактивного динамічного масштабування хмарних потужностей. Такий підхід гарантуватиме високу відмовостійкість архітектури та стабільний час відгуку інтерфейсу, готуючи необхідні обчислювальні ресурси до моменту фактичного масового надходження запитів від користувачів.

Список використаних джерел

1. Грінберг С. П. Хмарні обчислення: основи та практика. Київ: Техніка, 2023. 240 с.
2. Петренко О. В. Розробка веб-додатків на Python. Львів: Політехніка, 2022. 185 с.
6. Сміт Дж. Архітектура сучасних SaaS-рішень. Одеса: Знання, 2024. 120 с.
7. Ткаченко М. І. Інформаційні системи в бізнесі. Харків: Світ, 2021. 310 с.

*Бобик Володимир Васильович, студент ДУІКТ
Завацький Владислав Олександрович, старший викладач ДУІКТ*

ОПТИМІЗАЦІЯ ПОКАЗНИКІВ ВІДМОВОСТІЙКОСТІ РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ БАГАТОРІВНЕВОГО РЕЗЕРВУВАННЯ КАНАЛІВ ЗВ'ЯЗКУ

Постановка задачі. Сучасна корпоративна ІТ-інфраструктура вимагає безперервного функціонування мережевих сервісів, де будь-яка деградація каналів зв'язку безпосередньо впливає на доступність бізнес-критичних даних. Дослідження Garcia та колег підкреслює, що в умовах зростання трафіку в реальному часі традиційні методи статичного резервування стають недостатніми, оскільки не враховують динаміку збіжності мережі при відмовах. Вимірюваним результатом впровадження протоколів швидкої збіжності, таких як Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP), є скорочення часу простою до рівня мілісекунд, що дозволяє мінімізувати вплив на сеансові протоколи передачі даних. Значення цього підходу полягає у переході до відмовостійких топологій, де логіка перемикавання базується на постійній перевірці цілісності лінків, забезпечуючи високий рівень доступності (High Availability).

Еволюція мережевих технологій станом на 2026 рік характеризується інтеграцією інтелектуального управління трафіком у межах концепції SD-WAN. Суть цього підходу полягає у використанні програмно-визначених алгоритмів для моніторингу метрик якості (QoS) декількох фізичних каналів одночасно.

Вимірюваним результатом є здатність системи автоматично перенаправляти критичний трафік (наприклад, Voice over IP або ERP-запити) на резервний канал при найменших проявах джитера або втрати пакетів на основному магістральному каналі. Це дозволяє розглядати резервування не як пасивне очікування відмови, а як активний механізм балансування навантаження та оптимізації продуктивності інфраструктури.

Комплексний аналіз методів резервування на рівні шлюзу (FHRP), проведений у роботах дослідників системної інтеграції, демонструє критичність використання протоколів VRRP та HSRP для усунення єдиної точки відмови (Single Point of Failure) [2]. Отримані результати свідчать, що використання віртуалізації маршрутизаторів у поєднанні з агрегацією фізичних каналів (LACP) підвищує загальну пропускну здатність мережі на 40–60% при збереженні повної відмовостійкості. Значення даних рішень полягає у створенні багаторівневого захисту, що охоплює як фізичне підключення, так і логічну структуру маршрутизації.

Критичний аналіз наведених рішень дозволяє виявити ряд невирішених питань. По-перше, незважаючи на ефективність автоматичного перемикавання, залишається відкритою проблема «хронічної нестабільності» (flapping) каналів, коли часті короточасні збої призводять до постійної перебудови таблиць маршрутизації, що спричиняє деградацію сервісів. По-друге, існуючих роботах недостатньо уваги приділено захисту самої системи моніторингу від ін'єкцій хибних даних про стан каналів [3]. Систематизація цих проблем вказує на відсутність цілісного підходу, який би поєднував автоматичне резервування з предиктивною оцінкою стабільності каналів.

Результати дослідження. Архітектурна концепція пропонованої системи базується на інтеграції ієрархічної моделі побудови мережі з механізмами багаторівневого резервування. Функціонування рішення реалізується через поєднання протоколів L3-маршрутизації (OSPF) та агрегації каналів на рівні доступу. Центральним елементом аналітичного блоку є алгоритм моніторингу станів каналів, що працює за принципом Bidirectional Forwarding Detection (BFD). Це дозволяє виявляти відмови на фізичному рівні значно швидше, ніж стандартні таймери протоколів маршрутизації. У разі деградації основного каналу система ініціює перенаправлення трафіку на резервний маршрут через альтернативного провайдера, використовуючи механізми Policy Based Routing (PBR) для пріоритезації трафіку. Порівняльний аналіз функціонування інфраструктури з впровадженням інтелектуальним резервуванням демонструє стабільність роботи мережевих додатків навіть при повній відмові одного з магістральних вузлів, забезпечуючи коефіцієнт готовності системи на рівні 99,99%.

Висновки та перспективи. Загальною невирішеною проблемою є відсутність архітектурних рішень для підвищення відмовостійкості мереж, які б забезпечували «безшовне» перемикавання між гетерогенними каналами із збереженням заданих параметрів безпеки та якості обслуговування. Пропонований підхід з використанням інтелектуального моніторингу дозволяє

мінімізувати ризики простою та підвищити ефективність використання мережевих ресурсів.

Список використаних джерел:

1. IEEE 802.1AS-2025 Standard for Local and Metropolitan Area Networks — Timing and Synchronization for Time-Sensitive Applications. IEEE Standards Association, 1. (2025). URL: <https://standards.ieee.org/ieee/802.1AS/2025/>
2. Improving the Fault Tolerance of Infocommunication Networks with Default Gateway Redundancy Protocols. Sensors Journal, 26(4), 1152. (2025). URL: https://www.mdpi.com/journal/sensors/special_issues
3. Oszczyńska M., Ziółkowski J., Małachowski J. Reliability analysis and redundancy optimization of k-out-of-n systems using Continuous Time Markov Chain and Monte Carlo simulation. Reliability Engineering & System Safety, 242, 109780. (2024). <https://doi.org/10.1016/j.ress.2023.109780>

*Бовкун Владислав Валерійович, студент ДУІКТ
Кусіль Тетяна Миколаївна, ст. викладач, ДУІКТ*

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ХМАРНИХ ВЕБ-СЕРВІСІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ДОВГОТРИВАЛОГО АРХІВУВАННЯ ВІДЕОКОНТЕНТУ

Сучасний етап розвитку цифрової інфраструктури характеризується експоненціальним зростанням обсягів відеоданих, які наразі становлять основу глобального інтернет-трафіку. Масове впровадження відеоформатів надвисокої роздільної здатності, зокрема 4K та 8K, висуває жорсткі вимоги до пропускної здатності каналів зв'язку, а також до архітектури систем довготривалого зберігання та ретроспективної обробки інформації. За таких умов оптимізація вибору хмарних сервісів для архівації медіаконтенту набуває пріоритетного значення для телекомунікаційних компаній, освітніх екосистем, корпоративних архівів та незалежних кріейторів.

Постановка задачі. Традиційні локальні апаратні сховища (On-Premise) демонструють стійку тенденцію до зниження загальної ефективності внаслідок високої капіталомісткості підтримки інфраструктури, низької масштабованості та складності забезпечення відмовостійкого резервування великих масивів даних. Відповідно, виникає гостра науково-практична потреба у системному аналізі сучасних веб-сервісів, які реалізують різноманітні архітектурні моделі архівації: від низькорівневих об'єктних сховищ для базового депонування до комплексних інтелектуальних платформ управління цифровими активами (МAM), що інтегрують функції збереження, семантичного пошуку та автоматизованої обробки метаданих.

Мета дослідження. Головною метою роботи є проведення комплексного порівняльного аналізу ключових хмарних рішень для архівації відеоконтенту, актуальних для технологічного зрізу 2025–2026 років. Дослідження спрямоване на визначення економічної доцільності зазначених систем, оцінку рівня їхньої інформаційної безпеки, показників доступності (Availability), а також потенціалу

конвергенції з технологіями штучного інтелекту для автоматизації процесів опису, індексації та подальшого пошуку архівних матеріалів.

Результати дослідження. Аналіз сучасного ринку хмарних веб-сервісів дозволяє класифікувати існуючі програмно-апаратні рішення за кількома функціональними напрямками. До першого кластера належать об'єктні сховища низького рівня, оптимізовані переважно для довготривалого "холодного" збереження екстравеликих обсягів інформації. Зокрема, інфраструктура Amazon S3 Glacier Deep Archive забезпечує мінімальну питому вартість утримання даних, проте характеризується значною часовою затримкою (Latency) на етапі відновлення інформації, яка може сягати кількох годин. Більш збалансовані показники швидкості доступу за конкурентної цінової політики демонструють платформи Backblaze B2 та Wasabi. Серед них Backblaze виділяється гнучкою моделлю тарифікації з відсутністю плати за вихідний трафік (Egress fees) у межах визначених лімітів, що є критично важливим критерієм для систем із високою частотою звернень до медіафайлів.

Вищий рівень інформаційної ієрархії представляють інтелектуальні системи управління цифровими активами. Рішення на зразок MediaValet впроваджують інтегровані інструменти хмарного відеоінтелекту, що уможливорює автоматичне розпізнавання мовлення, генерацію багатомовної транскрипції, а також ідентифікацію облич, об'єктів та ключових фрагментів відеопотоку. Така архітектура трансформує пасивне файлове сховище у структуроване аналітичне середовище, радикально підвищуючи швидкість та точність навігації архівом.

Окремий сегмент формують колаборативні та вузькоспеціалізовані веб-сервіси, орієнтовані на малі робочі команди та індивідуальне використання. Платформа Drime забезпечує синергію хмарного зберігання з базовим інструментарієм браузерного відеомонтажу для оперативної обробки контенту. Водночас сервіси типу Permanent.org реалізують концепцію безстрокового депонування цифрової спадщини, що повністю відповідає архітектурним вимогам фондів історико-культурного або сімейного значення.

Додатково було проведено компаративний аналіз хмарних систем та фізичних магнітних носіїв, зокрема стрічкових бібліотек стандарту LTO. Встановлено, що для формування масивних архівів із розрахунковим життєвим циклом понад п'ять років експлуатація систем LTO-9 зберігає вищу економічну рентабельність порівняно з більшістю хмарних підписок, за винятком найбільш бюджетних рівнів "холодного" зберігання. Це підтверджує тезу про відсутність універсального інфраструктурного рішення: вибір має визначатися сукупною вартістю володіння (ТСО), регламентованою частотою доступу до файлів та політиками інформаційної безпеки.

Висновки та перспективи. Визначення оптимального веб-сервісу для архівації медіаконтенту вимагає інтегрального підходу, що спирається не лише на прямі фінансові витрати на терабайт пам'яті, але й на тривалість життєвого циклу даних, вимоги до пропускну здатності та необхідність інтелектуальної обробки. Для корпоративного сектору найбільш раціональним визнано впровадження гібридної архітектури: використання ІІІ-платформи (МММ) як

керуючого інтерфейсу в поєднанні з недорогим хмарним сховищем або стрічковим масивом у ролі фізичного довготривалого резерву. Для приватних користувачів практичним компромісом є рішення з довічним ліцензуванням або платформи з вбудованими засобами спільної роботи. Перспективи подальшого розвитку даної галузі безпосередньо пов'язані з поглибленням інтеграції мультимодальних алгоритмів штучного інтелекту для наскрізної автоматизації каталогізації, а також із посиленням технологічних механізмів гарантування цифрового суверенітету відповідно до актуальних вимог європейського правового поля.

Список використаних джерел:

1. The Best Cloud Storage Providers for Video & Media Archives (2025 Guide). DataStorage Editorial Team, 2025. URL: <https://datastorage.com/articles/the-best-cloud-storage-providers-for-video-media-archives-2025-guide/>
2. Архітектура та еволюція систем архівації відеоконтенту: Глобальний огляд технологій, економічних моделей та стратегій збереження цифрової пам'яті. 2025.
3. Бондар В. О., Зінченко В. В., Катков Ю. І. Особливості розробки інструментів для моніторингу потокового відео контенту з використанням штучного інтелекту // Сучасні інтелектуальні інформаційні технології в науці та освіті: Збірник тез. К.: ДУІКТ, 2024. С. 194–196.
4. Литвин С., Добровольська С. Хмарні сервіси в бібліотеках України: проблема безпеки даних і ресурсів в умовах цифрової трансформації // Вісник Книжкової палати. 2025. № 4. С. 45–52.

*Бондаренко Єлизавета Романівна, студентка ДУІКТ
Жебка Вікторія Вікторівна, д.т.н., професор ДУІКТ*

ВИКОРИСТАННЯ ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ FIREBASE У МОБІЛЬНОМУ ЗАСТОСУНКУ

Постановка задачі. Сьогодення показує, що у світі стрімко зростає цифровізація у всіх сферах, де це можливо. Наприклад, охорона здоров'я є однією з ключових галузей, де впровадження сучасних інформаційних технологій має важливе значення для підвищення якості обслуговування пацієнтів та ефективності роботи медичних установ. Однією з важливих задач є організація зручного та ефективного запису на прийом до лікаря, що потребує швидкої обробки даних, їх надійного зберігання та синхронізації між пристроями. Традиційні підходи до розробки серверної частини застосунків вимагають значних ресурсів і часу, що ускладнює процес написання програмного забезпечення. Тому, враховуючи вимоги та потреби закладів охорони здоров'я, доцільним є використання хмарних платформ, які надають готові інструменти для реалізації функціональних можливостей мобільних застосунків без необхідності створення власного серверного середовища[3].

Мета дослідження. Метою цього дослідження є комплексний аналіз, науково-технічне обґрунтування та практична реалізація архітектурних рішень мобільного застосунку у сфері охорони здоров'я на основі інтеграції інструментарію хмарної платформи Firebase. Для досягнення поставленої мети передбачено дослідження специфіки функціонування нереляційних хмарних баз даних, оцінювання ефективності впровадження безсерверних (Serverless) обчислень та оптимізація механізмів синхронізації великих масивів даних у режимі реального часу. Такий підхід дозволить повністю нівелювати потребу в розгортанні й адмініструванні ресурсомісткої традиційної серверної інфраструктури, забезпечуючи при цьому високу масштабованість, відмовостійкість та миттєву обробку інформаційних потоків під час організації процесів електронного запису пацієнтів на прийом до лікаря.

Результати дослідження. Технологія хмарних обчислень – важливий елемент сучасних інформаційних систем, оскільки забезпечує зберігання, обробку та передачу даних без необхідності створення власної серверної інфраструктури[3]. Метою дослідження є аналіз можливостей використання платформи Firebase для розробки мобільних застосунків у сфері медичних послуг. Також важливою складовою є визначення її переваг у порівнянні з традиційними підходами до реалізації серверної частини. Дослідження передбачає розгляд основних компонентів Firebase[2], а саме: хмарних баз даних та механізмів синхронізації даних у режимі реального часу. Усі ці складові — дуже важливі для надання повноцінної медичної допомоги у форматі медичного додатка.

Згідно з результатами порівняльного аналізу існуючих підходів до реалізації серверної частини мобільних застосунків, хмарні платформи мають низку переваг. Вони забезпечують вищий рівень масштабованості, доступності та швидкості обробки даних. Це дозволяє підвищити ефективність функціонування інформаційних систем у порівнянні з традиційними рішеннями. Для наочного порівняння можливостей хмарної платформи Firebase та традиційних підходів наведено табл. 12.

Платформа Firebase — ефективний інструмент для розробки мобільних застосунків, у парі з середовищем розробки Android Studio[1][2], бо забезпечує надійне зберігання даних, швидкий доступ до інформації та автоматичну синхронізацію між пристроями. Використання сервісів вищезгаданої хмарної платформи, як-от Firestore Database, дозволяє реалізувати функціонал зберігання інформації про лікарів і записів на прийом, а також обробку запитів у режимі реального часу. Це значно спрощує процес розробки, зменшує витрати часу та ресурсів. Також такі функціональні можливості Firebase підвищують загальну ефективність і зручність використання мобільного застосунку у сфері медичних послуг.

Висновки та перспективи. У результаті проведеного дослідження встановлено, що використання хмарних технологій, у моєму випадку платформи Firebase, є ефективним підходом до розробки мобільних застосунків у сфері медичних послуг. Застосування вищезгаданої хмарної обчислювальної

технології дозволяє спростити процес розробки, забезпечити надійне зберігання даних та їх синхронізацію в режимі реального часу.

Таблиця 12 Порівняння хмарної платформи Firebase та традиційного серверного підходу

<i>Критерій</i>	<i>Firestore (хмарна платформа)</i>	<i>Традиційний серверний підхід</i>
<i>Розгортання</i>	Не потребує власного сервера	Потребує налаштування сервера
<i>Швидкість розробки</i>	Висока (готові рішення)	Нижча (потрібна реалізація бекенду)
<i>Зберігання даних</i>	Хмарне, автоматично кероване	Потребує налаштування БД
<i>Синхронізація даних</i>	У режимі реального часу	Реалізується вручну
<i>Масштабованість</i>	Автоматична	Потребує додаткових налаштувань
<i>Підтримка та обслуговування</i>	Мінімальна	Потребує постійного супроводу
<i>Інтеграція з мобільним ПЗ</i>	Проста (SDK для Android)	Складніша
<i>Вартість розробки</i>	Нижча на старті	Вища через складність реалізації

Порівняльний аналіз показав, що хмарні рішення мають суттєві переваги над традиційними підходами, зокрема щодо масштабованості, доступності та швидкості обробки даних. Це сприяє підвищенню ефективності функціонування інформаційних систем і покращенню якості надання медичних послуг.

Перспективи подальших досліджень полягають у розширенні функціональних можливостей мобільних застосунків шляхом інтеграції додаткових сервісів, а саме: систем онлайн-консультацій, обміну повідомленнями між лікарем і пацієнтом, а також використання аналітичних інструментів для обробки медичних даних. Крім того, актуальним напрямом є підвищення рівня безпеки та захисту персональних даних користувачів, а також вдосконалення інтерфейсу з метою підвищення зручності використання мобільних застосунків у сфері охорони здоров'я.

Список використаних джерел:

1. Android Developers. Firebase for Android // [Електронний ресурс]: <https://developer.android.com>, дата звернення: 02.05.2026
2. Firebase Documentation // [Електронний ресурс]: <https://firebase.google.com/docs>, дата звернення: 02.05.2026
3. Google Cloud Platform: Firebase Overview // [Електронний ресурс]: <https://firebase.google.com/products/functions>, дата звернення: 02.05.2026
4. Khawas C., Shah P. Application of Firebase in Android App Development-A Review. *International Journal of Computer Applications*. 2018. Vol. 179, no. 46. P. 1–5. DOI: <https://doi.org/10.5120/ijca2018917201>.

ВИКОРИСТАННЯ EVENT-LOOP ДЛЯ ВІДСТЕЖЕННЯ АСИНХРОННИХ ЗАПИТІВ ПІД ЧАС СЕРВЕРНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ

Постановка задачі. Під час генерації веб-сайту на боці серверу, однією з проблем постає виконання асинхронного коду під час ініціалізації компонентів. Серед розробників веб-сторінок використання асинхронних запитів для завантаження додаткової інформації є поширеною практикою, оскільки дозволяє розділити код, шаблони та логіку веб-сайту від даних, таким чином що дані можуть змінюватись незалежно від коду. Відсутність підтримки виконання асинхронних запитів під час рендеру на боці серверу призводить до того, що після початкового парсингу та відображення сторінки вже на боці браузеру, відображені компоненти починають свій процес ініціалізації та довантаження даних. Після завантаження, виконується зміна сторінки з додаванням нових даних, та переміщенням вже існуючих за потреби. Швидкі зміни сторінки після початкового завантаження негативно впливають як на досвід використанням веб-сайтом, так і на оцінку веб-сайту пошуковими машинами. Параметр *cumulative layout shift* міряє кількість та загальну площу змін візуального вмісту веб-сайту після його початкового відображення. Цей параметр відповідає за 25% [1] загального рейтингу продуктивності веб-сайту, в інструменті *LightHouse* [2]. Тому необхідно вирішити наукове завдання з розробки методу, який міг би зменшити кількість запитів після початкового відображення сторінки та покращив параметр *cumulative layout shift*.

Мета дослідження. Зменшити кількість запитів які виконуються після початкового відображення сторінки. Зменшення запитів пропонується виконати за допомогою виконання цих запитів заздалегіть на боці серверу під час рендеру сторінки. За рахунок зміщення виконання роботи на бік сервера, очікується покращення параметру *cumulative layout shift*. Дослідити проблеми які виникають при виконанні асинхронного коду під час рендеру на боці серверу, та проблеми які виникають при виконанні обробленої сторінки на боці браузеру.

Результати дослідження. Основні проблеми які виникають під час виконання асинхронного коду на боці серверу, це можливість відслідкувати чи почала ініціалізація конкретного компоненту асинхронний запит. Якщо запит почався, то необхідно дочекатися виконання запиту та обробника події завершення запиту. Для виконання очікування як виконання асинхронного коду під час ініціалізації компонентів, так і для синхронного коду, було використано *EventLoop*[3] як механізм відстеження асинхронних операцій.

Висновки та перспективи. Метод використання *EventLoop* як механізму відстеження кількості активних запитів та планування виконання коду після успішного завершення запиту та його обробників є перспективним механізмом для успішного виконання асинхронних запитів на боці серверу, що покращує параметр *cumulative layout shift* та пришвидшує завантаження сторінки. Подальшим розвитком може стати можливість рекурсивного виконання

асинхронних запитів, їх подій та рендеру, а також механізм паралельного виконання.

Список використаних джерел:

1. Walton P., Mihajlija M. Cumulative Layout Shift (CLS). web.dev. 2023. URL: <https://web.dev/articles/cls> (дата звернення: 09.04.2026).
2. Introduction to Lighthouse. Chrome for Developers. Google, 2025. URL: <https://developer.chrome.com/docs/lighthouse/overview> (дата звернення: 09.04.2026).
3. TML Living Standard: Event loops. WHATWG. 2026. URL: <https://html.spec.whatwg.org/multipage/webappapis.html#event-loops> (дата звернення: 09.05.2026).

*Котирло Віталій Володимирович, студент ДУІКТ
Кисіль Тетяна Миколаївна, старший викладач ДУІКТ*

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ APACHE SPARK В ETL- НАВАНТАЖЕННЯХ

Постановка задачі. У сучасних інформаційно-аналітичних системах процеси ETL (Extract–Transform–Load) є основою для підготовки даних в сховищах даних, системах бізнес-аналітики та інших аналітичних процесів. Зі зростанням обсягів та різноманітності даних такі процеси дедалі частіше реалізуються в розподілених середовищах, зокрема в Apache Spark, який є одним із найпоширеніших інструментів для обробки великих даних.

Швидкодія роботи процесів в Spark залежить не тільки від логіки перетворень, а і від характеристик виконання: розбиття даних, наявності операцій перетасування, вибору стратегії з'єднання, використання пам'яті, кешування, серіалізації та параметрів планування завдань. Тому Spark містить значну кількість параметрів конфігурації, ефекти яких залежать один від одного та від типу навантаження, обсягу даних, характеристик обчислювального середовища. Проблема в тому, що традиційне ручне налаштування таких параметрів вимагає значного досвіду та багаторазових експериментів і навіть за таких умов не завжди забезпечує стабільні результати в різних сценаріях ETL. З цього випливає потреба в автоматизованій оптимізації параметрів Spark, яку доцільно розглядати як задачу вибору конфігурації, що забезпечує менший час виконання ETL-процесу або кращий баланс між продуктивністю та витратами ресурсів. У загальному вигляді вона включає опис характеристик навантаження, прогнозування продуктивності для різних конфігурацій та вибір найдоцільнішого набору параметрів.

Мета дослідження. Метою дослідження є аналіз і систематизація сучасних підходів до автоматизованої оптимізації параметрів Spark для ETL-процесів, визначення їхніх переваг та обмежень, а також оцінка перспектив використання методів машинного навчання для прогнозування часу виконання (runtime) та вибору ефективних конфігурацій запуску Spark.

Результати дослідження. Науковим результатом проведеного аналітичного огляду є систематизація, класифікація та критичне оцінювання сучасних методологій автоматизованого конфігурування розподілених обчислювальних середовищ, що формує теоретико-методологічний фундамент для подальших дипломних досліджень.

Вивчення традиційних детермінованих підходів на основі інженерних правил (rule-based) виявило їхню високу прозорість при локальному регулюванні обсягів пам'яті, кешування, стратегій широкомовних з'єднань (broadcast joins) та кількості партицій реструктуризації даних (shuffle), проте зафіксовано незадовільну масштабованість таких методів у багатовимірних просторах конфігурацій через нелінійну взаємодію параметрів. Цей недолік частково нівелюється інтегрованою технологією адаптивного виконання запитів (Adaptive Query Execution, AQE), яка динамічно модифікує фізичний план обчислень на основі поточної рантайм-статистики, успішно оптимізуючи нерівномірні розподіли даних та злиття малих партицій, хоча загальна задача прецизійного глобального добору параметрів залишається відкритою.

Другий концептуальний напрям об'єднує методи предиктивного моделювання часу виконання (runtime) за допомогою аналітичних або машинонавчених інструментів, які апроксимують тривалість обчислень без необхідності вичерпного натурного перебору конфігурацій, проте точність таких рішень критично лімітована репрезентативністю навчальних вибірок та подібністю нових ETL-сценаріїв до раніше зафіксованих прецедентів.

Натомість стохастичні та пошукові алгоритми, включаючи байєсівську оптимізацію, еволюційне моделювання та випадковий пошук, забезпечують системне сканування простору станів, але зумовлюють високу обчислювальну й фінансову вартість оптимізаційного процесу через потребу в реальних ітераційних запусках застосунків Spark. Більш адаптивні підходи на основі навчання з підкріпленням (reinforcement learning) трактують добір конфігурацій як послідовність рішень із функцією винагороди за часову або ресурсоефективність, що є потенційно перспективним для складних систем, проте вимагає тривалого навчання або наявності високоточних симуляційних середовищ.

Сучасний вектор розвитку обчислювальних систем репрезентований деталізованим (fine-grained) налаштуванням параметрів на рівні окремих підзапитів або стадій обробки даних із залученням багатокритеріальної оптимізації вартості хмарних ресурсів. Резюмуючи результати порівняльного аналізу, доведено, що для оптимізації гетерогенних ETL-процесів найбільш доцільним є гібридний підхід, який синтезує базові евристичні інженерні правила, динамічні механізми AQE та прогностичний потенціал моделей машинного навчання для цільового оцінювання ефективності конфігурацій під конкретний тип навантаження.

Висновки та перспективи. Автоматизована оптимізація параметрів Spark є актуальним напрямом підвищення ефективності ETL-процесів, оскільки продуктивність таких процесів визначається складною взаємодією конфігураційних параметрів, архітектури виконання та характеристик вхідних

даних. Найбільш перспективними є підходи, що поєднують адаптивні механізми Spark, моделі прогнозування часу виконання та алгоритми пошуку ефективних конфігурацій.

Водночас проблема автоматизованого тюнінгу не може вважатися повністю вирішеною. Основними обмеженнями залишаються залежність моделей від навчальних даних, складність узагальнення між різними ETL-навантаженнями, висока вартість експериментальних запусків та потреба в інтерпретованості рекомендацій.

Перспективи подальших досліджень полягають у розширенні експериментальної бази, перевірці підходів на різних типах ETL-процесів, поєднанні ML-моделей з AQE та rule-based логікою, а також у дослідженні transfer learning і multi-objective optimization для балансування часу виконання, вартості та стабільності результатів.

Список використаних джерел:

1. Ahmed N., Barczak A. L. C., Rashid M. A., Susnjak T. Runtime Prediction of Big Data Jobs: Performance Comparison of Machine Learning Algorithms and Analytical Models // Journal of Big Data. 2022. Vol. 9. Art. 67. DOI: 10.1186/s40537-022-00623-1. – Режим доступу: <https://link.springer.com/article/10.1186/s40537-022-00623-1>.
2. Apache Spark Documentation. Performance Tuning: Adaptive Query Execution // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://spark.apache.org/docs/latest/sql-performance-tuning.html>. – Дата звернення: 13.05.2026.
3. Huang X., Zhang H., Zhai X. A Novel Reinforcement Learning Approach for Spark Configuration Parameter Optimization // Sensors. 2022. Vol. 22, no. 15. Art. 5930. DOI: 10.3390/s22155930. – Режим доступу: <https://www.mdpi.com/1424-8220/22/15/5930>.
4. Lyu C., Fan Q., Guyard P., Diao Y. A Spark Optimizer for Adaptive, Fine-Grained Parameter Tuning // Proceedings of the VLDB Endowment. 2024. Vol. 17, no. 11. P. 3565–3579. DOI: 10.14778/3681954.3682021. – Режим доступу: <https://www.vldb.org/pvldb/vol17/p3565-lyu.pdf>.

*Кравченко Олександр Олександрович, студент
Державний торговельно-економічний університет
Самойленко Ганна Тимофіївна, к.ф.-м. н., доцент
Державний торговельно-економічний університет, м. Київ*

ЗАСТОСУВАННЯ РОЗПОДІЛЕНИХ БАЗ ДАНИХ НА ПІДПРИЄМСТВАХ

Постановка задачі. Сучасні підприємства працюють із великими обсягами інформації, що надходить із виробничих систем, корпоративних сервісів, логістичних платформ, систем управління персоналом та клієнтських сервісів. Зі збільшенням кількості даних традиційні централізовані бази даних не завжди забезпечують необхідну швидкість обробки інформації, масштабованість та стабільність роботи. У зв'язку з цим підприємства все частіше

використовують розподілені бази даних, у яких інформація зберігається та обробляється одночасно на кількох серверах. Такий підхід дозволяє підвищити продуктивність інформаційних систем, забезпечити безперервність роботи та ефективно обробляти великі масиви даних.

Мета дослідження. Метою дослідження є аналіз особливостей застосування розподілених баз даних на підприємствах, а також визначення їх переваг для зберігання, обробки та управління великими обсягами інформації.

Результати дослідження. У ході дослідження було проаналізовано використання розподілених баз даних на сучасних підприємствах. Розподілення даних між кількома серверами дозволяє швидше обробляти інформацію, зменшує навантаження на систему та забезпечує стабільну роботу інформаційних сервісів [1]. Розглянуто основні способи розподілення даних, зокрема шардінг, реплікацію та паралельну обробку запитів. Використання таких підходів дає можливість підприємствам працювати з великими обсягами інформації та поступово розширювати систему шляхом додавання нових серверів. Графові структури дозволяють швидко знаходити зв'язки між об'єктами, що складно реалізувати у звичайних реляційних базах даних. Це особливо важливо для систем рекомендацій, логістики, соціальних мереж та аналізу взаємозв'язків між даними [2].

Розподілення графових баз даних є складнішим через велику кількість зв'язків між вузлами графа. Для підвищення швидкодії граф розподіляється на окремі частини, які зберігаються на різних серверах і обробляються паралельно. При цьому важливо, щоб вузли, які часто взаємодіють між собою, знаходилися на одному сервері, інакше це може уповільнювати роботу системи. У деяких випадках вузли з великою кількістю зв'язків дублюються на кількох серверах для зменшення навантаження та прискорення доступу до інформації [1].

Дослідження показало, що розподілені бази даних мають низку переваг: високу швидкість обробки запитів; можливість масштабування системи; надійність роботи навіть при відмові окремих серверів; ефективну роботу з великими обсягами даних.

Векторні та графові бази даних активно використовуються у сучасних інформаційних системах підприємств, зокрема у сфері аналітики, штучного інтелекту, електронної комерції та систем підтримки прийняття рішень. Розподілення даних у векторних базах прискорює пошук схожих об'єктів серед великих масивів інформації, а у графових базах дозволяє ефективніше аналізувати складні зв'язки між об'єктами та процесами підприємства.

Висновки та перспективи. Розподілені бази даних є важливою складовою сучасних інформаційних систем підприємств. Їх використання дозволяє забезпечити ефективну обробку великих обсягів інформації, підвищити продуктивність роботи систем та забезпечити надійність зберігання даних. Подальший розвиток розподілених технологій пов'язаний із вдосконаленням методів обробки великих даних, підвищенням рівня відмовостійкості систем та інтеграцією з технологіями штучного інтелекту й аналітики даних.

Майбутній вектор технологічної еволюції розподілених технологій безпосередньо пов'язаний із вдосконаленням децентралізованих методів обробки

великих даних на основі новітніх консенсусних протоколів, які оптимізують баланс між швидкістю транзакцій та строгістю консистентності у складних мережових топологіях. Перспективним напрямом є розвиток концепції гібридної транзакційно-аналітичної обробки (НТАР), що дозволяє виконувати складні аналітичні запити паралельно з оперативною обробкою транзакцій в єдиному контурі системи.

Список використаних джерел:

1. Берко А.Ю., Верес О.М., Пасічник В.В. Системи баз даних та знань. Книга 1. Організація баз даних та знань: навч. посібник. Львів : «Магнолія-2006». 2021. 440 с.
2. Ярцев В.П. Розподілені бази даних: навчальний посібник. К. ДУТ. 2018. 97с.

*Криворучко Віталій Федорович, аспірант ДУІКТ
Садовенко Володимир Сергійович, к.ф.-м.н., професор ДУІКТ*

АДАПТИВНЕ ОНЛАЙН-НАВЧАННЯ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ CONCEPT DRIFT У СИСТЕМАХ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ХМАРНИХ ПЛАТФОРМ

Постановка задачі. У процесі експлуатації хмарних платформ статистичні властивості телеметрії змінюються під впливом сезонності, оновлень сервісів, міграції контейнерів, автомасштабування та нерівномірного користувацького навантаження. Моделі машинного навчання, які були навчені на історичному розподілі даних, у такому середовищі поступово втрачають точність. У роботі під concept drift розуміється зміна статистичного розподілу телеметричних ознак хмарної платформи, за якої модель, навчена на попередніх даних, починає давати менш точні прогнози навантаження, затримок або ресурсної утилізації.

Проблема є актуальною для систем оцінювання ефективності хмарних платформ, оскільки помилка прогнозування може призвести до запізненого масштабування, перевитрати ресурсів або погіршення якості обслуговування. Попередні підходи до прогнозування навантаження й оцінювання QoS-показників здебільшого припускають стабільність розподілу даних у часі [1; 4]. Проте у production-середовищах телеметрія має потоковий характер, а профіль роботи сервісів може змінюватися без попереднього попередження. Тому після побудови моделей оцінювання ефективності виникає окрема задача їх довготривалої стабільності в реальному хмарному середовищі.

Мета дослідження. Метою роботи є розроблення підходу до адаптивного онлайн-навчання моделей машинного навчання для виявлення та компенсації concept drift у системах оцінювання ефективності хмарних платформ. Наукова новизна полягає у поєднанні трьох елементів: статистичного індикатора зміни розподілу телеметрії, контролю фактичного погіршення прогнозовної помилки та часткового оновлення моделі без повного перенавчання з нуля. Такий підхід

дозволяє не оновлювати модель при кожному коливанні трафіку, а реагувати лише на зміни, які реально впливають на якість прогнозування.

Результати дослідження. У межах розробки математичного забезпечення для моніторингу та проактивного управління обчислювальними ресурсами формалізовано критерії оцінювання динамічних змін у завантаженні інфраструктури. Стан хмарної платформи в момент часу t описується вектором:

$$X_t = \{U_{cpu}, U_{ram}, U_{io}, U_{net}, L_{p95}, A, C\} \quad (15)$$

де, $U_{cpu}, U_{ram}, U_{io}, U_{net}$ - нормовані показники використання процесора, пам'яті, дискових і мережевих ресурсів;

L_{p95} - 95-й перцентиль затримки;

A - доступність;

C - нормована вартість ресурсів.

Для контролю зміни розподілу формується еталонне стабільне вікно W_{ref} і поточне ковзне вікно W_t . Для кожної ознаки j обчислюється індекс стабільності популяції PSI:

$$PSI_j(t) = \sum_b (p_{ref,j,b} - p_{t,j,b}) \cdot \ln \left(\frac{p_{ref,j,b} + \varepsilon}{p_{t,j,b} + \varepsilon} \right) \quad (16)$$

де, $p_{ref,j,b}$ - частка значень j -ї ознаки в b -му інтервалі еталонного вікна;

$p_{t,j,b}$ - частка значень цієї ознаки в b -му інтервалі поточного вікна;

ε - величина для уникнення ділення на нуль.

PSI використано тому, що він дозволяє порівнювати не лише середні значення метрик, а саме форму розподілу ознаки. Це важливо для хмарних платформ, де середнє навантаження може залишатися майже незмінним, але хвостові затримки або дисперсія ресурсного використання вже свідчать про зміну режиму роботи. Для агрегування змін за всіма телеметричними ознаками використовується нормований індикатор дрейфу:

$$D_t = \sum_j w_j \cdot \min \left(1, \frac{PSI_j(t)}{\psi_j} \right), \quad \text{при умові} \quad \sum_j w_j = 1 \quad (17)$$

де w_j - ваги важливості окремих ознак;

ψ_j - порогове значення зміни для j -ї ознаки.

Компонент $\min \left(1, \frac{PSI_j(t)}{\psi_j} \right)$ обмежує внесок певної ознаки діапазоном $[0;1]$, тому різні за масштабом телеметричні показники можна коректно об'єднати в одному індикаторі. Дрейф вважається суттєвим лише тоді, коли зміна розподілу супроводжується падінням точності прогнозування:

$$Drift_t = 1 \text{ якщо } D_t \geq \theta \text{ та } PMSE_t > RMSE_{ref} \cdot (1 + \rho) \quad (18)$$

де, θ - поріг інтегрального дрейфу;

$PMSE_t$ - поточна помилка прогнозу;

$RMSE_{ref}$ - помилка на стабільному еталонному періоді;

ρ - допустимий відносний приріст помилки.

Така умова зменшує кількість хибних спрацьовувань: модель не оновлюється лише через шум у даних, якщо цей шум не погіршує прогноз. Після

виявлення дрейфу виконується часткове оновлення моделі на буфері останніх спостережень V_t . Новіші спостереження мають більший внесок у навчання:

$$a_i = \frac{e^{(-k(t-i))}}{\sum_i e^{(-k(t-1))}} \quad (19)$$

Цільова функція адаптації моделі має вигляд:

$$L_t(\theta) = \sum_i a_i \cdot (y_i - f_\theta(x_i))^2 + \mu \cdot \|\theta - \theta_0\|^2 \quad (20)$$

де, $f_\theta(x_i)$ - прогноз моделі;

y_i - фактичне значення цільового показника;

θ_0 - попередні параметри моделі;

μ - коефіцієнт регуляризації.

Перший доданок забезпечує адаптацію до нових даних, а другий обмежує надмірне відхилення від попередньої моделі, тобто зменшує ризик “забування” раніше вивченого стабільного режиму. Таким чином, запропонована схема є компромісом між повним перенавчанням і повною відсутністю адаптації.

Для прототипного тестування використано відкриті виробничі траси Alibaba Cluster Trace GPU v2020 та microservices-v2021. Їх обрано тому, що вони містять реальні часові ряди ресурсного навантаження, тривалості задач, викликів сервісів, часу відповіді та змінних профілів роботи хмарних застосунків [5]. На відміну від синтетичних даних, такі траси краще відображають нерівномірність навантаження, зміну інтенсивності сервісних викликів і гетерогенність ресурсів. У тестовому сценарії порівнювалися два підходи (табл. 13): базова модель, яка навчається один раз і не оновлюється після зміни розподілу даних, та адаптивна модель, яка використовує індикатор D_t і запускає часткове оновлення параметрів лише після перевищення заданих порогів.

Таблиця 13 Узагальнені результати прототипного тестування

<i>Показник</i>	<i>Базова модель</i>	<i>Онлайн-адаптація</i>	<i>Ефект</i>
RMSE прогнозу	0,112	0,086	-23,2%
MAE прогнозу	0,087	0,064	-26,4%
Нормована P95 latency	1,00	0,82	-18,0%
F1 виявлення дрейфу	0,74	0,89	+0,15
Повні перенавчання	10	4	-60%

Наведені значення RMSE, MAE та P95 latency подано на нормованій шкалі [0;1]. Контрольні розрахунки показали:

$$\Delta RMSE = (0,086 - 0,112)/0,112 \cdot 100 = -23,2\%;$$

$$\Delta MAE = (0,064 - 0,087)/0,087 \cdot 100 = -26,4\%;$$

$$\Delta P95 = (0,82 - 1,00) \cdot 100 = -18,0\%.$$

Зменшення кількості повних перенавчань з 10 до 4 означає скорочення обчислювально дорогих операцій на 60%. Отримані результати показують, що

адаптивне оновлення дозволяє підтримувати точність прогнозування після зміни профілю навантаження без постійного повного перенавчання моделі.

Висновки та перспективи. Запропоновано підхід до адаптивного онлайн-навчання для систем оцінювання ефективності хмарних платформ в умовах concept drift. На відміну від попередніх досліджень, у яких основну увагу було приділено інтегральному QoS-оцінюванню, serverless-затримкам, графовим аномаліям або ймовірнісній оцінці SLA-ризиків, ця робота розглядає окрему задачу підтримання актуальності ML-моделі після зміни розподілу телеметрії. За результатами тестування RMSE зменшено на 23,2%, MAE - на 26,4%, нормовану P95 latency - на 18%, а кількість повних перенавчань - на 60%. Подальші дослідження доцільно спрямувати на поєднання онлайн-адаптації з федеративним навчанням та на автоматичний вибір ваг w_j для різних типів хмарних навантажень.

Список використаних джерел

1. Gao J., Wang H., Shen H. Machine Learning Based Workload Prediction in Cloud Computing. ICCCN. 2020. P. 1-9.
2. Mehmood H. et al. Concept Drift Adaptation Techniques in Distributed Environment for Real-World Data Streams. Smart Cities. 2021. Vol. 4, No. 1. P. 349-371.
4. Ahamed Z. et al. Technical Study of Deep Learning in Cloud Computing for Accurate Workload Prediction. Electronics. 2023. Vol. 12, No. 3. Art. 650.
5. Weng Q. et al. MLaaS in the Wild: Workload Analysis and Scheduling in Large-Scale Heterogeneous GPU Clusters. NSDI. 2022. P. 945-960.

*Омельянович Олександр Сергійович, студент ДУІКТ
Раєвський Вадим Юрійович, студент ДУІКТ
Фесенко Максим Анатолійович, к.т.н., доцент ДУІКТ*

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОДУКТИВНОСТІ РЕЛЯЦІЙНИХ БАЗ ДАНИХ НА ПРИКЛАДІ POSTGRESQL У ВИСОКОНАВАНТАЖЕНИХ СИСТЕМАХ

У сучасних вебзастосунках ефективність обробки великих масивів даних безпосередньо впливає на швидкість відгуку системи. PostgreSQL, як одна з найбільш просунутих систем керування реляційними базами даних (СУБД) з відкритим кодом, надає широкий інструментарій для масштабування та оптимізації запитів.

Постановка задачі. Задачею дослідження є аналіз методів підвищення продуктивності обробки транзакцій у PostgreSQL, зокрема через механізми індексування, секціонування таблиць та налаштування конфігурації сервера для роботи в умовах високого навантаження.

Мета дослідження. Обґрунтування вибору стратегій оптимізації (таких як B-Tree та GIN індекси, декларативне секціонування) для забезпечення стабільної роботи бази даних та мінімізації часу виконання складних SQL-запитів.

Результати дослідження. У ході роботи було встановлено, що PostgreSQL пропонує гнучкі механізми, які дозволяють ефективно керувати даними обсягом у терабайти. Основними інструментами оптимізації були визначені:

- Секціонування (Partitioning): розподіл великих таблиць на менші частини, що значно прискорює пошук за певними критеріями (наприклад, за датою).
- Використання JSONB: можливість поєднання реляційного підходу з NoSQL-можливостями для гнучкого зберігання метаданих.
- Вакуумування (Vacuum): автоматичне очищення застарілих версій рядків, що запобігає роздуванню бази даних (bloat).
- Механізм EXPLAIN ANALYZE: інструмент для глибокого аналізу планів виконання запитів та виявлення «вузьких місць» у коді.

Висновки та перспективи. Використання PostgreSQL дозволяє будувати надійні та швидкі системи збереження даних. Правильне налаштування індексів та архітектури таблиць забезпечує високу пропускну здатність системи. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на вивчення інструментів автоматичного шардингу (наприклад, Citus) та інтеграцію PostgreSQL з хмарними сервісами для забезпечення відмовостійкості.

Список використаних джерел:

1. Riggs S., Criveti D. "PostgreSQL 14 Administration Cookbook." Packt Publishing, 2021.
2. Офіційна документація PostgreSQL [Електронний ресурс]. URL: <https://www.postgresql.org/docs>

*Сиволап Едуард Віталійович, студент ДУІКТ
Гніденко Ірина Андріївна, старший викладач кафедри ДУІКТ*

КЛІЄНТ-СЕРВЕРНА АРХІТЕКТУРА СИСТЕМИ ОБЛІКУ РОБОЧОГО ЧАСУ СПІВРОБІТНИКІВ МАЛОГО БІЗНЕСУ

Автоматизація обліку робочого часу співробітників малого бізнесу потребує не лише зручного користувацького інтерфейсу, а й узгодженої архітектури, здатної підтримувати роботу з персоналом, підрозділами, змінами, графіками, користувацькими ролями та службовими повідомленнями. Предметна область пов'язана з великою кількістю взаємопов'язаних записів, тому програмне рішення має забезпечувати цілісне збереження даних, контроль доступу, швидку обробку запитів і можливість подальшого розширення функціональності.

Доцільною основою для такої системи є клієнт-серверна архітектура. Вона передбачає розмежування користувацького інтерфейсу, серверної прикладної логіки, бази даних і допоміжних сервісів. Клієнтська частина відповідає за відображення сторінок, навігацію, форми введення, таблиці, профіль користувача та візуальне подання графіків роботи. Серверна частина (рис. 22) приймає запити, перевіряє права доступу, виконує прикладну обробку та передає

результати до клієнтського рівня. База даних забезпечує збереження структурованої інформації про співробітників, підрозділи, зміни й графіки. Сесійний шар підтримує механізми автентифікації та контроль стану користувача.

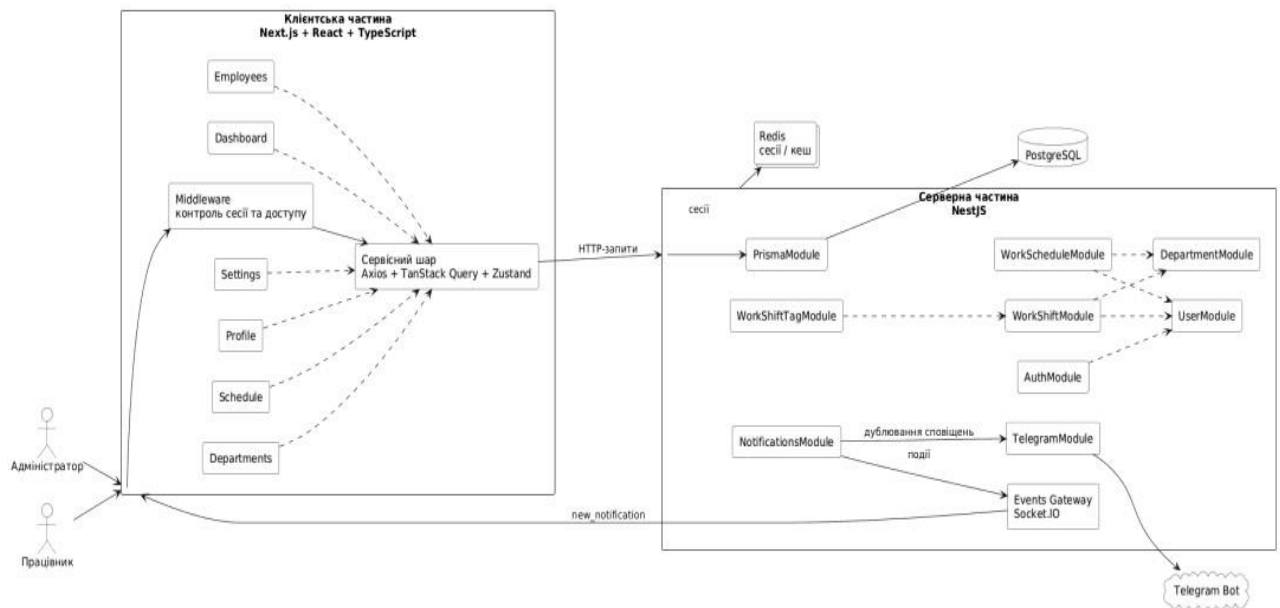


Рис. 22 Архітектура веб-застосунку «Система обліку робочих годин співробітників малого бізнесу»

Клієнтська частина веб-застосунку може бути реалізована на основі Next.js і React. Такий підхід дає змогу організувати сторінки інформаційної панелі, співробітників, підрозділів, графіків, профілю та налаштувань як окремі маршрути, пов'язані з відповідними сценаріями взаємодії користувача. Використання TypeScript підвищує формальну визначеність структури даних, оскільки типізація допомагає зменшити кількість помилок під час передавання об'єктів між інтерфейсом, сервісним шаром і серверними відповідями [1].

Серверна частина системи може бути побудована на NestJS, що підтримує модульну організацію програмної логіки. Для системи обліку робочого часу це має практичне значення, оскільки функціональність можна розподілити між окремими модулями: автентифікації, користувачів, підрозділів, робочих змін, графіків, сповіщень і службових інтеграцій. Така структура спрощує супровід коду, локалізує зміни та полегшує додавання нових функцій без повного перепроєктування системи [2].

Для взаємодії з базою даних доцільно використовувати Prisma ORM. Цей інструмент формалізує модель даних і забезпечує роботу з таблицями через описані сутності. У межах системи обліку робочого часу така модель охоплює користувачів, ролі, підрозділи, графіки роботи, робочі зміни, статуси та службові записи. Реляційна база даних PostgreSQL є придатною для цієї предметної області, оскільки зв'язки між сутностями мають чітку структурну природу: працівник належить до підрозділу, зміна пов'язується з працівником і часовим інтервалом, графік об'єднує записи за календарним періодом [3].

Redis може використовуватися як допоміжний сесійний або кешувальний шар. Його залучення виправдане тоді, коли система повинна підтримувати швидкий доступ до службових станів, автентифікаційних даних або проміжної інформації, що не потребує постійного збереження в основній реляційній базі. У поєднанні з серверною логікою Redis допомагає відокремити короточасні технічні дані від основних облікових записів.

Для розгортання системи доцільно використовувати Docker і Docker Compose. Контейнеризація дає змогу запускати клієнтську частину, серверну частину, PostgreSQL і Redis як окремі сервіси. Це забезпечує відтворюваність середовища, спрощує локальне тестування та мінімізує залежність від конфігурації конкретного комп'ютера. Для full-stack застосунку така організація дає змогу зберігати сталість виконання під час переходу від розробки до демонстрації або подальшого впровадження [4].

Запропонована архітектура забезпечує функціональну цілісність системи обліку робочого часу. Клієнтський рівень відповідає за зручність взаємодії, серверний рівень — за бізнес-логіку й контроль доступу, база даних — за надійне збереження структурованих записів, Redis — за допоміжні серверні механізми, а Docker Compose — за узгоджений запуск усіх компонентів. У результаті система набуває модульної форми, придатної для використання в малому бізнесі та подальшого розширення через додавання звітності, експорту даних, сповіщень або інтеграцій із зовнішніми сервісами.

Список використаних джерел:

1. Next.js Documentation. URL: <https://nextjs.org/docs>
2. NestJS Documentation. URL: <https://docs.nestjs.com/>
3. Prisma Documentation. URL: <https://www.prisma.io/docs>
4. Docker Docs. URL: <https://docs.docker.com/>

*Ситнік Анастасія Едуардівна, студентка ДУІКТ
Гніденко Ірина Андріївна, старший викладач ДУІКТ*

ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ ХМАРНИХ ПЛАТФОРМ ПРИ РОЗРОБЦІ СЕРВІСІВ ДИНАМІЧНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ ДОКУМЕНТІВ

Постановка задачі. У діяльності сучасних компаній значна частина часу витрачається на ручне заповнення типової документації. Проблема полягає у необхідності створення доступного, кросплатформеного інструменту, який би дозволяв автоматизувати маніпуляції даними без прив'язки до локальних потужностей користувача, що вимагає дослідження ефективності розгортання таких систем у хмарних середовищах.

Мета дослідження. Аналіз переваг використання хмарних PaaS-платформ (на прикладі Render) для хостингу веб-сервісів автоматичної генерації документів та розробка прототипу системи, що забезпечує високу швидкість обробки даних та формування файлів форматів PDF/DOCX.

Результати дослідження. В ході роботи було розроблено та розгорнуто у хмарі веб-сервіс (<https://docgen-service.onrender.com/>), реалізований на мові Python із використанням сучасних бібліотек обробки даних. Програмний продукт базується на архітектурі розділення логіки обробки та візуалізації. Ключовою особливістю сервісу є інтеграція шаблонізатора Jinja2, що дозволяє динамічно вставляти дані у HTML-макети з подальшою конвертацією через WeasyPrint.

Сервіс підтримує обробку складних об'єктів: автоматичне генерування динамічних таблиць для актів виконаних робіт, розрахунків фінансових сум та автоматичне форматування дат згідно з міжнародними стандартами. Завдяки використанню асинхронних запитів, система здатна одночасно обробляти декілька черг на генерацію, що значно підвищує її пропускну здатність. Використання хмарної інфраструктури дозволило встановити наступне:

1. *Масштабованість.* Хмарні ресурси забезпечують стабільний рендеринг документів навіть при великих обсягах вхідних даних та складній структурі вкладених об'єктів.

2. *Централізація.* Хмарний підхід дозволяє оновлювати логіку маніпуляції даними на серверній стороні, забезпечуючи миттєву доступність нових шаблонів для всіх користувачів без необхідності перевстановлення ПЗ.

3. *Ефективність.* Автоматизація процесу передачі даних у шаблони скорочує час підготовки звітів до кількох секунд, повністю виключаючи помилки ручного введення.

Висновки та перспективи. Використання хмарних технологій є найбільш раціональним підходом для систем документообігу, оскільки забезпечує мобільність та низьку вартість підтримки інфраструктури. Перспективи подальших досліджень полягають у впровадженні інтелектуальних модулів розпізнавання даних та розширенні переліку підтримуваних форматів у хмарному середовищі.

Список використаних джерел:

1. Python Software Foundation. Python Documentation (Version 3.12). URL: <https://docs.python.org/3/>

2. ReportLab PDF Library. User Guide. URL: <https://www.reportlab.com/docs/reportlab-userguide.pdf>

3. WeasyPrint Document Factory. URL: <https://weasyprint.org/>

*Сушко Поліна Сергіївна, студентка
Державний торговельно-економічний університет, м. Київ
Самойленко Ганна Тимофіївна, к.ф.-м.н., доцент
Державний торговельно-економічний університет, м. Київ*

БЕЗПЕКА РОЗПОДІЛЕНИХ БАЗ ДАНИХ

Постановка задачі. У сучасних інформаційних системах розподілені бази даних використовуються для зберігання та обробки великих обсягів інформації.

Такі системи застосовуються у банківській сфері, електронній комерції, корпоративних мережах, хмарних сервісах та системах аналітики даних. Розподілення даних між кількома серверами підвищує продуктивність і масштабованість системи, проте одночасно створює додаткові ризики для безпеки інформації. Основними проблемами безпеки розподілених баз даних є несанкціонований доступ до даних, перехоплення інформації під час передавання мережею, порушення цілісності даних та відмови окремих вузлів системи. Для забезпечення захисту інформації використовуються різні моделі безпеки, механізми контролю доступу та криптографічні методи захисту даних.

Мета дослідження. Метою дослідження є аналіз основних підходів і моделей забезпечення безпеки розподілених баз даних, а також визначення методів захисту інформації в розподілених інформаційних системах.

Результати дослідження. У ході дослідження розглянуто основні загрози безпеці розподілених баз даних та методи їх захисту. Встановлено, що одним із головних завдань є забезпечення конфіденційності, цілісності та доступності даних у середовищі, де інформація зберігається одночасно на кількох серверах. Проаналізовано модель Керкгоффа, відповідно до якої безпека системи повинна базуватися на секретності ключів шифрування, а не на приховуванні алгоритмів. Використання криптографічних методів дозволяє захищати дані під час їх передавання між вузлами розподіленої системи та запобігати перехопленню інформації. Також досліджено модель загроз, яка використовується для виявлення можливих атак, оцінювання вразливостей системи та визначення рівня ризику для розподіленої бази даних.

В процесі дослідження розглянуто моделі контролю доступу Белла-Ла-Падули та Мандіана-Белла-Ла-Падули, які забезпечують розмежування прав доступу користувачів до інформаційних ресурсів. Використання правил «no read up» та «no write down» дозволяє обмежити доступ до конфіденційної інформації та зменшити ризик несанкціонованого поширення даних.

Окрему увагу приділено моделі RBAC, яка забезпечує керування доступом на основі ролей користувачів. Такий підхід спрощує адміністрування розподілених баз даних і дозволяє ефективно керувати правами доступу в корпоративних інформаційних системах.

Результати дослідження показали, що використання сучасних моделей безпеки, шифрування даних, систем автентифікації та механізмів контролю доступу дозволяє підвищити рівень захисту розподілених баз даних та забезпечити стабільну роботу інформаційних систем.

Висновки та перспективи. Безпека розподілених баз даних є важливою складовою сучасних інформаційних систем, оскільки від рівня захисту даних залежить стабільність роботи підприємств та збереження конфіденційної інформації. Використання моделей контролю доступу, криптографічного захисту та аналізу загроз дозволяє зменшити ризик несанкціонованого доступу та підвищити надійність роботи системи. Подальший розвиток систем безпеки розподілених баз даних пов'язаний із вдосконаленням методів шифрування, автоматизованим виявленням загроз, використанням технологій штучного

інтелекту для аналізу атак та підвищенням рівня захисту хмарних інформаційних систем.

Список використаних джерел:

1. Ярцев В. П. Розподілені бази даних : навч. посіб. Київ : ДУТ, 2018. 97 с.
2. Інформаційна безпека : навч. посіб. / Ю. Я. Бобало та ін. ; за заг. ред. Ю. Я. Бобала, І. В. Горбатого. Львів : Львівська політехніка, 2019. 580 с.
3. Плєсков Ю. В. Забезпечення безпеки даних у розподілених інформаційних системах. Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки. 2021. Т. 32 (71), № 3, ч. 1. С. 114–119. DOI: <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-5941/2021.3-1/20>.
4. Дорогий Я. Ю., Оліфір О. А. Моделі та методи захисту інформації в розподілених базах даних. Наукові вісті КПП. 2020. № 2. С. 45–53.

СЕКЦІЯ 6. РОЗРОБКА ІГОР ТА ІГРОФІКАЦІЯ ОСВІТНІХ ТА БІЗНЕС ПРОЦЕСІВ

*Анчев Андрій Олексійович, студент ДУІКТ
Читулян Вадим Олегович, старший викладач ДУІКТ*

РОЗРОБКА ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ВЕБ-ПЛАТФОРМИ ДЛЯ АГРЕГАЦІЇ ДАНИХ ПРО КІБЕРСПОРТИВНІ ТУРНІРИ ТА ІГРОВІ ПОДІЇ

Сучасний кіберспорт стрімко розвивається, залучаючи мільйони глядачів і учасників по всьому світу. Збільшення кількості турнірів, команд і інформаційних ресурсів призводить до фрагментації даних, що ускладнює їх пошук, аналіз і використання. Користувачі змушені звертатися до різних платформ для отримання актуальної інформації про розклад матчів, результати турнірів та новини ігрової індустрії.

У таких умовах актуальним є створення веб-платформ, які забезпечують централізоване збирання, обробку та представлення інформації. Використання сучасних веб-технологій дозволяє інтегрувати дані з різних джерел, забезпечуючи їх актуальність, структурованість та зручність доступу для кінцевих користувачів.

Постановка задачі. Основною проблемою є відсутність єдиного інформаційного середовища, яке об'єднує дані про кіберспортивні турніри та ігрові події. Дані часто розміщені на різних ресурсах, мають різний формат і оновлюються з різною періодичністю, що ускладнює їх обробку та використання.

Постає задача розробки веб-платформи, яка забезпечує агрегування даних із зовнішніх джерел (API, новинні ресурси), їх обробку, збереження та відображення у зручному для користувача вигляді. Важливим аспектом є також оптимізація роботи системи, що передбачає підвищення швидкодії, ефективне використання ресурсів та забезпечення масштабованості.

Мета дослідження. Метою дослідження є розробка та оптимізація веб-платформи для агрегування даних про кіберспортивні турніри та ігрові події, яка забезпечує централізований доступ до інформації, її актуалізацію та ефективне відображення для користувачів.

Результати дослідження. У ході дослідження було проаналізовано сучасні підходи до побудови веб-платформ для агрегування даних та визначено ключові вимоги до їх функціональності. Досліджено можливості використання зовнішніх API для отримання інформації про турніри, матчі та новини, а також методи обробки і структуризації отриманих даних.

У процесі роботи було розроблено веб-платформу, яка забезпечує збір даних із різних джерел, їх збереження у базі даних та відображення у вигляді зручного користувацького інтерфейсу. Реалізовано механізми оптимізації, що дозволяють зменшити навантаження на систему, підвищити швидкість обробки запитів та забезпечити стабільну роботу платформи при збільшенні кількості користувачів. Для кращого розуміння структури розробленої веб-платформи

доцільно виділити основні функціональні модулі системи та їх призначення (табл. 14).

Таблиця 14 Основні функціональні модулі веб-платформи

<i>Модуль системи</i>	<i>Призначення</i>
Модуль збору даних	Отримання інформації з зовнішніх API (турніри, матчі, новини)
Модуль обробки даних	Фільтрація, нормалізація та структуризація отриманих даних
База даних	Збереження інформації про турніри, команди, матчі та новини
API доступу	Забезпечення взаємодії між серверною частиною та клієнтським інтерфейсом
Користувацький інтерфейс	Відображення даних у зручному форматі для користувача
Модуль оптимізації	Кешування даних, зменшення навантаження та підвищення швидкодії системи

Система має модульну структуру, що дозволяє розділити функціональність між окремими компонентами. Такий підхід забезпечує зручність розробки, масштабованість та можливість подальшого розширення функціоналу платформи.

Висновки та перспективи. Результати дослідження підтверджують доцільність створення веб-платформ для агрегування кіберспортивних даних як ефективного інструменту для користувачів. Запропоноване рішення дозволяє забезпечити централізований доступ до інформації, підвищити її актуальність та покращити зручність використання.

Подальший розвиток платформи може включати впровадження персоналізованих рекомендацій, використання методів штучного інтелекту для аналізу поведінки користувачів, інтеграцію з мобільними застосунками та розширення функціоналу за рахунок додавання соціальних можливостей, таких як коментарі, рейтинги та система сповіщень.

Список використаних джерел

1. Newman S. Building Microservices. – O'Reilly Media, 2021. – 600 p.
2. PandaScore. Esports API Documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://developers.pandascore.co/> (дата звернення: 12.04.2026).

Бахмут Михайло Сергійович, студент ДУІКТ
Олейніков Іван Анатолійович, старший викладач ДУІКТ

ПРОТОТИП АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ ФОРМУВАННЯ СКЛАДНОСТІ ТА НАГОРОД У ROGUELIKE-ГРИ НА БАЗІ UNREAL ENGINE 5

Постановка задачі. Roguelike-ігри будуються навколо повторюваних ігрових сесій, поступового посилення персонажа, випадкових нагород і зростання складності. Через це важливим завданням під час розробки такої гри є не лише створення окремих бойових механік, а й формування системи, яка керує

темпом забігу. Якщо складність зростає занадто повільно, ігровий процес швидко стає одноманітним. Якщо ж вороги або нагороди з'являються без чітких правил, гра може стати або занадто простою, або несправедливо складною для гравця.

У межах MVP-версії roguelike-гри недоцільно одразу створювати складну інтелектуальну систему або використовувати методи машинного навчання. На цьому етапі більш практичним є створення прототипу, який працює на основі алгоритмічних правил і дає змогу перевірити базовий підхід до динамічного формування складності. Такий прототип може враховувати номер хвили, час забігу, рівень гравця, кількість переможених ворогів, бюджет появи ворогів і ймовірність випадіння нагород.

Мета дослідження. Метою дослідження є проектування прототипу адаптивної системи формування складності та нагород у roguelike-грі на базі Unreal Engine 5 з використанням Blueprint-first підходу та data-driven організації ігрових даних. Unreal Engine 5 надає інструменти для створення gameplay-логіки через Blueprints, що дозволяє швидко реалізовувати й перевіряти ігрові механіки без обов'язкового використання C++ на ранніх етапах розробки [1].

Для досягнення мети необхідно визначити параметри, які впливають на складність забігу, описати принцип формування хвиль ворогів, запропонувати механізм вибору нагород і забезпечити можливість подальшого розширення системи без суттєвого переписування Blueprint-логіки.

Результати. У межах роботи запропоновано прототип системи, яка керує появою ворогів і видачею нагород під час забігу. Основна логіка може бути розміщена в BP_GM_Run або в окремому Blueprint-акторі BP_ArenaSpawner. Такий підхід узгоджується з Gameplay Framework Unreal Engine, де GameMode відповідає за правила гри, а інші класи можуть зберігати стан сесії або дані конкретного гравця [2].

Для формування хвиль використовується умовний бюджет складності. Кожен тип ворога має власну вартість, вагу появи та мінімальний рівень складності, з якого він може бути обраний. У Blueprint-логіці це можна подати як послідовність: розрахунок бюджету хвили, фільтрація доступних ворогів, вибір ворога за вагою, створення ворога на арені та зменшення поточного бюджету.

Система нагород працює за схожим принципом. Після завершення хвили, перемоги над босом або відкриття скрині гра вибирає предмет із пулу нагород. Предмет може мати рідкість, тип ефекту, числове значення бонусу та вагу випадіння. Це дозволяє контролювати ймовірність появи звичайних, рідкісних і легендарних нагород.

Для збереження параметрів ворогів, предметів і нагород доцільно використовувати data-driven підхід, зокрема Data Tables або Data Assets. Це дозволяє змінювати числові значення, рідкість, ваги появи та інші параметри без редагування основної Blueprint-логіки [3].

Важливо, що прототип не прив'язує нагороду до конкретного джерела. Наприклад, скриня або бос лише передає обраний предмет у систему предметів, а відповідний компонент уже застосовує ефект до характеристик персонажа.

Використання компонентів в Unreal Engine дозволяє винести повторювану логіку в окремі частини та використовувати її в різних ігрових об'єктах [4].

Запропонована система не є повноцінною інтелектуальною моделлю, однак вона має ознаки адаптивності, оскільки реагує на стан поточної ігрової сесії. Для MVP цього достатньо, оскільки система залишається зрозумілою, контрольованою та придатною для швидкого балансування.

Висновки та перспективи. У роботі запропоновано прототип адаптивної системи формування складності та нагород для roguelike-гри на базі Unreal Engine 5. Основою рішення є rule-based підхід, бюджет складності, ваговий вибір ворогів і data-driven опис предметів та нагород.

У подальшому систему можна розширити за рахунок аналізу поведінки гравця: кількості отриманої шкоди, швидкості проходження хвиль, ефективності бою та кількості зібраних предметів. Це дозволить перейти від простого прототипу до більш гнучкої системи, яка точніше підтримуватиме баланс між складністю та доступністю ігрового процесу.

Список використаних джерел

1. Epic Games. Blueprints Visual Scripting in Unreal Engine. URL: <https://dev.epicgames.com/documentation/unreal-engine/blueprints-visual-scripting-in-unreal-engine>
2. Epic Games. Gameplay Framework in Unreal Engine. URL: <https://dev.epicgames.com/documentation/unreal-engine/gameplay-framework-in-unreal-engine>
3. Epic Games. Data Driven Gameplay Elements in Unreal Engine. URL: <https://dev.epicgames.com/documentation/unreal-engine/data-driven-gameplay-elements-in-unreal-engine>
4. Epic Games. Actor Component API Reference. URL: <https://dev.epicgames.com/documentation/en-us/unreal-engine/API/Runtime/Engine/Components/UActorComponent>

*Грисик Владислав Олександрович, студент ДУІКТ
Герцюк Микола Модестович, д.ф. (PhD), доцент ДУІКТ*

ЖАНРОВА КОНЦЕНТРАЦІЯ ІСТОРИЧНОГО КОНТЕНТУ В МОБІЛЬНИХ ІГРАХ: ПРИЧИНИ ТА НАСЛІДКИ

Постановка задачі. Мобільні ігри є одним із найбільш масових культурних продуктів сучасності: за даними аналітичних платформ, глобальна аудиторія мобільного гейму перевищує три мільярди користувачів. Серед жанрів, що звертаються до теми минулого, помітно домінують стратегії (Age of Empires, Rise of Kingdoms) та головоломки з елементами історичної стилістики (The House of Da Vinci, Valiant Hearts: The Great War). Натомість жанри з більш динамічним геймплеєм — шутери, ранери, аркади — використовують історичний контент значно рідше або зводять його до поверхневої естетики, позбавленої пізнавальної цінності та конкретної інформації. Така жанрова

нерівномірність у представленні історичного матеріалу є недослідженим явищем, що вимагає системного аналізу з позицій ігрового дизайну та когнітивної психології.

Мета дослідження. Метою роботи є виявлення та обґрунтування причин жанрової концентрації історичного контенту в мобільних іграх, а також аналіз наслідків цієї концентрації для пізнавального потенціалу ігрового середовища та можливостей його розширення через edutainment-підхід.

Результати дослідження. Аналіз ринку мобільних ігор та наукової літератури в галузі ігрового дизайну дозволив виділити три основні причини жанрової концентрації історичного контенту.

По-перше, структурна сумісність жанру та контенту. Стратегії та головоломки передбачають повільніший темп прийняття рішень та тривале занурення гравця у світ гри. Це створює природні умови для інтеграції історичного контексту: розгалужені діалоги, текстові описи артефактів, карти місцевості, хронологічні події. Динамічні жанри (ранери, аркади, шутери) орієнтовані на миттєву реакцію та мінімальний когнітивний баласт, що ускладнює включення розгорнутого контенту без порушення ігрового балансу [1].

По-друге, економічна логіка монетизації. Стратегії та головоломки забезпечують вищий показник утримання аудиторії (retention rate) та глибшу залученість, що є привабливішим для рекламодавців і внутрішньоігрових покупок. Видавці мобільних ігор свідомо інвестують у жанри з тривалим ігровим циклом, а отже — і в наповнений історичний контент [2]. Жанри з короткими сесіями отримують менше ресурсів для розробки освітньої історичної складової.

По-третє, стереотипи щодо аудиторії. Серед розробників поширене уявлення, що гравці динамічних жанрів (переважно діти та підлітки) не зацікавлені у пізнавальному контенті та сприймуть його як перешкоду. Однак дослідження у галузі edutainment спростовують цей стереотип: за умови ненав'язливого та контекстно доречного подання освітній матеріал підвищує, а не знижує залученість користувачів [3].

Наслідки жанрової концентрації є двовимірними. З одного боку, вона призводить до нерівномірного охоплення аудиторії: гравці динамічних жанрів позбавлені доступу до історично насиченого контенту, хоча їхня чисельність є порівнянною або навіть перевищує аудиторію стратегій. З іншого боку, ця ситуація відкриває незайняту нішу для розробників, готових інтегрувати пізнавальну складову у нетипові жанри.

Практичним підтвердженням можливості подолання жанрових обмежень є розробка мобільного застосунку DinoRunner — ранер-гри для Android на базі Unreal Engine, що демонструє успішну інтеграцію науково достовірних фактів та інформації про динозаврів у механіку жанру. Освітній контент відображається у вигляді карток з інформацією про динозаврів та поширенням маловідомих цікавих фактів між ігровими циклами, не порушуючи темп гри, і відповідає тематиці ігрового світу. Цей досвід підтверджує, що жанр ранер за правильного підходу може стати ефективним носієм пізнавального контенту.

Висновки та перспективи. Жанрова концентрація історичного контенту в мобільних іграх є наслідком структурних, економічних та стереотипних обмежень, а не об'єктивної неможливості його інтеграції в динамічні жанри. Подолання цих обмежень через edutainment-підхід відкриває значний потенціал для розширення пізнавального впливу мобільних ігор на масову аудиторію. Перспективою подальших досліджень є розробка типології методів інтеграції історичного контенту для різних ігрових жанрів та проведення порівняльного аналізу ефективності засвоєння матеріалу гравцями стратегій і динамічних жанрів.

Список використаних джерел

1. Juul J. Half-Real: Video Games between Real Rules and Fictional Worlds. MIT Press, 2005. 233 p.
2. Hamari J., Keronen L. Why do people play games? A meta-analysis. International Journal of Information Management. 2017. Vol. 37, No. 3. P. 125–141.
3. Mayer R. E. Computer Games for Learning: An Evidence-Based Approach. MIT Press, 2019. 313 p.
4. Prensky M. Digital Game-Based Learning. McGraw-Hill, 2001. 442 p.

*Железняк Світлана Олегівна, студентка ДУІКТ
Зінченко Ольга Валеріївна, д.т.н., професор ДУІКТ*

ПРОБЛЕМИ ТА ОБМЕЖЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ГЕНЕРАТИВНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ГЕНЕРАЦІЇ 2D-ІГРОВОГО КОНТЕНТУ

Постановка задачі. Сучасні підходи до розробки відеоігор активно використовують методи процедурної генерації контенту для підвищення варіативності ігрового процесу та зменшення витрат на створення ігрових ресурсів. Одним із перспективних напрямів є застосування методів машинного навчання, зокрема генеративних моделей, для автоматичного створення ігрових рівнів. Генеративно-змагальні мережі (GAN) та їх модифікації дозволяють навчатися на існуючих прикладах ігрового контенту та відтворювати нові структури, що відповідають певним стилістичним і топологічним закономірностям.

Разом із тим, практичне застосування таких моделей у задачах генерації 2D-ігрових середовищ супроводжується рядом суттєвих проблем. На відміну від класичних задач комп'ютерного зору, де дані мають неперервний характер, ігрові рівні є дискретними структурами з жорсткими обмеженнями на допустимі конфігурації. Це ускладнює процес навчання моделей та впливає на якість згенерованого контенту. Таким чином, актуальним є дослідження ключових обмежень генеративних підходів у контексті створення ігрових 2D-рівнів.

Мета дослідження. Метою дослідження є аналіз основних проблем та обмежень застосування генеративних моделей у задачах автоматичної генерації 2D-ігрового контенту та визначення можливих шляхів їх подолання.

Результати дослідження. У процесі дослідження було проаналізовано особливості застосування генеративних моделей у задачах автоматичної генерації ігрових рівнів та ідентифіковано ключові обмеження, що впливають на ефективність їх використання.

Одним із фундаментальних обмежень є дискретний характер представлення ігрового простору. На відміну від класичних задач комп'ютерного зору, де дані мають неперервну природу, ігрові рівні моделюються у вигляді категоріальних структур із фіксованими типами елементів (стіни, підлога, інтерактивні об'єкти тощо). Така специфіка ускладнює застосування стандартних функцій втрат і методів оптимізації, орієнтованих на неперервні значення, та потребує адаптації моделей до роботи з дискретними просторами.

Важливим аспектом є також проблема забезпечення структурної цілісності згенерованих рівнів. Незважаючи на здатність генеративних моделей відтворювати статистичні закономірності навчальних даних, отримані результати не завжди відповідають базовим вимогам геймдизайну, зокрема прохідності, зв'язності простору та наявності коректного маршруту проходження. Це пояснюється відсутністю у моделей явного представлення ігрової логіки, оскільки процес навчання базується переважно на мінімізації статистичних відхилень від навчальної вибірки.

Суттєвою проблемою залишається нестабільність процесу навчання генеративно-змагальних мереж. Зокрема, характерним явищем є колапс мод (mode collapse), за якого генератор відтворює обмежену множину подібних структур, що призводить до втрати різноманітності згенерованого контенту. У контексті ігрових застосувань це негативно впливає на реіграбельність та варіативність ігрового досвіду.

Окрему увагу приділено проблемі формування навчальних датасетів. Якість роботи генеративних моделей безпосередньо залежить від репрезентативності та різноманітності вхідних даних. Водночас для окремих жанрів, зокрема roguelike, спостерігається обмежена доступність стандартизованих відкритих наборів даних, що ускладнює процес навчання моделей та зумовлює необхідність розробки спеціалізованих методів збору і підготовки даних.

Крім того, значним обмеженням є обчислювальна складність навчання генеративних моделей. Використання глибоких згорткових архітектур потребує значних апаратних ресурсів, що може обмежувати їх практичне застосування, особливо у невеликих дослідницьких або інді-проєктах.

Висновки та перспективи. У результаті дослідження встановлено, що генеративні моделі мають значний потенціал для автоматизації створення 2D-ігрового контенту, проте їх практичне застосування супроводжується рядом обмежень, пов'язаних із дискретністю даних, складністю забезпечення ігрової логіки, нестабільністю навчання та обмеженістю доступних датасетів.

Для підвищення ефективності таких підходів доцільним є використання гібридних методів, що поєднують генеративні моделі з алгоритмічними обмеженнями, а також застосування новітніх архітектур, таких як дифузійні

моделі. Перспективним напрямом є інтеграція механізмів оцінки якості рівнів безпосередньо у процес навчання моделей, що дозволить враховувати не лише статистичну, але й функціональну коректність згенерованого контенту.

Список використаних джерел:

1. Goodfellow I. et al. Generative Adversarial Networks // Advances in Neural Information Processing Systems. – 2014.
2. Radford A., Metz L., Chintala S. Unsupervised Representation Learning with DCGAN //arXiv:1511.06434. – 2015.
3. Togelius J., Yannakakis G. N. Procedural Content Generation in Games. – Springer, 2016.
4. Summerville A. et al. The Video Game Level Corpus // arXiv:1606.07487. – 2016.
5. Shaker N., Togelius J., Nelson M. Procedural Content Generation in Games: A Textbook and an Overview of Current Research. – 2016.

*Королюк Максим Олександрович, студент ДУІКТ
Іщераков Сергій Михайлович, к.т.н., доцент, ДУІКТ*

РОЗРОБКА ОФЛАЙН 3D ГРИ НА РУШІІ UNITY

Постановка задачі. У сучасних умовах розвитку цифрових технологій створення комп'ютерних ігор є одним із найактуальніших напрямів програмної інженерії. Особливої популярності набувають 3D-ігри, які забезпечують високий рівень інтерактивності та візуалізації ігрового процесу. Для розробки таких застосунків широко використовується рушій Unity, що надає інструменти для створення графіки, фізики, анімації та програмної логіки гри. У межах даної роботи поставлено задачу розробки офлайн 3D-гри з реалізацією базових ігрових механік. Основна увага приділяється створенню системи керування персонажем, переміщенню у тривимірному просторі, налаштуванню камери огляду та взаємодії персонажа з об'єктами сцени. Також важливим аспектом є забезпечення коректної роботи фізики та обробки користувацького введення за допомогою мови програмування C#.

Мета дослідження. Метою дослідження є вивчення можливостей рушія Unity для створення офлайн 3D-ігор та розробка базового ігрового застосунку з реалізацією системи керування персонажем, фізики пересування, камери огляду та взаємодії з елементами ігрового середовища. Також метою роботи є набуття практичних навичок програмування мовою C# та застосування сучасних засобів розробки інтерактивних 3D-застосунків.

Результати дослідження. У процесі виконання роботи було розроблено базовий прототип офлайн 3D-гри на рушії Unity. Реалізовано ігрового персонажа на основі стандартного компонента Capsule з використанням Character Controller, що забезпечує коректну взаємодію з ігровим середовищем. Було створено систему керування персонажем мовою програмування C#, яка дозволяє здійснювати переміщення у тривимірному просторі за допомогою клавіш W, A,

S, D. Додатково реалізовано фізичну модель гравітації, що забезпечує природну поведінку персонажа під час перебування на поверхнях різної висоти. Окремо налаштовано камеру від першої особи з керуванням за допомогою миші, що дозволяє змінювати напрям огляду та забезпечує більш реалістичний ігровий досвід. У результаті отримано працездатний прототип, який демонструє базові принципи створення 3D-ігор та може бути основою для подальшого розширення функціоналу.

Висновки та перспективи. У ході виконання роботи було успішно розроблено базовий прототип офлайн 3D-гри на рушії Unity. Реалізовано основні ігрові механіки, зокрема керування персонажем у тривимірному просторі, систему камери від першої особи та базову фізику взаємодії з середовищем. Отримані результати підтверджують ефективність використання Unity для створення простих інтерактивних ігрових застосунків та дозволяють закласти основу для подальшої розробки більш складних проєктів. Перспективами подальшого розвитку є розширення функціоналу гри шляхом додавання механіки стрибків, бігу, взаємодії з об'єктами, системи анімацій персонажа, а також покращення графічної складової та ігрового штучного інтелекту. Крім того, можливим є впровадження системи рівнів, завдань та оптимізації продуктивності для більш складних сцен і сценаріїв.

Список використаних джерел:

1. Unity Documentation : вебсайт. URL: <https://docs.unity.com/> (дата звернення: 09.05.2026).
2. Unity Learn Platform : вебсайт. URL: <https://learn.unity.com/> (дата звернення: 09.05.2026).
3. Nystrom R. Game Programming Patterns. Genever Benning, 2014. URL: <https://gameprogrammingpatterns.com/> (дата звернення: 09.05.2026).
4. Millington I. Game Physics Engine Development. 2nd ed. Morgan Kaufmann, 2010. 544 p.

*Процюк Максим Ярославович,
Державний торговельно-економічний університет, м. Київ
Юрченко Юрій Юрійович, старший викладач
Державний торговельно-економічний університет, м. Київ*

ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ІГРОФІКАЦІЇ В ІНТЕРФЕЙСИ КОРИСТУВАЧА ДЛЯ СИСТЕМ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ

Постановка задачі. Сьогодні онлайн-формат став майже базовим стандартом для більшості освітніх закладів. Але існує серйозна проблема: велика кількість студентів втрачає інтерес і не проходить курси до кінця. Стандартні системи дистанційного навчання часто мають дуже простий статичний інтерфейс, який нагадує звичайний архів електронних документів. Якщо подивитися на індустрію геймдеву або розважальні сервіси, там проблема утримання аудиторії вирішується зовсім інакше - через специфічні патерни

взаємодії з інтерфейсом. Тому актуальною задачею є впровадження таких ігрових елементів (ігрофікація) в інтерфейси освітніх порталів для підвищення мотивації студентів.

Мета дослідження. Метою дослідження є опис того, як елементи ігрофікації допомагають підвищити залученість студентів до навчання, та які сучасні інструменти веб-розробки можна використати для їх створення у користувацькому інтерфейсі.

Результати дослідження. Ігрофікація - це використання ігрових підходів у неігрових системах. Для того, щоб студент мав бажання повертатися до навчання, необхідно змінити сам підхід до інтерфейсу системи. Завдяки можливостям сучасних веб-технологій можна створювати інтерфейси з миттєвою реакцією на дії студента. Серед ігрових підходів, які найлегше адаптувати для освітніх потреб, варто виділити:

- Шкала досвіду (XP) візуальний елемент, який показує прогрес студента. Коли замість сухої цифри в електронному журналі на екрані плавно зростає смужка прогресу за прочитану статтю, це дає зовсім інший емоційний відгук. Це дає швидкий зворотний зв'язок і відчуття досягнення.

- Система рівнів та блокування контенту підхід, при якому наступний модуль навчального курсу відкривається тільки після проходження попереднього. Завдяки цьому знімається когнітивне перевантаження: людина бачить лише найближчий крок, а не сотню сторінок усього курсу одразу.

- Серії відвідувань (Streaks) лічильник, який фіксує, скільки днів поспіль користувач заходив на платформу та виконував завдання. Тут працює звичайне небажання втрачати здобуте - просто стає шкода обнулити лічильник, якщо ти вже заходив туди п'ять днів поспіль.

- Система досягнень (Бейджі) візуальні нагороди за виконання певних умов, наприклад, отримання відзнаки за вчасно здану першу лабораторну або проходження модуля без жодної помилки. Це робить процес більш цікавим і розбиває складний курс на дрібні зрозумілі кроки.

- Динамічні кнопки (Call-to-Action) елементи інтерфейсу, які змінюються залежно від успіхів користувача. Наприклад, якщо студент зробив помилку, кнопка може запропонувати "Отримати підказку", замість того щоб просто перевести його на наступну сторінку.

З технічної точки зору, ці елементи легко реалізувати за допомогою бібліотеки React. Завдяки реактивності ми просто пов'язуємо стан UI-компонента до даних користувача з бекенду. Якщо додати сюди компонентну базу на кшталт Chakra UI, то збірка кастомних екранів прискорюється в рази, плюс одразу вирішується питання мобільної адаптивності.

Висновки та перспективи. Гейміфіковані компоненти дійсно закривають слабкі місця класичного дистанційного формату, перетворюючи звичайне читання тексту на екрані у активну взаємодію. Важливо, що впровадження подібної логіки не вимагає глобальної перебудови наявних баз даних чи серверної архітектури. У перспективі ці інтерфейсні рішення доцільно поєднати з аналізом дій користувача. Якщо система автоматично фіксуватиме труднощі

студента на конкретних етапах, вона зможе динамічно підлаштовувати складність матеріалу індивідуально під нього.

Список використаних джерел:

1. Chakra UI - A simple, modular and accessible component library // [Електронний ресурс]: <https://chakra-ui.com/>, Дата звернення: 13.05.2026.
2. Chou, Y. Actionable Gamification: Beyond Points, Badges, and Leaderboards. Octalysis Media, 2015. 514 с.
3. Kapp, K. M. The Gamification of Learning and Instruction: Game-based Methods and Strategies for Training and Education. Pfeiffer, 2012. 336 с.
4. React – A JavaScript library for building user interfaces // [Електронний ресурс]: <https://reactjs.org/>, Дата звернення: 13.05.2026.

*Сидоров Гліб Сергійович, студент ДУІКТ
Олейніков Іван Анатолійович, старший викладач ДУІКТ*

КОМПОНЕНТНИЙ ПІДХІД ДО АРХІТЕКТУРИ 2D ПЛАТФОРМЕРА В UNITY ЯК ОСНОВА СУЧАСНОЇ РОЗРОБКИ ІГОР

Постановка задачі. Сучасна розробка ігрових застосунків вимагає використання ефективних архітектурних підходів, які забезпечують гнучкість, масштабованість та простоту супроводу програмного продукту. Особливо це актуально для 2D платформерів, що характеризуються великою кількістю взаємодіючих ігрових об'єктів та складною ігровою логікою.

У традиційних підходах реалізації ігор часто виникає проблема жорсткої зв'язаності компонентів системи та складності розширення функціональності. У зв'язку з цим актуальним є використання компонентної архітектури, яка дозволяє будувати ігрові об'єкти як набір незалежних модулів.

Мета дослідження. Метою дослідження є аналіз та обґрунтування ефективності використання компонентного підходу при проєктуванні архітектури 2D платформера в Unity, а також визначення його впливу на масштабованість, повторне використання коду та зручність супроводу ігрового застосунку.

Результати дослідження. У ході дослідження встановлено, що компонентна архітектура Unity є базовим і водночас ефективним підходом до побудови ігрових систем, який ґрунтується на принципі композиції. Замість створення складних ієрархій класів, ігрові об'єкти формуються як набір незалежних компонентів, що дозволяє розділити відповідальність між окремими частинами системи та зменшити їх взаємозалежність.

Проаналізовано структуру 2D-платформера як програмного продукту, що містить велику кількість взаємодіючих об'єктів. До основних груп функціональності, які реалізуються через компоненти, віднесено: керування користувацьким вводом, фізичну взаємодію об'єктів із середовищем, обробку зіткнень, систему анімацій, а також ігрову логіку, що визначає правила поведінки персонажів та об'єктів.

Встановлено, що застосування компонентного підходу дозволяє формувати ігрові сутності як гнучкі конфігурації модулів. Це означає, що поведінка об'єкта визначається не його типом у класичній ієрархії, а набором підключених компонентів. Такий підхід значно спрощує модифікацію та розширення функціональності, оскільки зміни вносяться локально в межах окремого компонента.

Практичний аналіз показав, що реалізація базових механік 2D-платформера (рух, стрибок, взаємодія з платформами та тригерами) ефективно розподіляється між незалежними компонентами. Це забезпечує чітке розділення логіки та зменшує ризик виникнення помилок при зміні окремих частин системи.

Окремо встановлено, що компонентний підхід позитивно впливає на масштабованість проєкту. Додавання нових механік або типів об'єктів не потребує суттєвого перепроектування існуючої системи, оскільки новий функціонал може бути реалізований у вигляді додаткових компонентів або розширення вже існуючих. Це особливо важливо для платформерів, де часто виникає потреба у впровадженні нових ігрових елементів.

Визначено, що такий підхід значно покращує процес супроводу та тестування програмного продукту. Завдяки модульності коду спрощується локалізація помилок, а також перевірка окремих частин функціоналу без впливу на всю систему гри. Крім того, підвищується повторне використання коду, оскільки окремі компоненти можуть застосовуватися в різних ігрових об'єктах.

У результаті дослідження підтверджено, що компонентна модель Unity забезпечує ефективну організацію архітектури 2D платформера, підвищуючи гнучкість, масштабованість та підтримуваність програмного продукту.

Висновки та перспективи. В результаті проведеного дослідження встановлено, що компонентний підхід є ефективною основою для побудови архітектури 2D платформера в Unity. Його використання дозволяє формувати ігрові об'єкти як набір незалежних модулів, що забезпечує високу гнучкість системи та спрощує її подальший розвиток. Показано, що розподіл функціональності між компонентами сприяє зменшенню зв'язаності між частинами програми, підвищує структурованість коду та полегшує процес його супроводу. Завдяки цьому зміни в одній частині системи не потребують значних переробок інших її елементів. Практичні результати підтвердили, що компонентний підхід спрощує реалізацію ігрових механік, таких як рух персонажа, взаємодія з об'єктами та обробка подій, а також покращує масштабованість проєкту при додаванні нового функціоналу.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з удосконаленням архітектури шляхом впровадження Entity Component System (ECS), що дозволяє підвищити продуктивність при великій кількості ігрових об'єктів. Доцільним є дослідження інтеграції елементів штучного інтелекту для розширення поведінки ігрових персонажів та підвищення інтерактивності.

Список використаних джерел:

1. Unity Technologies, Physics 2D Reference // [Електронний ресурс]: <https://docs.unity3d.com/Manual/Physics2DReference.html>, Дата звернення: 19.05.2026

2. Fowler M., Patterns of Enterprise Application Architecture // [Електронний ресурс]: <https://martinfowler.com/books/ea.html>, Дата видання: 2002

*Теклюк Артем Олексійович, студент ДУІКТ
Гніденко Ірина Андріївна, старший викладач ДУІКТ*

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ГЕЙМЕРСЬКОЇ СПІЛЬНОТИ З ФУНКЦІЯМИ ПУБЛІКАЦІЇ КОНТЕНТУ ТА МОНІТОРИНГУ ІГРОВИХ ПОДІЙ

Сучасні онлайн-ігри формують великі цифрові спільноти, учасники яких активно взаємодіють між собою, обмінюються інформацією, публікують новини та створюють тематичний контент. Особливої популярності набувають веб-платформи, орієнтовані на підтримку геймерської спільноти, які забезпечують централізований доступ до ігрових подій, гайдів, новин та аналітичної інформації. У таких умовах актуальним є створення інформаційних систем, що дозволяють організувати ефективну взаємодію користувачів та забезпечити швидкий доступ до актуального контенту.

Використання сучасних веб-технологій дає можливість створювати інтерактивні платформи з адаптивним інтерфейсом, підтримкою персоналізації та інтеграцією із зовнішніми джерелами даних. Це дозволяє підвищити рівень залученості користувачів та забезпечити зручність використання системи.

Постановка задачі. Основною проблемою є відсутність єдиної інформаційної платформи, яка поєднує функції моніторингу ігрових подій, публікації контенту та підтримки взаємодії між учасниками геймерської спільноти. Інформація про турніри, оновлення та ігрові події часто розміщується на різних ресурсах, що ускладнює її пошук і використання.

Постає задача розробки інформаційної системи, яка забезпечує створення та публікацію контенту, моніторинг ігрових подій, пошук інформації та взаємодію користувачів через єдиний веб-інтерфейс. Важливими аспектами є забезпечення швидкодії системи, зручності інтерфейсу та можливості масштабування платформи.

Мета дослідження. Метою дослідження є розробка інформаційної системи підтримки геймерської спільноти з функціями публікації контенту та моніторингу ігрових подій, яка забезпечує централізований доступ до інформації та покращує взаємодію користувачів із платформою.

Результати дослідження. У ході дослідження було проаналізовано сучасні підходи до побудови веб-платформ для геймерських спільнот, визначено основні функціональні вимоги до системи та досліджено можливості використання сучасних веб-технологій для реалізації інтерактивного інтерфейсу.

У процесі роботи було розроблено структуру інформаційної системи, яка забезпечує публікацію новин, гайдів та іншого контенту, а також моніторинг ігрових подій. Реалізовано механізми взаємодії між користувачами, пошуку інформації та управління контентом. Отримані результати підтверджують

ефективність запропонованого підходу для підтримки геймерської спільноти. Як показано на рис. 23, система забезпечує взаємодію користувачів із контентом через функції перегляду новин, моніторингу турнірів, публікації матеріалів та коментування. Адміністратор системи виконує функції модерації та контролю контенту.

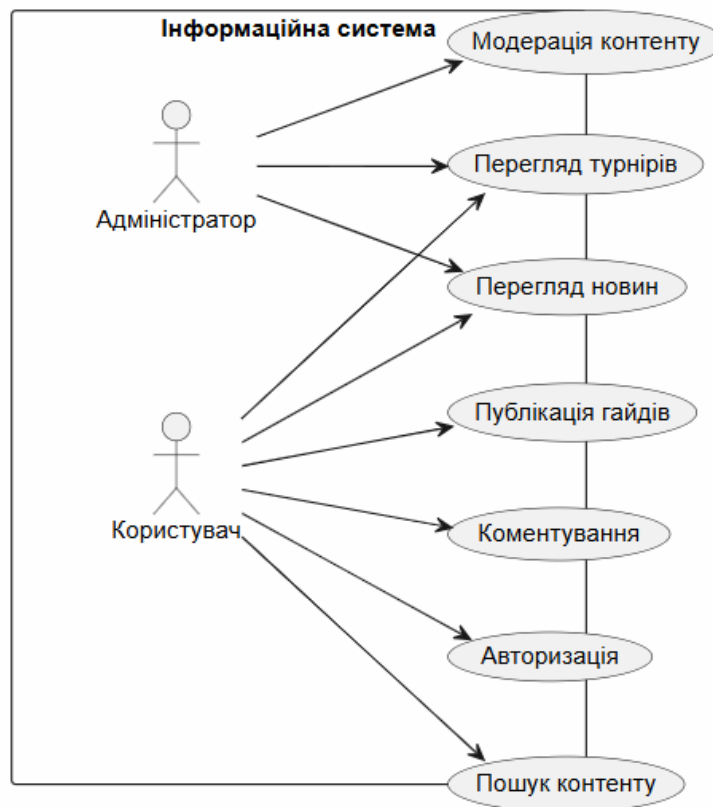


Рис. 23 UML-діаграма варіантів використання інформаційної системи підтримки геймерської спільноти

Висновки та перспективи. У результаті дослідження встановлено, що інформаційні системи підтримки геймерських спільнот є ефективним інструментом для централізації контенту та організації взаємодії між користувачами. Їх використання дозволяє покращити доступність інформації, підвищити рівень залученості аудиторії та забезпечити зручний доступ до ігрових подій.

Перспективи подальших досліджень полягають у впровадженні систем рекомендацій, інтеграції із зовнішніми ігровими сервісами, використанні технологій штучного інтелекту для персоналізації контенту, а також розширенні соціальних функцій платформи.

Список використаних джерел

1. React Documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://react.dev/> (дата звернення: 12.04.2026).
2. PostgreSQL Documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.postgresql.org/docs/> (дата звернення: 12.04.2026).
3. PandaScore. Esports API Documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://developers.pandascore.co/> (дата звернення: 12.04.2026).

РОЛЬ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В РОЗВИТКУ СУЧАСНОЇ ІНДУСТРІЇ ВІДЕОІГОР

Постановка задачі. Сучасна індустрія відеоігор перебуває на етапі технологічної трансформації, яка зумовлена переходом від класичних, жорстко запрограмованих алгоритмів штучного інтелекту (скінченних автоматів та дерев поведінки) до імплементації великих мовних моделей (LLM), малих мовних моделей (SLM), агентних мереж та систем процедурної генерації контенту на базі глибокого машинного навчання. Відтак, виникає гостра наукова та практична необхідність у систематизації розрізнених даних щодо фактичного стану впровадження ШІ в геймдев, оцінці його реального впливу на життєвий цикл розробки та прогнозуванні подальших векторів розвитку індустрії в умовах нових технічних та юридичних обмежень.

Мета дослідження. Метою даного дослідження є аналіз процесу інтеграції технологій генеративного штучного інтелекту (GenAI) та автономних агентних систем в індустрію відеоігор.

Результати дослідження. Впровадження GenAI фундаментально змінює 8-фазну модель розробки (GDLC). На етапі ідеації та препродакшену використовуються такі інструменти, як The Supermind Ideator для розробки наративу та системи на базі вузлової архітектури (наприклад, ComfyUI), які дозволяють створювати відтворювані конвеєри генерації тисяч концептуальних спрайтів (workflows as code), зберігаючи консистентність стилю. На етапі проектування та генерації асетів застосовуються спеціалізовані моделі: Cybever для швидкого прототипування 3D-світів, SketchMetaFace для генерації 3D-облич з ескізів, MarioGPT (налаштована версія GPT-2) та LLMaker для процедурної генерації рівнів із дотриманням правил прохідності. На етапі програмування та продакшену ШІ-асистенти (GitHub Copilot, SKCoder) прискорюють написання шаблонного коду (наприклад, JavaScript-серверів) на 55.8%. Моделі як Baichuan-7B застосовуються для чорнової генерації діалогів з урахуванням персони NPC, а BeatBot генерує фонову музику. Етап тестування (QA) також оптимізується: моделі GPT-3.5 успішно інтегруються в процеси Test-Driven Development (TDD) для автоматизації виявлення граничних випадків та багів. Проте також присутнє зростання енерговитрат: код, згенерований за допомогою GPT-4 Turbo, споживає вдвічі більше енергії порівняно з еталонним кодом, написаним людиною.

Інтеграція великих мовних моделей (LLM) безпосередньо в геймплей стикається з проблемами затримок (latency) та високих операційних витрат на API. Індустрія переорієнтовується на використання малих мовних моделей (SLM) для периферійних обчислень локально на ПК гравця (edge computing). Моделі розміром близько 4 мільярдів параметрів (Gemma 3, Qwen 3.5) споживають близько 3 ГБ відеопам'яті (VRAM), вступаючи в пряму конкуренцію з графічним рушієм за ресурси GPU. Для запобігання "галюцинаціям" та дотримання заданих умов використовується архітектура Retrieval-Augmented

Generation (RAG), яка дозволяє SLM звертатися до локальної бази даних гри. Використання формальних граматики для виклику інструментів (tool calls) гарантує, що модель видає результат у форматі JSON, зрозумілому рушію, хоча це додатково створює навантаження. Паралельно розвивається концепція "Світових моделей" (World Models) на базі латентної динаміки (на кшталт Genie 2), де агентні мережі створюють легкі ембединги поведінки гравця і "симулюють" різні тактичні результати перед прийняттям рішення, відмовляючись від маршрутизації за контрольними точками.

Соціологічне дослідження агенції Quantic Foundry (жовтень-грудень 2025 року, вибірка 1799 респондентів) виявило низький рівень сприйняття GenAI аудиторією. 85% респондентів продемонстрували ставлення нижче нейтрального, а 63% обрали варіант «Вкрай негативно», негатив щодо ШІ-згенерованих квестів зріс із 46% у 2024 році до 77% у 2025 році, а щодо діалогів до 83%. Аналіз мотивацій показав, що гравці, орієнтовані на сюжет та дизайн (кореляція $r = -0.12$), категорично відкидають ШІ, тоді як гравці, мотивовані Прогресією та гриндом ($r = 0.15$), ставляться до нього більш толерантно. Жінки, небінарні особи та підлітки (13-17 років, лише 3% позитиву) є найрадикальнішими противниками технології. Ринковий досвід 2024-2026 років підтверджує ці дані. Ігри, які намагалися замінити класичний наратив ШІ-чатботами, зазнали фіаско: у *Where Winds Meet* NPC радив гравцям смажити картоплю з кетчупом в епоху династії Сун; у *The Quinfall* квести генерувалися із 4-секундною затримкою; озвучку ШІ-Дарта Вейдера у *Fortnite* за кілька годин змусили використовувати ненормативну лексику. Успішними стали лише ті інді-проекти (*Death by AI*, *Mage Arena* з 91% позитивних відгуків), де генерація є стрижневою ігровою механікою, а не спробою симулювати живого письменника. Альтернативою є "невидимий ШІ" (Adaptive AI), що непомітно регулює складність, балансує економіку та утримує гравця у стані "потoku" (flow state) за моделлю Ломаса (Lomas et al., 2017) без використання текстової генерації.

Висновки та перспективи. Штучний інтелект остаточно закріпив за собою статус потужного допоміжного інструмента, що оптимізує етапи програмування, тестування та ідеації, проте він виявився функціонально неспроможним виступати в ролі автономного генератора кінцевого творчого продукту. Розробники активно чинять опір заміні креативного процесу машинною генерацією, а абсолютна більшість аудиторії (до 85%) категорично відкидає наявність видимого ШІ-контенту в релізах, розцінюючи його як свідчення низької художньої цінності. Технічний вектор розвитку індустрії неминуче зміщуватиметься від хмарних LLM у бік локальних SLM (Edge AI), посилених архітектурою RAG, та створення "невидимих" Світових моделей (World Models), що модулюють адаптивну складність та поведінку NPC без прямої текстової генерації. Здобуття незалежності від мережових затримок ціною високих вимог до відеопам'яті стане головним інженерним викликом наступних років. Водночас епоха неконтрольованих експериментів завершилася: індустрія переходить до ери жорсткого комплаєнсу.

Список використаних джерел:

1. AI in Games Market Research Report 2034 - Dataintelo // [Електронний

ресурс]:<https://dataintel.com/report/ai-in-games-market>, Дата звернення: 29.04.2026

2. The International Security and Military Implications of Agentic AI // [Електронний ресурс]: https://www.gcsp.ch/sites/default/files/2026-04/GP-2026_37_Rickli%20Knappe_The%20International%20Security%20and%20Military%20Implications%20of%20Agentic%20AI%3Bdigital.pdf, Дата звернення: 10.05.2026

3. NVIDIA ACE for Games - NVIDIA Developer // [Електронний ресурс]: <https://developer.nvidia.com/ace-for-games>, Дата звернення: 02.05.2026

4. Adaptive AI in Games: How Games Learn From You - HP® Tech Takes // [Електронний ресурс]: <https://www.hp.com/us-en/shop/tech-takes/adaptive-ai-in-games-explained>, Дата звернення: 07.05.2026

СЕКЦІЯ 7. СУЧАСНІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ В УКРАЇНІ І СВІТІ

*Андрюшин Ілля Геннадійович, студент
Київський столичний університет імені Бориса Грінченка
Абрамов Вадим Олексійович, к.т.н., доцент
Київський столичний університет імені Бориса Грінченка*

3D-МОДЕЛЮВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ІНТЕР'ЄРУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ VR-ТЕХНОЛОГІЙ

Постановка задачі. Сучасний дизайн інтер'єру вимагає високого ступеня візуалізації та інтерактивності. Традиційні методи 2D-планування та статичної 3D-візуалізації не дають повного відчуття простору та масштабу. Виникає необхідність впровадження технологій віртуальної реальності (VR), які дозволяють користувачеві «зануритися» у майбутній інтер'єр ще на етапі проектування.

Мета дослідження. Аналіз особливостей створення 3D-моделей меблів та декору, інтеграція цих об'єктів у VR-середовище та дослідження переваг використання VR для оцінки ергономіки та естетики інтер'єру.

Результати дослідження. Процес тривимірного моделювання об'єктів інтер'єру з інтеграцією у середовище віртуальної реальності базується на послідовному виконанні кількох взаємопов'язаних технологічних етапів. На початковій стадії здійснюється створення високополігональних моделей у спеціалізованих програмних пакетах тривимірної графіки, таких як Blender або 3ds Max, що дозволяє досягти максимальної деталізації елементів. Наступним критично важливим кроком є оптимізація та ретопологія отриманої геометрії, оскільки для забезпечення стабільної частоти кадрів на рівні понад дев'яносто кадрів на секунду у VR-шоломах необхідно суттєво зменшувати кількість полігонів із повним збереженням первинної візуальної якості. Реалістичність відображення поверхонь забезпечується на етапі текстурування та запікання карт світла із залученням фізично коректного рендерингу матеріалів, після чого готові оптимізовані об'єкти імпортуються в ігрові рушії Unity або Unreal Engine для формування фінального інтерактивного імерсивного простору.

Впровадження VR-технологій у сферу дизайну інтер'єрів має низку суттєвих переваг порівняно з класичною двовимірною або статичною тривимірною візуалізацією. Перш за все, імерсивний підхід вирішує проблему масштабованості, надаючи користувачеві унікальну можливість відчувати реальні фізичні габарити меблів, об'єм приміщення та точні відстані між об'єктами. Високий рівень інтерактивності дозволяє людині безпосередньо у реальному часі взаємодіяти із середовищем, миттєво змінюючи колір стін, текстуру оббивки або здійснюючи перепланування та пересування елементів інтер'єру. У практичному та економічному вимірі це забезпечує значне скорочення фінансових витрат, оскільки будь-які конструктивні чи стилістичні помилки у дизайні виявляються та усуваються ще на етапі віртуального проектування до закупівлі реальних

будівельних матеріалів і меблів. Подібно до того, як мова програмування Python спрощує розробку аналітичних алгоритмів завдяки великій кількості готових бібліотек, сучасні VR-фреймворки, зокрема SteamVR або Oculus SDK, надають розробникам потужний інструментарій для швидкої та ефективної реалізації складних механік просторової взаємодії в імерсивному середовищі.

Висновки та перспективи. Використання VR у 3D-моделюванні інтер'єрів значно підвищує якість презентації проектів та взаємодію з клієнтом. У майбутньому очікується розвиток хмарного рендерингу, що дозволить запускати складні VR-сцени навіть на мобільних пристроях, роблячи технологію ще доступнішою.

Список використаних джерел:

1. Бичков С. О., Волошина Т. В. Сучасні технології тривимірного моделювання та візуалізації в дизайні інтер'єру. Технічна естетика і дизайн. 2021. Вип. 19. С. 45–52. DOI: <https://doi.org/10.32347/2221-9293.2021.19.45-52>

2. Скакун В. А., Лещенко О. М. Особливості оптимізації тривимірних геометрій та ретопології для інтерактивних застосунків віртуальної реальності (VR). Комп'ютерна графіка та інформаційні технології : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Київ : КНУБА, 2023. С. 112–115. URL: <http://library.knuba.edu.ua/node/38422> (дата звернення: 11.05.2026). — Електронні дані.

3. Шевченко О. В. Інтеграція PBR-текстурування та рушіїв Unity і Unreal Engine у системах архітектурної візуалізації. Вісник Харківської державної академії дизайну і мистецтв. 2022. № 2. С. 89–96. DOI: <https://doi.org/10.33625/vhad2022.02.089>

4. Інноваційні технології віртуальної (VR) та доповненої (AR) реальності в архітектурному проектуванні : навч. посіб. / за ред. М. І. Петренка. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2020. 210 с.

Антипенко Сергій Вікторович, студент ДУІКТ

Чичур Андрій Іванович, к.т.н., доцент ДУІКТ

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ РОЗРОБКИ TELEGRAM-БОТІВ ДЛЯ ОБЛІКУ ОСОБИСТИХ ФІНАНСІВ

У сучасних умовах розвитку суспільства особливого значення набувають інформаційні системи та технології для автоматизації обліку особистих фінансів. Активний розвиток цифрових технологій, поширення безготівкових розрахунків, мобільного банкінгу та електронної комерції зумовлюють необхідність ефективного управління фінансовими ресурсами. Користувачі щоденно здійснюють значну кількість фінансових операцій, що потребує зручних інструментів для їх фіксації, аналізу та контролю.

Постановка задачі. Проаналізувати ринок сучасних технологій для розробки простих і зручних інструментів для автоматизованого обліку особистих фінансів.

Мета дослідження. Оцінити сучасний стан ринку ІТ технологій в галузі розробки Telegram-ботів для систем обліку особистих фінансів, а також визначити їх переваги та недоліки.

Результати дослідження. Досліджено застосування Telegram-ботів для систем обліку особистих фінансів, визначено, що використання чат-ботів, інтегрованих у популярні месенджери мають неабияку перспективу: швидкість розгортання, простоту створення та, відносно, дешевизну. Такий підхід дозволяє реалізувати взаємодію користувача із системою у вигляді діалогу, що значно спрощує процес введення та отримання інформації. Telegram-боти є одними з найбільш популярних рішень завдяки відкритому API, підтримці різних мов програмування та широким можливостям інтеграції. Вони забезпечують швидку обробку запитів, підтримку інтерактивних елементів (кнопок, меню), а також можливість створення складних сценаріїв взаємодії з користувачем [1, 3].

Суттєвою перевагою чат-ботів є їх здатність забезпечувати безперервну роботу та доступ до функціоналу системи незалежно від часу і місця. Крім того, вони дозволяють реалізувати персоналізований підхід до користувача, враховуючи його поведінкові особливості та фінансові звички. Це підвищує ефективність використання системи та сприяє формуванню фінансової дисципліни.

Разом з тим, традиційні програмні засоби обліку фінансів часто мають складний інтерфейс, що потребує додаткового навчання користувача. Надмірна кількість функцій і складна навігація можуть ускладнювати процес введення даних, що негативно впливає на регулярність ведення обліку. У зв'язку з цим актуальним є створення більш простих і інтуїтивно зрозумілих систем.

Одним із ключових елементів розробки таких систем є вибір технологій програмування. Мова Python широко використовується для створення Telegram-ботів завдяки простоті синтаксису, наявності великої кількості бібліотек і активній спільноті розробників. Зокрема, використання асинхронних бібліотек дозволяє значно підвищити продуктивність системи. Асинхронне програмування забезпечує ефективну обробку великої кількості запитів без блокування основного потоку виконання, що є критично важливим для чат-ботів [4].

Не менш важливим аспектом є організація зберігання даних. Реляційні бази даних забезпечують структуроване представлення інформації та підтримують механізми забезпечення цілісності даних. Використання сучасних систем керування базами даних дозволяє реалізувати складні запити, забезпечити безпечний доступ до інформації та підтримувати масштабованість системи. Це особливо важливо при зростанні кількості користувачів і обсягів даних.

Додатково важливою складовою є забезпечення безпеки даних. Оскільки фінансова інформація є конфіденційною, необхідно використовувати механізми автентифікації, шифрування даних і захисту від несанкціонованого доступу. Використання сучасних протоколів безпеки та дотримання принципів захисту інформації є обов'язковими умовами при розробці таких систем.

Окрім базового функціоналу, сучасні інформаційні системи повинні включати інструменти аналізу даних. Використання методів аналізу дозволяє визначати структуру витрат, виявляти закономірності та формувати рекомендації щодо оптимізації бюджету. Це сприяє підвищенню фінансової грамотності користувачів і допомагає приймати більш обґрунтовані рішення [2].

Важливим елементом є також візуалізація даних. Графіки, діаграми та інші засоби відображення інформації дозволяють швидко оцінити фінансовий стан користувача, виявити тенденції та прийняти відповідні рішення. Візуалізація значно покращує сприйняття інформації та підвищує ефективність взаємодії з системою.

Крім того, перспективним напрямом розвитку є інтеграція чат-ботів із зовнішніми сервісами, такими як банківські API, платіжні системи та аналітичні платформи. Це дозволяє автоматизувати процес отримання даних про фінансові операції та зменшити необхідність ручного введення інформації. У майбутньому такі системи можуть використовувати елементи штучного інтелекту для прогнозування витрат і надання персоналізованих рекомендацій.

Висновки та перспективи. Проведений аналіз підтверджує, що сучасні функціональні вимоги до систем обліку персонального капіталу, які охоплюють оперативність введення даних, гнучкість категоріальної фільтрації та високий рівень захисту інформації, повною мірою реалізуються за допомогою архітектурних можливостей платформи Telegram. Легка інтеграція Telegram-ботів із сучасними мовами програмування, реляційними та нереляційними базами даних, а також передовими методами інтелектуального аналізу часових рядів є економічно та технологічно ефективним підходом до автоматизації контролю особистих фінансів. Спроектowana у такий спосіб безсерверна або хмарна інфраструктура дозволяє створити кросплатформену, інтуїтивно зрозумілу та високодоступну екосистему, яка повністю відповідає повсякденним вимогам кінцевих користувачів щодо швидкості фіксації витрат і сприяє суттєвому підвищенню загальної фінансової грамотності та ефективності менеджменту індивідуальних ресурсів.

Перспективи подальшого розвитку дослідження пов'язані з розширенням аналітичного та інтелектуального інструментарію розроблених рішень. Пріоритетним науково-практичним вектором є впровадження алгоритмів машинного навчання для предиктивного прогнозування щомісячних витрат користувача на основі ретроспективних статистичних даних, а також автоматичне розпізнавання і класифікація категорій покупок через аналіз сканованих фотографій фіскальних чеків за допомогою технологій оптичного розпізнавання символів (OCR).

Окрім цього, важливим кроком є модернізація користувацького інтерфейсу шляхом ширшого впровадження механізмів Telegram Web Apps, що дозволить інтегрувати повноцінні інтерактивні графіки, дашборди та кастомні форми безпосередньо у вікно месенджера. З метою підвищення рівня кібербезпеки та конфіденційності планується розробка додаткових протоколів наскрізного шифрування локальних фінансових журналів та інтеграція архітектури бота з відкритими API-інтерфейсами сучасних банківських установ для автоматичної

синхронізації транзакцій у реальному часі без необхідності ручного введення даних.

Список використаних джерел:

1. Adamopoulou E., Moussiades L. An Overview of Chatbot Technology. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*. Cham, 2020. С. 373–383. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-49186-4_31 (дата звернення: 10.05.2026).
2. Dhar V. Data science and prediction. *Communications of the ACM*. 2013. Т. 56, № 12. С. 64–73. URL: <https://doi.org/10.1145/2500499> (дата звернення: 10.05.2026).
3. Følstad A., Brandtzæg P. B. Chatbots and the new world of HCI. *Interactions*. 2017. Т. 24, № 4. С. 38–42. URL: <https://doi.org/10.1145/3085558> (дата звернення: 10.05.2026).
4. The DeLone and McLean Model of Information Systems Success: A Ten-Year Update. *Journal of Management Information Systems*. 2003. Т. 19, № 4. С. 9–30. URL: <https://doi.org/10.1080/07421222.2003.11045748> (дата звернення: 10.05.2026).

*Асмолов Сергій Олександрович, студент ДУІКТ
Поперешняк Світлана Володимирівна, к.т.н., доцент
Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського*

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ В УМОВАХ ВІЙНИ: УКРАЇНСЬКИЙ ДОСВІД ТА ГЛОБАЛЬНІ ІННОВАЦІЇ

Постановка задачі. У сучасних війнах інтелектуальні технології змінюють підходи до управління, безпеки та обробки інформації, а для України їх застосування є ключовим для зміцнення обороноздатності й безперервності управління. Водночас світові тенденції демонструють швидкий розвиток ШІ, безпілотних систем і цифрових платформ, що формують нові стандарти ведення бойових дій і управління ресурсами.

Мета дослідження. Метою роботи є аналіз ролі інтелектуальних технологій у воєнних умовах, визначення особливостей їх застосування в Україні та порівняння з глобальними тенденціями розвитку.

Результати дослідження. Штучний інтелект є ключовим інструментом обробки та аналізу великих обсягів інформації, що підвищує ефективність прийняття рішень. Його застосування забезпечує автоматизований аналіз мультимедійних даних, виявлення закономірностей та встановлення зв'язків між об'єктами.

У правоохоронній діяльності такі технології підвищують якість розслідувань, зменшують кількість помилок і скорочують витрати часу. Аналогічні підходи застосовуються і у воєнній сфері, де ШІ забезпечує ситуаційну обізнаність, оптимізацію логістики, аналіз розвідувальних даних та підтримку військового управління.

У воєнних конфліктах значення ШІ зростає, оскільки він підвищує ситуаційну обізнаність, оптимізує логістику та підтримує управління,

забезпечуючи аналіз розвідданих, прогнозування, кіберзахист і координацію дій [1].

Системи штучного інтелекту підвищують ефективність використання ресурсів і зменшують навантаження на персонал, хоча потребують належного регулювання та підготовки фахівців. У воєнних умовах їх роль зростає завдяки здатності покращувати ситуаційну обізнаність, оптимізувати логістику та підтримувати управління. ШІ використовується для аналізу розвідувальних даних, прогнозування подій, кіберзахисту та координації дій у режимі реального часу. Важливим напрямом є інтеграція дронів і сенсорних систем, які забезпечують оперативний збір і передачу інформації. Їх застосування дозволяє проводити розвідку та моніторинг у небезпечних зонах без ризику для особового складу (рис. 24).

Сенсорні системи, інтегровані з безпілотними платформами, формують розподілені мережі збору інформації. До їх складу входять тепловізійні камери, акустичні датчики, GPS-модулі та інші вимірювальні пристрої. Зібрані дані передаються до центрів обробки, де із застосуванням алгоритмів штучного інтелекту здійснюється їх аналіз, фільтрація та узагальнення, що забезпечує підвищення точності інформації.



Рис. 24 Інформаційний цикл роботи дронів і сенсорів

Важливою перевагою таких систем є безперервний моніторинг території в реальному часі, що дозволяє оперативно виявляти зміни обстановки, прогнозувати розвиток подій та мінімізувати затримки між отриманням інформації і реагуванням. Інтеграція дронів із аналітичними системами (рис. 25) на основі ШІ забезпечує зниження впливу людського фактора та оптимізацію процесів управління [2, С. 125–127].

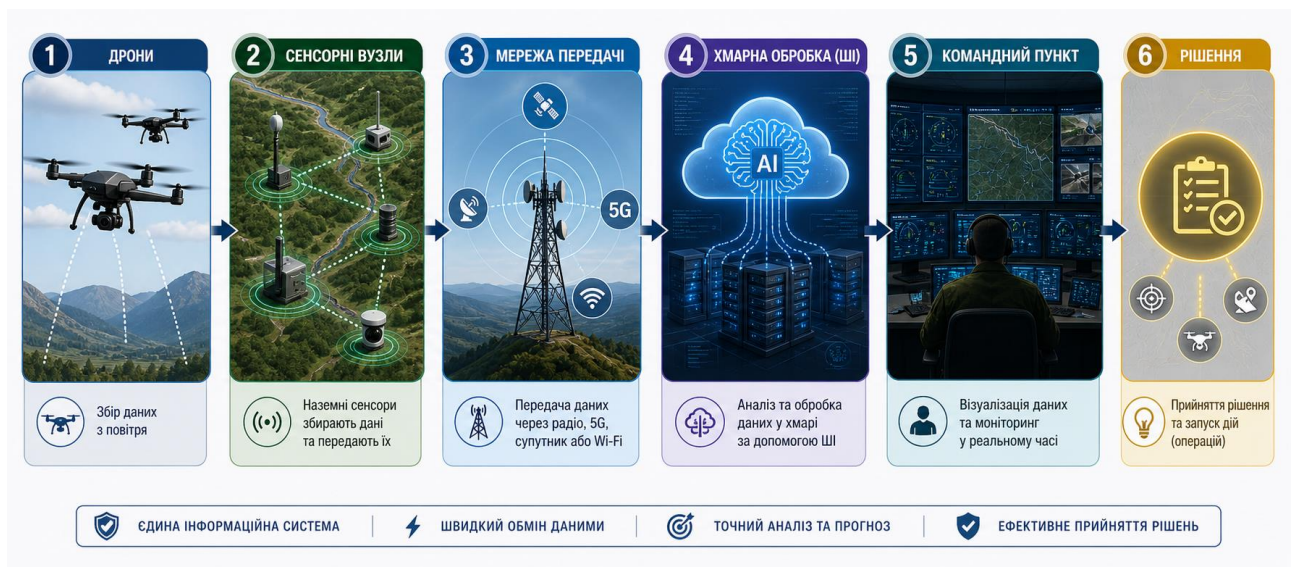


Рис. 25 Архітектура сенсорної мережі

Отже, поєднання технологій штучного інтелекту, безпілотних платформ і сенсорних мереж формує нову модель ведення війни, в якій ключовим ресурсом є інформація та швидкість її обробки.

В умовах воєнного стану цифрові платформи забезпечують стійкість державного управління та безперервність публічних послуг, формуючи інтегроване середовище взаємодії між державою, громадянами й іншими суб'єктами та переводячи адміністративні процеси у дистанційний формат, що підвищує ефективність управління і зменшує залежність від фізичної інфраструктури.

В українському контексті цифровізація державного управління в умовах війни набуває особливого значення, оскільки забезпечує стабільність функціонування інституцій та оперативне реагування на кризові виклики. Зокрема, цифрові сервіси активно застосовуються для надання адміністративних послуг, координації гуманітарної допомоги та інформування населення, що сприяє підвищенню прозорості, доступності та ефективності публічного управління [3].

Висновки та перспективи. Аналіз використання інтелектуальних технологій у воєнних умовах свідчить про наявність як спільних рис, так і суттєвих відмінностей між українським досвідом і глобальними тенденціями. В Україні впровадження технологій відбувається в умовах реальних бойових дій, що зумовлює високу швидкість адаптації рішень, їх практичну спрямованість та орієнтацію на оперативне досягнення результату.

Натомість у світовій практиці розвиток інновацій здебільшого має системний і довгостроковий характер, з акцентом на наукові дослідження, масштабування та створення автономних високотехнологічних систем.

Український досвід характеризується високою швидкістю адаптації технологій та ефективним використанням наявних ресурсів у критичних умовах. Це сприяє швидкому впровадженню інновацій та їх перевірці в реальному середовищі. Водночас світові підходи орієнтовані на довгостроковий розвиток інновацій, створення автономних систем і масштабованих цифрових екосистем,

що забезпечують стабільність і універсальність застосування технологій у різних сферах.

Інтелектуальні технології підвищують ефективність військових операцій, забезпечуючи точний аналіз даних і швидке прийняття рішень. Україна демонструє високу адаптивність цих рішень у складних умовах, що підтверджує їх практичну ефективність.

Список використаних джерел:

1. Зачек О. І. Роль штучного інтелекту в підвищенні ефективності правоохоронної діяльності [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://dspace.lvduvs.edu.ua/bitstream/1234567890/5945/1/19.pdf> – Дата звернення: 03.05.2026.

2. Вельможна Д. С., Руднєв Д. В. Використання дронів та технічних засобів у тактико-спеціальній підготовці під час воєнного стану // Здобутки та досягнення прикладних та фундаментальних наук XXI століття : матеріали наук. конф. – Дніпро : МЦНД, 2025.

3. Редзюк В., Дармостук Д. Цифрові платформи для надання державних послуг: досвід України та світу // *Публічне управління: концепції, парадигма, розвиток, удосконалення*. 2024. № 9. С. 168–175. URL: <https://pa.journal.in.ua/index.php/pa/article/view/167> (дата звернення: 03.05.2026).

4. OECD. Enhancing resilience by boosting digital business transformation in Ukraine. Paris: OECD Publishing, 2024. URL: https://www.oecd.org/en/publications/enhancing-resilience-by-boosting-digital-business-transformation-in-ukraine_4b13b0bb-en.html (дата звернення: 03.05.2026).

*Бандура Артем Ігорович, студент ДУІКТ
Шукула Олена Миколаївна, д. ф.-м.н., професор ДУІКТ*

РОЗРОБКА TELEGRAM-БОТА ДЛЯ ОБЛІКУ КЛІЄНТІВ МАЛОГО БІЗНЕСУ НА ОСНОВІ PYTHON

Постановка задачі. У сучасних умовах розвитку малого бізнесу важливим завданням є ефективний облік клієнтів та автоматизація процесів взаємодії з ними. Багато підприємців стикаються з проблемами збереження інформації про клієнтів, обробки запитів та контролю історії взаємодії. Telegram-боти є зручним інструментом для вирішення цих задач, оскільки дозволяють автоматизувати спілкування з клієнтами, зменшити навантаження на персонал та забезпечити швидкий доступ до інформації. Вони можуть виконувати функції реєстрації клієнтів, збору даних, нагадувань та ведення бази клієнтів. Таким чином, розробка Telegram-бота для обліку клієнтів є актуальним завданням, яке дозволяє підвищити ефективність управління малим бізнесом.

Мета дослідження. Метою даної роботи є розробка Telegram-бота на мові програмування Python, який забезпечує автоматизований облік клієнтів малого бізнесу та спрощує взаємодію з ними. У процесі дослідження передбачається створення програмного рішення, яке дозволяє збирати, зберігати та обробляти

дані про клієнтів у зручному форматі. Розроблений бот має забезпечити можливість швидкого доступу до інформації, її оновлення та використання для подальшого аналізу. Очікується, що впровадження такого інструменту дозволить зменшити навантаження на персонал, оптимізувати бізнес-процеси та підвищити рівень обслуговування клієнтів.

Результати дослідження. У ході виконання роботи було розроблено Telegram-бота на мові програмування Python. Для реалізації взаємодії з платформою Telegram використано Telegram Bot API у поєднанні з фреймворком Aiogram, який забезпечує асинхронну обробку повідомлень та високу продуктивність системи. Бот реалізує функціонал реєстрації клієнтів, збір та збереження їхніх контактних даних, а також забезпечує можливість перегляду інформації та пошуку за заданими параметрами. Для зберігання даних використано реляційну базу даних, що дозволяє ефективно організувати структуру інформації та забезпечити її цілісність. Взаємодія з базою даних реалізована через ORM, що спрощує процес розробки та зменшує ймовірність виникнення помилок. Розроблений бот може бути використаний у різних сферах малого бізнесу, таких як сфера послуг, торгівля чи онлайн консультації, забезпечуючи автоматизацію обліку клієнтів та покращення комунікації.

Висновки та перспективи. Результатом виконаної роботи є розробка Telegram-бота, який забезпечує автоматизований облік клієнтів малого бізнесу та сприяє підвищенню ефективності роботи підприємств. Використання такого програмного рішення дозволяє значно скоротити час на обробку інформації, зменшити кількість помилок та покращити якість обслуговування клієнтів. Розроблений бот має гнучку структуру та може бути адаптований під потреби конкретного бізнесу. Перспективами подальшого розвитку є інтеграція з CRM-системами, розширення функціоналу за рахунок додавання аналітики, впровадження системи нагадувань та використання додаткових сервісів для автоматизації бізнес-процесів.

Список використаних джерел:

1. Aiogram Documentation. [Електронний ресурс]. URL: <https://docs.aiogram.dev/>
2. Python Official Documentation. [Електронний ресурс]. URL: <https://docs.python.org/3/>

*Богуславець Владислав Анатолійович, студент ДЦІКТ
Шукула Олена Миколаївна, д.ф.-м.н., професор ДУІКТ*

РОЗРОБКА САЙТУ ФІРМИ З ОРГАНІЗАЦІЇ ПОДОРОЖЕЙ НА JAVASCRIPT

Постановка задачі. У сучасних умовах виникає об'єктивна необхідність створення вебсайту туристичної фірми як основного інструменту представлення її діяльності в мережі Інтернет. Вебресурс виступає не лише засобом інформування потенційних клієнтів про перелік послуг, а й ефективною

платформою для комунікації, просування та реалізації туристичного продукту. Особливо актуальним створення сайту є в умовах обмеженого фізичного доступу до офлайн-офісів, що характерно для періоду воєнного стану. Наявність функціонального та зручного вебсайту дозволяє туристичній фірмі забезпечити безперервність взаємодії з клієнтами, підвищити рівень довіри до бренду та розширити географію надання послуг.

Мета дослідження. Метою даного дослідження є розробка сайту туристичної фірми, що буде сприяти підвищенню ефективності її діяльності та покращенню якості обслуговування клієнтів. Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання: виявити особливості туристичного ринку як динамічної економічної системи, здійснити огляд сучасних інформаційних технологій в туристичній індустрії; розглянути наявні сайти туристичних фірм, виявити їх переваги та недоліки; сформулювати вимоги до власного створюваного сайту; розробити сайт фірми, що спеціалізується на наданні послуг з туристичного бізнесу.

Результати дослідження. Вивчено особливості туристичного ринку як динамічної економічної системи та зроблено огляд сучасних інформаційних технологій в туристичній індустрії. Проаналізовано сайти турагенцій та виявлено переваги та недоліки цих сайтів.

За допомогою технологій HTML, CSS, JavaScript для створення клієнтської частини та технологій Node.js, AJAX, СКБД MySQL для створення серверної частини розроблений сайт фірми з організації подорожей.

Вебсайт забезпечує користувачеві комфортну взаємодію з інтерфейсом і надає доступ до ключової інформації щодо діяльності компанії. Ресурс має адаптивну верстку, що гарантує коректне відображення матеріалів на пристроях із різними розмірами екранів — від персональних комп'ютерів до смартфонів.

Завдяки впровадженню сучасних вебтехнологій реалізовано ряд інтерактивних рішень, зокрема: динамічну анімацію числових показників, що робить сторінку більш живою; ефекти підсвічування при наведенні курсора, які підвищують зручність користування; плавну навігацію між розділами через фіксоване меню; використання паралакс-ефекту, який створює відчуття глибини та покращує візуальне сприйняття.

Структура ресурсу дозволяє користувачеві швидко отримати потрібну інформацію: від загального ознайомлення з компанією та її послугами до перегляду фотоматеріалів, спеціальних пропозицій, відгуків клієнтів і контактів.

Функціональність сайту не обмежується інформуванням — він також слугує засобом комунікації. Завдяки формі зворотного зв'язку користувач може надіслати звернення, поставити запитання або висловити побажання, а також оформити підписку на новинні розсилки. Таким чином, сайт виступає повноцінним цифровим представництвом компанії.

Практична значущість створеного вебресурсу полягає у формуванні ефективного каналу комунікації, який надає можливість компанії: просувати власні послуги та підвищувати впізнаваність бренду; нарощувати кількість замовлень і розширювати клієнтську аудиторію; зміцнювати позиції на

туристичному ринку; зменшувати витрати на рекламу та підвищувати загальну ефективність бізнесу.

Висновки та перспективи. У результаті виконаної роботи створено сучасний вебсайт, який поєднує інформативність, функціональність і привабливий зовнішній вигляд, та орієнтований на туристичну компанію.

Отже, розроблений ресурс можна розглядати як приклад ефективного адаптивного вебрішення, що забезпечує зручність користування й естетичну цілісність. Подальше вдосконалення може передбачати розширення функціональних можливостей, покращення користувацького інтерфейсу та впровадження нових сервісів для підвищення якості обслуговування клієнтів.

Список використаних джерел:

1. Тищенко С.В., Антоневська К.О. Огляд сучасних інформаційних технологій в туристичній індустрії. Туризм: міжнародний досвід та національні пріоритети : матеріали III Всеукр. наук.-практ. інтернет-конференція (м. Житомир, 10-11 квітня 2024 р.). Житомир : Поліський національний університет, 2024. С. 174-177.

2. Node.js Documentation – Офіційна документація Node.js. [Електронний ресурс]. URL: <https://nodejs.org/en/docs/>

*Бондаренко Дарина Вадимівна, студентка ДУІКТ
Гніденко Ірина Андріївна, старший викладач ДУІКТ*

ВПРОВАДЖЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБІГУ

Постановка задачі. Цифровізація управлінських процесів в Україні поступово змінює підходи до організації роботи з інформацією. Одним із ключових напрямів таких змін є відмова від паперових документів та перехід до електронного документообігу. Станом на сьогодні у багатьох організаціях документообіг все ж ще супроводжується затримками, дублюванням інформації та складністю контролю виконання завдань.

На практиці видно, що навіть базові операції, наприклад погодження або передача документа між підрозділами, можуть займати багато часу. Особливо у тих ситуаціях, коли до процесу залучено кілька виконавців з різних підрозділів, виникає додаткове навантаження, пов'язане з координацією дій та відстеженням статусу документа. Це значною мірою ускладнює процес погодження документів, прийняття управлінських рішень і знижує загальну ефективність роботи організації в цілому.

Сучасні системи електронного документообігу частково вирішують ці проблеми, адже вони забезпечують централізоване зберігання даних та доступ до них. Проте більшість із них обмежується виконанням стандартних функцій та не використовує інтелектуальний аналіз даних. У результаті чого користувач залишається сам на сам із великим обсягом інформації без доступних інструментів її оцінки та прогнозування.

У зв'язку з цим актуальним стає впровадження інтелектуальних технологій у СЕД, які дозволять не лише автоматизувати роботу з документами, а й аналізувати процеси, виявляти ризики та формувати певні рекомендації для користувача.

Мета дослідження. Метою роботи є розробка та дослідження веб-застосунку електронного документообігу з елементами інтелектуального аналізу даних. В межах роботи передбачалося: реалізувати клієнт-серверну архітектуру застосунку; організувати взаємодію між клієнтською та серверною частинами; використати Node.js для побудови серверної логіки; забезпечити зберігання даних за допомогою PostgreSQL; дослідити можливість інтеграції механізмів аналізу даних для оцінки навантаження користувача та контролю строків виконання. Окремий акцент зроблено на тому, як саме такі інструменти впливають на зручність роботи та швидкість виконання завдань.

Результати дослідження. У процесі виконання роботи було створено веб-застосунок електронного документообігу, який забезпечує повний базовий цикл роботи з документами: створення, редагування, передача на погодження та підписання.

Архітектура системи побудована за клієнт-серверною моделлю. Серверна частина реалізована з використанням Node.js та Express.js, що дозволило організувати обробку HTTP-запитів і побудувати гнучке API. Для зберігання даних використано PostgreSQL, що забезпечує структурованість та надійність роботи з інформацією.

Такий підхід спростив реалізацію функціоналу і зробив застосунок більш гнучким для подальшого розширення.

Авторизація користувачів реалізована за допомогою JWT, що дозволяє контролювати доступ до функціоналу системи. Робота з файлами організована через бібліотеку `multer`, а взаємодія між клієнтом і сервером — із використанням `Fetch API`.

Ключовою особливістю розробленого рішення є інтеграція елементів інтелектуального аналізу, які дають змогу оцінювати стан документів, відстежувати дедлайни та визначати потенційні ризики.

Це дозволяє не лише автоматизувати самі процеси роботи з документами, а й підтримувати користувача під час прийняття рішень. При використанні на практиці це проявляється у зменшенні кількості помилок та більш ефективному розподілі часу.

Висновки та перспективи. Проведене дослідження підтверджує, що поєднання електронного документообігу із інтелектуальними технологіями відкриває нові можливості для оптимізації управлінських процесів. Використання таких підходів дозволяє: підвищити швидкість обробки документів; зменшити навантаження на користувача; покращити контроль за виконанням завдань; підвищити якість прийняття управлінських рішень. Розроблений застосунок демонструє, що інтеграція інтелектуальних механізмів може бути реалізована вже на базовому рівні системи.

Подальший розвиток доцільно пов'язати з використанням методів машинного навчання, що дозволить підвищити точність прогнозування,

адаптивність системи до поведінки користувачів та автоматично оптимізувати робочі процеси.

Список використаних джерел

1. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. *Deep Learning*. MIT Press. 2016.
2. Fielding R. T. *Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures*. 2000.
3. Tilkov S., Vinoski S. *Node.js: Using JavaScript to Build High-Performance Network Programs*. IEEE, 2010.
4. Закон України «Про електронні документи та електронний документообіг» № 851-IV від 22.05.2003 р.

*Бровченко Тетяна Яківна, студентка ДУІКТ
Бученко Ігор Анатолійович, старший викладач ДУІКТ*

ОГЛЯД СУЧАСНИХ ПРОТОКОЛІВ СИНХРОНІЗАЦІЇ ЧАСУ В AUDIO OVER IP: NTP ТА RTP

Постановка задачі. Перехід від аналогової комутації до пакетної передачі даних в системах озвучування вносить проблему часової неузгодженості. Основними чинниками, що потребують вирішення, є асиметрія мережі, дрейф локальних осциляторів та просторова інтерференція.

Нерівномірне навантаження на комутатори створює варіативну затримку доставки пакетів, що унеможливорює просте відновлення частоти дискретизації без спеціальних протоколів. Різниця в частоті роботи внутрішніх генераторів Master-пристрою та кінцевого гучномовця призводить до деградації звуку, що проявляється як клацання та артефакти. Крім того, при використанні кількох джерел звуку в одній зоні затримка навіть у 1-2 мс спричиняє фазовий зсув, який критично знижує індекс передачі мови.

Мета дослідження. Метою є наукове обґрунтування вибору протоколу синхронізації для AoIP-систем та розробка рекомендацій щодо побудови мережевої архітектури, яка забезпечує наносекундну точність взаємодії вузлів для усунення акустичних спотворень.

Результати дослідження. У системах AoIP дуже часто зустрічається ситуація, коли звук від кількох близько розташованих гучномовців покриває одну акустичну площу (наприклад, довгий коридор, ангар або платформу вокзалу). Якщо ці гучномовці не будуть ідеально синхронізовані по фазі, і один з них відтворить сигнал із затримкою лише в 1-2 мілісекунди відносно іншого, звукові хвилі почнуть накладатися в просторі несинфазно. Це явище спричиняє ефект гребінчастої фільтрації, що є періодичним посиленням та послабленням певних частот, що критично погіршує розбірливість мови. Для вирішення цих комплексних завдань застосовуються протоколи NTP та RTP (табл. 15).

Протокол мережевого часу (Network Time Protocol, NTP) є одним із найстаріших і найпоширеніших протоколів в історії розвитку Інтернету. Він розроблений для загальноцільової синхронізації годинників комп'ютерів і

серверів. NTP працює за класичною клієнт-серверною архітектурою і використовує ієрархічну систему Stratum для розподілу точності. У цій архітектурі Stratum 0 – це еталонні апаратні джерела часу (наприклад, атомні годинники або приймачі супутникових систем GNSS/GPS).

Таблиця 15. Порівняльна характеристика протоколів NTP та PTP

<i>Характеристика</i>	<i>NTP</i>	<i>PTP</i>
Типова точність у LAN	1–10 мілісекунд	100 наносекунд – 1 мікросекунда
Рівень нанесення міток часу	Програмний стек	Апаратний стек
Топологія та архітектура	Клієнт-сервер (гнучка робота через WAN)	Master-Slave з жорсткою локальною ієрархією
Вимоги до мережевого устаткування	Стандартні комутатори без додаткових функцій	Вимагає PTP-сумісних комутаторів для високої точності
Застосування в інфраструктурі AoIP	Синхронізація серверних журналів, графіків планування подій	Відновлення медіа-частоти дискретизації, жорстке фазове вирівнювання гучномовців

Проте фундаментальна проблема NTP полягає в тому, що всі його алгоритми та механізми проставлення міток часу реалізовані на високому програмному рівні операційної системи. Це означає, що позначка часу накладається на пакет не в момент його фізичної появи на дроті, а до або після того, як пакет пройде через численні програмні черги ОС, буфери ядра та драйвери мережевого інтерфейсу. Ці процесорні операції вносять значну і непередбачувану затримку в розрахунки.

Для радикального подолання меж NTP використовують протокол PTP. Архітектура PTP здатна забезпечити безпрецедентну точність синхронізації в діапазоні субмікросекунд. Механізм PTP базується на ієрархії Master-Slave та обміні чотирма мітками часу для точного налаштування годинника:

1. Sync (T1, T2): Master надсилає пакет, фіксуючи час відправлення (T1), а Slave — час отримання (T2).
2. Follow_up: Master передає точне значення T1 підлеглому пристрою.
3. Delay_req (T3, T4): Slave ініціює запит назад до Master, фіксуючи час відправлення (T3) та отримання на стороні Master (T4).
4. Delay_resp: Master повертає значення T4 підлеглому пристрою.

На основі отриманих значень (T1, T2, T3, T4) Slave обчислює мережеву затримку та коригує зміщення свого локального годинника з максимальною точністю.

Висновки та перспективи. Аналіз протоколів синхронізації в інфраструктурі Audio-over-IP показав, що стабільність медіа-мережі критично залежить від точності тактування вузлів. Дослідження виявило функціональну обмеженість NTP, який через програмну реалізацію на рівні операційної системи вносить непередбачуваний джитер і забезпечує точність лише в межах 1–10 мс, що є недостатнім для відновлення аудіосигналу та обмежує його використання лише адміністративними задачами. Натомість стандарт IEEE 1588 (PTP) визнано безальтернативним рішенням завдяки апаратному проставленню міток часу на

рівні PPHY-чіпа, що гарантує субмікросекундну точність, необхідну для фазового вирівнювання звуку та запобігання акустичним артефактам. Для реалізації переваг PTP необхідна спеціалізована інфраструктура з Transparent або Boundary Clocks для нівелювання затримок у чергах.

Подальші дослідження будуть зосереджені на динамічній оптимізації доменів синхронізації та вивченні стійкості алгоритму BMCA для забезпечення безперебійного перемикавання на резервні джерела Grandmaster в умовах високого навантаження мережі.

Список використаних джерел

1. Network Timing Technology: NTP vs. PTP - Masterclock, URL: <https://www.masterclock.com/network-timing-technology-ntp-vs-ptp.html> Дата звертання: 12.05.2026

2. The Difference between NTP and PTP – We'll show you - mobatime, URL: <https://www.mobatime.com/technology/difference-between-ntp-and-ptp/> Дата звертання: 12.05.2026

3. PTP vs NTP: Key Differences & Use Cases Explained (2025 Guide) - Syncworks, URL: <https://syncworks.com/ptp-vs-ntp-key-differences-use-cases/> Дата звертання: 12.05.2026.

*Василець Софія Олександрівна, студент, ДУІКТ
Зінченко Ольга Валеріївна, д. т. н., доцент, ДУІКТ*

ЗАСТОСУНОК ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ЗАВДАННЯМИ ТА ПРОЄКТАМИ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Постановка задачі. Процес управління завданнями та проєктами стає складнішим і потребує ефективного та своєчасного прийняття рішення, а також обробки значних обсягів даних та розподілу ресурсів. Процес управління проєктами передбачає постійне прийняття управлінських рішень в умовах невизначеності, що значно ускладнює діяльність менеджера [1].

Мета дослідження. Підвищення ефективності процесу управління завданнями та проєктами шляхом розробки застосунку, що використовує технології штучного інтелекту та системи підтримки прийняття рішень для автоматизованого аналізу задач, визначення їх характеристик та формування рекомендацій щодо виконавців.

Результати дослідження. Розроблено застосунок для автоматизованого управління завданнями та проєктами, який реалізує функції інтелектуального аналізу задач. Основою застосунку є використання методу машинного навчання та елементів правилкової логіки. Зокрема, для обробки текстових даних використано метод TF-IDF, що дозволяє перетворювати текстові описи задач у числові вектори [2]. Для класифікації задач за пріоритетом та складністю застосовано модель логістичної регресії, яка є ефективним методом для задач класифікації, особливо у поєднанні з методами векторизації, такими як TF-IDF

[2]. У застосунку реалізовано правилловий підхід для визначення типу задачі та базових характеристик, що дозволяє забезпечити стабільну роботу системи навіть за відсутності достатнього обсягу навчальних даних. Також реалізовано механізм рекомендації виконавця з урахуванням його завантаженості, що сприяє більш ефективному розподілу задач [3].

Висновки та перспективи. У результаті проведеного дослідження було обґрунтовано доцільність використання технологій штучного інтелекту для автоматизації процесу управління завданнями та проєктами. Розроблений застосунок підтвердив можливість підвищення ефективності прийняття рішень за рахунок використання методів машинного навчання та систем підтримки прийняття рішень. Перспективи подальших досліджень полягають у розширенні функціональності застосунку, зокрема шляхом використання більш складних моделей обробки природної мови (наприклад, нейронних мереж типу BERT), інтеграції з існуючими системами управління проєктами, до прикладу Jira та Trello, а також накопичення та використання більшого обсягу даних для підвищення точності моделей.

Список використаної літератури:

1. Мельник А. О., Козачук О. В. Автоматизація процесів управління проєктами за допомогою інтелектуальних агентів. Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2021. № 2 (16). С. 45–52. DOI: <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2021.16.045>.

2. Auth G., Jokisch O., Dürk C. Revisiting automated project management: The role of artificial intelligence. Project Management Journal. 2019. Vol. 50, iss. 6. P. 753–763. DOI: <https://doi.org/10.1177/8756972819857474>.

3. Ткаченко М. В., Сидоренко І. В. Використання методів машинного навчання для оцінки ризиків та прогнозування термінів виконання завдань у розробці програмного забезпечення. Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Системний аналіз, управління і інформаційні технології. 2023. № 1 (9). С. 23–30. DOI: <https://doi.org/10.20998/2079-0023.2023.01.04>.

4. Brem A., Giones A., Werle M. The evolution of intelligent task management systems: An NLP-driven approach for project automation. International Journal of Information Management. 2024. Vol. 74. Art. 102711. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2023.102711>.

*Даценко Владислав Дмитрович, студент
Київський столичний університет імені Бориса Грінченка
Бондарчук Андрій Петрович, д.т.н., професор
Київський столичний університет імені Бориса Грінченка*

РОЗРОБКА АВТОНОМНОГО ЗАСТОСУНКУ ОБРАХУНКУ ДАНИХ ДЛЯ ПРИЦІЛУ НА ОСНОВІ ВВЕДЕНИХ ПОПРАВОК

Постановка задачі. Проблема точного влучання на великі відстані непокоїть людство щонайменше від моменту винайдення вогнепальної зброї.

Теоретичні дослідження та практичні пошуки рішень, що дадуть змогу стріляти далі, та влучати точніше, особливо загострилися за попереднє століття розвитку людства загалом, і стрілецького ремесла зокрема. Перехід від стрільби «на око» до цілком конкретних математичних та фізичних обрахунків чітко означив потребу до автоматизації процесу обрахування поправок. З поширенням мобільних пристроїв, почали з'являтися спеціалізовані програмні застосунки, на кшталт Стрілець, Chairgun, чи Hornady. Однак вони або мають потребу у зовнішніх бездротових підключеннях та джерел даних, або не відкривають користувачеві повний спектр функцій, мають різного роду підписки, та обмеження всередині самих себе.

Мета дослідження. Мета роботи полягає у вирішенні проблем з доступністю та наслідками мережевих підключень у несприятливих обставинах, підвищенні точності, швидкості та відтворюваності коригувальних розрахунків шляхом проектування повністю автономного застосунку для мобільних оптико-вимірjuвальних систем.

Результати дослідження. В ході роботи було досліджено фізичні та математичні особливості обрахунку зовнішньої балістики рухомих тіл (куль). На основі цих даних було розроблено автономний мобільний застосунок обрахунку поправок, із власним вбудованим обчислювальним ядром. У межах даної дипломної роботи було проведено детальне тестування як комплекс лабораторних та польових досліджень, спрямованих на оцінювання коректності введення, стабільності роботи, узгодженості стану, правильності формування результату та зручності повторного використання параметрів.

Лабораторні дослідження мали на меті виявити вразливості застосунку, проявити негативні та непередумані на початку принципи та практики під час роботи, та дослідити загальний користувацький досвід. Для цього було сформовано набори практично-орієнтованих тест-кейсів (табл. 16), що перевіряли валідацію значень, коректну роботу із введенням, правильність та повторюваність обрахунків та обробку помилок.

Таблиця 16 Узагальнені результати тестування

<i>Критерій</i>	<i>Оцінка</i>	<i>Коментар</i>
Працездатність основного сценарію	висока	користувач проходить шлях від меню до результату
Зручність введення	добра	картки й модальні вікна зрозумілі
Валідація	середня	потрібні розширені повідомлення про помилки
Стабільність стану	достатня	потрібні регресійні перевірки після зміни параметрів
Продуктивність	висока	локальний розрахунок не створює помітної затримки
Пояснюваність результату	середня	бажано додати деталізацію й журнал

Практичне польове випробування мало особливе значення в процесі перевірки коректної роботи застосунку. В ході тестування, спільно зі снайперським розрахунком 3 БОП «Свобода», 4-ї БрОП «Рубіж», було проведено ряд практичних стрільб на дистанціях 100м, 150м, 200м, 250м, та 300м із застосуванням снайперської гвинтівки українського виробництва UAR-10 М, що стоїть на озброєнні Збройних сил України та інших збройних формувань з літа

2017 року. В комплекті було використано штатний прицільний комплекс Leupold Mark 5HD (TMR) та штатний набій Sierra MatchKing 175 grain. Результати були цілком задовільними, середнє відхилення точки влучання від точки прицілювання склало не більше 0.2 MRAD на 200 м, що відповідає 4 см на мішені та вкладається у вимоги до влучності стрільби на такій дистанції.

Практикуючі стрільці-снайпери високо оцінили точність та швидкодію застосунку. Також було відмічено зручний UI-дизайн та інтерфейс, що не перевантажено зайвими функціями та придатний до використання в польових умовах.

Висновки та перспективи. У роботі було успішно вирішено основне завдання проектування та практична реалізація автономного мобільного програмного застосунку для локального обчислення коригувальних параметрів. Розроблений продукт демонструє повний цикл створення сучасного мобільного рішення: від аналізу предметної області до реалізації, тестування та оцінки результатів. Отриманий застосунок може бути розширений до більш професійного та рівня, та скласти конкуренцію наявним програмним рішенням.

Список використаних джерел:

1. Taylor B. N., Kuyatt C. E. Guidelines for Evaluating and Expressing the Uncertainty of NIST Measurement Results. NIST Technical Note 1297. 1994. URL: <https://emtoolbox.nist.gov/publications/nisttechnicalnote1297s.pdf>
2. Possolo A. Simple Guide for Evaluating and Expressing the Uncertainty of NIST Measurement Results. NIST Technical Note 1900. 2015. URL: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/TechnicalNotes/NIST.TN.1900.pdf>
3. ISO/IEC 25010:2023 Systems and software engineering - Product quality model. ISO. 2023. URL: <https://www.iso.org/standard/78176.html>
4. ISO/IEC 25010:2011 Systems and software engineering - Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) - System and software quality models. ISO. 2011. URL: <https://www.iso.org/standard/35733.html>

*Дубовицький Денис Сергійович, аспірант ДУІКТ
Іщераков Сергій Михайлович, к.т.н., доцент ДУІКТ*

МЕХАНІЗМ ПАУЗИ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ГЕНЕРАЦІЇ ВЕБ-САЙТУ НА БОЦІ СЕРВЕРУ ПРИ ВИКОНАННІ АСИНХРОННИХ ЗАПИТІВ

Постановка задачі. Під час генерації веб-сайту на боці серверу (SSR) виникає проблема виконання асинхронного коду при ініціалізації компонентів. Відсутність вбудованих механізмів очікування асинхронних відповідей призводить до того, що браузер отримує «сиру» сторінку та змушений самостійно довантажувати дані, що провокує небажані візуальні зміни контенту. Такий ефект негативно впливає на параметр Cumulative Layout Shift (CLS) [1], який складає 25% рейтингу продуктивності в Lighthouse[2]. Необхідно розробити метод, що дозволить інтегрувати асинхронні запити безпосередньо в цикл серверного рендерингу, забезпечуючи стабільність фінальної верстки.

Мета дослідження. Зменшити кількість запитів, що виконуються після початкового відображення сторінки, шляхом їх перенесення на бік сервера. Метою є створення механізму, який використовує сучасні конструкції асинхронного програмування для синхронізації процесу генерації HTML-коду із завершенням усіх мережевих операцій.

Результати дослідження. Для розв'язання задачі запропоновано модель, де процес рендерингу кожного компонента розглядається як сукупність промісів (Promises) [3]. Використовуючи середовище Node.js, розроблено алгоритм, що за допомогою `async/await` призупиняє серіалізацію DOM-дерева до моменту переходу всіх ініційованих запитів у стан `fulfilled`. Основним інструментом виступає EventLoop, який дозволяє відстежувати активні асинхронні операції та їхні обробники подій. Завдяки застосуванню Проху-об'єктів, система перехоплює виклики `fetch` та автоматично реєструє їх у черзі очікування. Це гарантує, що сервер видасть повністю сформовану сторінку лише після того, як увесь асинхронний стек буде вичерпано.

Висновки та перспективи. Застосування механізму очікування Promises під час серверної генерації дозволяє радикально покращити показник Cumulative Layout Shift та пришвидшити візуальну готовність сайту для користувача. Такий підхід робить SSR більш гнучким та придатним для складних веб-компонентів. Наступним етапом дослідження є оптимізація обробки рекурсивних асинхронних викликів та впровадження механізмів паралельного виконання запитів для мінімізації загального часу відгуку сервера (TTFB).

Список використаних джерел

1. Walton P., Mihajlija M. Cumulative Layout Shift (CLS). web.dev. 2023. URL: <https://web.dev/articles/cls> (дата звернення: 09.04.2026).
2. Introduction to Lighthouse. Chrome for Developers. Google, 2025. URL: <https://developer.chrome.com/docs/lighthouse/overview> (дата звернення: 09.04.2026).
3. ECMAScript® Language Specification: Promise Objects. TC39. 2026. URL: <https://tc39.es/ecma262/#sec-promise-objects> (дата звернення: 09.04.2026).

*Дуляницький Євгеній Миколайович, студент ДУІКТ
Чичкарьов Євгеній Анатолійович, д.т.н., професор ДУІКТ*

РОЗРОБКА ВЕБ-ОРІЄНТОВАНОЇ СИСТЕМИ РОЗПІЗНАВАННЯ РУКОПИСНИХ ЦИФР ТА ЛІТЕР ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ

Постановка задачі. У сучасних інформаційних системах значна частина даних обробляється в цифровому вигляді, однак рукописне введення символів досі залишається актуальним. Це стосується навчальних завдань, електронних форм, цифрових нотаток, систем автоматичного введення інформації та різних демонстраційних застосунків, пов'язаних з комп'ютерним зором. Особливу складність становить саме розпізнавання рукописних символів, оскільки кожна

людина має власний стиль написання. Один і той самий символ може відрізнятися нахилом, товщиною ліній, розміром, пропорціями та розташуванням на зображенні.

Для розв'язання таких задач сьогодні активно використовуються методи машинного та глибокого навчання. Зокрема, для класифікації зображень добре підходять згорткові нейронні мережі, оскільки вони здатні самостійно виділяти характерні ознаки зображення: лінії, кути, контури, дуги та інші елементи, з яких складаються цифри, літери. У зв'язку з цим актуальною є розробка простої веб-орієнтованої системи, яка дозволяє користувачу намалювати рукописний символ у браузері та отримати результат його автоматичного розпізнавання.

Мета дослідження. Метою дослідження є розробка веб-орієнтованої системи для розпізнавання рукописних цифр та латинських літер із використанням методів глибокого навчання. Для досягнення цієї мети необхідно було реалізувати клієнтську частину для введення символу, серверну частину для обробки зображення, а також навчити та підключити моделі нейронних мереж для класифікації цифр і літер.

У межах роботи було поставлено такі основні завдання: проаналізувати задачу розпізнавання рукописних символів; обрати датасети для навчання моделей; реалізувати попередню обробку зображення, отриманого з canvas; навчити окремі моделі для цифр і літер; створити backend API для взаємодії з моделями; розробити frontend-інтерфейс для користувача та провести тестування роботи системи.

Результати дослідження. У результаті виконання роботи було створено веб застосунок, який дозволяє користувачу вводити рукописні символи безпосередньо у браузері. Для цього у frontend-частині використано React та HTML Canvas. Користувач малює символ у спеціальному полі, після чого може обрати режим розпізнавання цифри або літери. Зображення з canvas перетворюється у PNG-файл і надсилається на серверну частину системи.

Backend-частину реалізовано на FastAPI. Сервер приймає зображення, виконує його попередню обробку та передає підготовлені дані у відповідну модель. Для розпізнавання цифр використано модель, навчену на датасеті MNIST, а для розпізнавання літер модель, навчена на EMNIST Letters. Такий поділ на дві окремі моделі був обраний через те, що цифри та літери мають різні набори класів і можуть бути схожими між собою, наприклад 0 та O, 1 та I, 5 та S.

Одним із важливих етапів стала попередня обробка зображення. Зображення, яке користувач малює у браузері, суттєво відрізняється від зображень у навчальних наборах даних. Тому перед передачею у модель воно переводиться у відтінки сірого, інвертується, очищається від зайвого фону, масштабується, центрується та нормалізується. Після цього зображення приводиться до формату 28×28 пікселів, який відповідає формату MNIST та EMNIST.

Для моделі літер також було враховано особливості орієнтації зображень у датасеті EMNIST. Під час тестування було встановлено, що додаткова корекція орієнтації покращує стабільність розпізнавання літер. Після внесення цієї зміни модель почала краще розпізнавати символи, намальовані користувачем у

браузері. Розроблена система повертає не лише передбачений символ, а й відсоток впевненості моделі. Наприклад, після розпізнавання користувач бачить результат у вигляді символу та значення confidence. Також було додано перевірку порожнього canvas. Якщо користувач нічого не намалював і натиснув кнопку розпізнавання, система не запускає модель, а повідомляє про необхідність спочатку ввести символ. Це дозволяє уникнути випадкових результатів на порожньому зображенні.

В процесі навчання моделі літер було отримано значення validation accuracy близько 94%, що є достатнім результатом для задачі класифікації окремих рукописних латинських літер. Модель цифр також показала стабільну роботу під час практичного тестування. Найкращі результати система демонструє тоді, коли символ намальований по центру canvas і має достатній розмір.

Висновки та перспективи. У результаті роботи було розроблено веб-орієнтовану систему, яка поєднує frontend-інтерфейс, backend API та моделі глибокого навчання. Система дозволяє розпізнавати рукописні цифри від 0 до 9 та латинські літери A-Z. Малі рукописні літери також можуть бути розпізнані як відповідні великі літери, оскільки модель літер виконує класифікацію за 26 класами латинського алфавіту.

Практична цінність розробки полягає в тому, що вона демонструє повний цикл створення системи розпізнавання: від введення символу користувачем до отримання результату класифікації за допомогою нейронної мережі. Така система може використовуватися як навчальний приклад інтеграції моделей глибокого навчання у веб-застосунок.

В подальшому систему можна вдосконалити. Зокрема, можна додати розпізнавання малих і великих літер як окремих класів, реалізувати розпізнавання кількох символів або цілих слів, додати підтримку сенсорного введення для мобільних пристроїв, зберігати історію результатів у базі даних та розгорнути застосунок на сервері для доступу через мережу Інтернет.

Список використаних джерел:

1. Cohen G., Afshar S., Tapson J., van Schaik A. EMNIST: an extension of MNIST to handwritten letters <https://arxiv.org/abs/1702.05373>
2. FastAPI Documentation <https://fastapi.tiangolo.com/>
3. LeCun Y., Cortes C., Burges C. The MNIST Database of Handwritten Digits <http://yann.lecun.com/exdb/mnist/>

*Дьогтяр Артур Сергійович, студент ДУІКТ
Вишнівський Віктор Вікторович д.т.н., професор ДУІКТ*

ПРОЕКТУВАННЯ АСИНХРОННОГО TELEGRAM-БОТА ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТА АНАЛІЗУ ПЕРСОНАЛЬНИХ ФІНАНСІВ

Постановка задачі. Сучасний етап розвитку цифрових технологій супроводжується інтенсифікацією повсякденних мікрофінансових транзакцій,

що вимагає від користувачів наявності інструментів для оперативного контролю та менеджменту бюджету. Традиційні десктопні та мобільні фінансові трекери часто характеризуються надлишковим функціоналом, високою капіталомісткістю розробки, складністю інтерфейсу та тривалим часом відгуку, що знижує регулярність ведення обліку.

Для вирішення цієї проблеми виникає науково-технічна задача проектування та програмної реалізації легкового, кросплатформного та відмовостійкого інструменту автоматизації фінансового обліку, інтегрованого безпосередньо у середовище сучасних комунікаційних платформ. Потрібно розробити архітектуру програмного комплексу, що здатна забезпечувати покрокову валідацію вхідних даних, персистентне збереження історії транзакцій та генерацію аналітичних звітів у режимі реального часу з мінімальними затримками обробки запитів.

Мета дослідження. Метою роботи є підвищення ефективності та оперативності управління особистими коштами шляхом розробки, оптимізації та програмної реалізації автоматизованого асинхронного інструменту фіксації витрат і доходів на базі мови програмування Python та інтерфейсу Telegram Bot API.

Результати дослідження. У результаті дослідження було спроектовано та програмно реалізовано архітектуру інтелектуального фінансового бота на базі мови програмування Python (версії 3.10+). Програмний комплекс побудовано з використанням асинхронного фреймворку Aiogram 3.x, що дозволило реалізувати неблокуючу обробку подій (Event Loop) та забезпечити високу швидкість відгуку системи при одночасній взаємодії з багатьма користувачами. Для суворого контролю послідовності дій користувача під час введення транзакційних даних (сума, категорія, примітка) в архітектуру інтегровано механізм скінчених автоматів (Finite State Machine, FSM), що мінімізує ймовірність виникнення логічних помилок при заповненні полів бази даних.

Персистентне збереження реляційних масивів інформації, структурованої за профілями користувачів, реалізовано за допомогою вбудованої СКБД SQLite. Проектування структури бази даних включало оптимізацію індексів для прискорення виконання аналітичних SQL-запитів під час агрегації фінансових показників за звітні періоди (день, тиждень, місяць). Взаємодія з базою даних реалізована за принципом абстракції даних, що усуває пряму прив'язку бізнес-логіки до фізичного рівня збереження. Додатково впроваджено систему модульного логування виняткових ситуацій (Exception Handling) та моніторингу стану API-запитів, що гарантує збереження цілісності даних у разі виникнення мережевих збоїв.

Висновки та перспективи. Розроблений програмний комплекс підтвердив свою працездатність та обчислювальну ефективність як засіб повсякденного трекінгу та аналізу персональних фінансових потоків. Асинхронна архітектура бота забезпечує низьку затримку обробки повідомлень та демонструє високий потенціал до масштабування. Перспективи подальшого розвитку проекту полягають у модернізації поточного функціоналу шляхом інтеграції моделей обробки природної мови (NLP) для розпізнавання текстових

та голосових повідомлень довільного формату, автоматичного парсингу банківських виписок (через відкриті API фінансових установ), а також впровадження прогностичних алгоритмів машинного навчання для інтелектуального планування бюджету користувача на наступні періоди.

Список використаних джерел:

1. Лутц М. Вивчення Python. 5-те вид. Пер. з англ. Хобокен : O'Reilly Media, 2019. 1280 с.
2. Телетов О. С., Прокопенко О. М. Інформаційні системи в менеджменті : підручник. Київ : Центр учбової літератури, 2021. 344 с.
3. Almarabeh T., Al-Afeef M. T. The Impact of Using Telegram Bots in Enhancing Digital Financial Services and Task Automation. International Journal of Advanced Computer Science and Applications. 2023. Vol. 14, no. 8. P. 412–419. DOI: <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2023.0140845>.
4. Kanishchev V. V., Sidorov I. A. Architecture of Asynchronous Microservices for Real-Time Data Processing in Messaging Platforms. Journal of Computer Science and Information Technologies. 2024. Vol. 5, iss. 2. P. 89–97. DOI: <https://doi.org/10.31891/jcsit-2024-5-2-11>.

*Журба Володимир Ігорович, студент ДУІКТ
Катков Юрій Ігорович, д.т.н, професор ДУІКТ*

РОЗРОБКА WEB APPLICATION E-LIBRARY МОВОЮ PYTHON З ВИКОРИСТАННЯМ ФРЕЙМВОРКУ DJANGO

Постановка задачі. У сучасному середовищі значна частина інформації вже не використовується у паперовому вигляді, а зберігається в електронному форматі. Це стосується і книг, і навчальних матеріалів, і різних методичних ресурсів. Такий підхід значно спрощує доступ до інформації, адже користувач може отримати потрібні матеріали у будь-який момент без прив'язки до конкретного місця. Разом з тим з'являється інша проблема — велика кількість файлів швидко стає неорганізованою. Коли книги просто зберігаються окремо, без чіткої структури, знайти потрібну інформацію стає складніше, особливо якщо мова йде про велику кількість матеріалів різної тематики. Хоча вже існують готові рішення у вигляді електронних бібліотек, вони не завжди підходять для простих задач. Часто такі системи або перевантажені функціоналом, або мають складну структуру, яка не є зручною для користувача без досвіду. Тому виникає ідея створити веб-застосунок, який буде виконувати базові функції електронної бібліотеки, але залишатиметься простим у використанні.

Мета дослідження. Метою даної роботи є розробка веб-застосунку електронної бібліотеки з використанням мови Python та фреймворку Django, який дозволить здійснювати пошук, перегляд та базове управління електронними книгами.

Результати дослідження. Під час виконання роботи було проаналізовано підходи до створення веб-застосунків, які працюють з інформаційними даними.

Виконано аналіз існуючих рішень існуючих рішень - розглянуто такі системи, як Calibre та Open Library:

- *Calibre* - хоча система має потужний інструментарій для конвертації та редагування метаданих, її інтерфейс перевантажений великою кількістю дрібних іконок та технічних налаштувань, що збиває з пантелику початківців.

- *Open Library* - через величезний обсяг даних та складну систему навігації між різними виданнями однієї книги, користувачеві часто важко швидко знайти конкретний файл для перегляду.

З урахуванням цього було обрано Django як основу для майбутньої системи, оскільки він спрощує роботу з базою даних і вже містить готові рішення для типових задач [1].

Особливістю Django є те, що він задає певну структуру проєкту. Дані, логіка і відображення розділені між собою, що дозволяє краще контролювати процес розробки і не змішувати різні частини коду [4]. Django використовує архітектуру MVT (Model-View-Template). Для електронної бібліотеки це має значення, оскільки потрібно працювати одразу з кількома типами даних: книгами, авторами, категоріями та користувачами.

Основу архітектури системи складає база даних, у якій буде зберігатися інформація про книги. При цьому кожен запис міститиме основні характеристики, наприклад назву, автора, опис або категорію. Для етапу розробки це може бути SQLite, а для розгортання — PostgreSQL або MySQL. Такий підхід дозволяє не просто накопичувати файли, а створювати впорядкований список матеріалів [2].

Окремо варто відзначити функцію пошуку. Для користувача це один із ключових елементів, адже без нього робота з великою кількістю книг значно ускладнюється. Тут виконується стандартний пошук засобами Django ORM (фільтрація за запитом), чи планується використання спеціалізованих інструментів (наприклад, Q-об'єкти для складних запитів). Тому передбачається можливість знаходити книги за різними ознаками, а не тільки за точною назвою.

Також розглядається використання системи облікових записів. Це дозволяє розділити ролі: одні користувачі лише переглядають інформацію, інші можуть її змінювати або доповнювати. Такий підхід є типовим для більшості інформаційних систем і забезпечує кращий контроль над даними [3].

Питання безпеки також враховується ще на етапі проєктування. Django, завдяки вбудованим механізмам захисту від CSRF, SQL-ін'єкцій та XSS-атак, є можливість використати їх без додаткової реалізації, що спрощує розробку і зменшує ризик помилок [1].

Висновки та перспективи. У процесі роботи було визначено основні принципи побудови веб-застосунку електронної бібліотеки та сформовано бачення його структури. Основна увага приділялася простоті використання та можливості подальшого розвитку системи.

Новизна отриманих результатів полягає у розробці адаптивного алгоритму фільтрації даних на основі Q-об'єктів Django ORM, що забезпечує гнучкий пошук електронних книг за неповними метаданими в умовах обмежених ресурсів бази даних SQLite. Використання мови Python разом із Django є

виправданим, оскільки ці інструменти дозволяють організувати проєкт зрозуміло і без зайвої складності. Крім того, вони дають можливість поступово розширювати функціонал.

Надалі даний проєкт може бути доповнений новими можливостями, наприклад системою оцінювання книг, рекомендаціями або роботою з файлами. Це дозволить перетворити базовий застосунок у більш повноцінну електронну бібліотеку.

Список використаних джерел

1. Django Software Foundation. Офіційна документація Django <https://docs.djangoproject.com/en/stable/>
2. Гужва В. М. Інформаційні системи і технології на підприємствах. Київ: КНЕУ, 2018. <https://retfk.edu.rv.ua/wp-content/uploads/2024/03/Guzhova-V-M-Informaczijni-sistemi.pdf>
3. Ian Sommerville. Software Engineering. 10th ed. Pearson, 2015. <https://dn790001.ca.archive.org/0/items/bme-vik-konyvek/Software%20Engineering%20-%20Ian%20Sommerville.pdf>
4. William S. Vincent. Django for Beginners. Leanpub, 2022. [https://elhacker.info/manuales/Lenguajes%20de%20Programacion/Python/Django%20for%20Beginners_%20Build%20Websites%20with%20Django%20\(Version%202.1\).pdf](https://elhacker.info/manuales/Lenguajes%20de%20Programacion/Python/Django%20for%20Beginners_%20Build%20Websites%20with%20Django%20(Version%202.1).pdf)

*Іванова Євгенія Романівна, студентка ДУІКТ
Жебка Вікторія Вікторівна, д.т.н., професор ДУІКТ*

АНАЛІЗ ГЛОБАЛЬНИХ ТА НАЦІОНАЛЬНИХ ТЕНДЕНЦІЙ ВПРОВАДЖЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ПРОЦЕСИ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ

Постановка задачі. Сучасний етап розвитку глобального інформаційного суспільства характеризується глибокою інтеграцією інтелектуальних технологій в архітектуру цифрових екосистем. Такі інструменти, як штучний інтелект, машинне навчання, інтелектуальний аналіз даних (Data Mining), обробка природної мови (NLP), комп'ютерний зір, експертні системи та автоматизовані системи підтримки прийняття рішень, наразі виступають базисом для модернізації галузей освіти, охорони здоров'я, комерційного сектору, державного управління, медіапростору, кібербезпеки та оборонного комплексу. Стрімка еволюція штучного інтелекту підтверджується міжнародними статистичними звітів, зокрема даними Stanford AI Index, згідно з якими переважна більшість світових організацій декларує інтеграцію штучного інтелекту у власні операційні процеси, а обсяг приватних інвестицій у сегмент генеративного ШІ демонструє експоненціальне зростання, трансформуючи цей напрям із теоретично-наукового у високорентабельний сектор глобальної цифрової економіки.

В українському сегменті цифровізації інтелектуальні технології також набувають стратегічного значення, виступаючи рушійною силою розвитку державних сервісів, систем предиктивного аналізу масивів даних, підвищення рівня стійкості інформаційної інфраструктури до кіберзагроз та підтримки інноваційного оборонно-промислового комплексу. Національні стратегічні орієнтири розвитку цієї сфери передбачають амбітне входження України до пулу провідних світових лідерів за рівнем інтеграції штучного інтелекту до кінця поточного десятиліття.

Разом із тим, масштабне розгортання таких систем супроводжується появою критичних викликів науково-технічного та правового характеру. До них належать забезпечення конфіденційності та захисту персональних даних, дотримання етичних норм функціонування штучного інтелекту, проблема інтерпретованості та прозорості нейромережевих алгоритмів («чорної скриньки»), мінімізація ризиків генерації помилкових рішень, виникнення специфічних векторів кіберзагроз та гострий дефіцит кваліфікованих інженерних кадрів. Це зумовлює об'єктивну необхідність комплексного дослідження умов безпечної, стійкої та відповідальної експлуатації інтелектуальних систем.

Мета дослідження. Метою цього дослідження є систематичний аналіз сучасного стану та архітектурних особливостей розгортання інтелектуальних технологій в Україні та світі, визначення домінуючих функціональних напрямів їх практичного застосування, детекція ключових технологічних та правових бар'єрів, а також обґрунтування перспективних векторів їх подальшої еволюції.

Результати дослідження. У межах проведеного аналізу інтелектуальні технології визначено як комплексні цифрові системи та методології, здатні здійснювати автономний аналіз багатовимірних інформаційних потоків, виявляти приховані закономірності, оптимізувати складні технологічні процеси та забезпечувати консультаційну підтримку експертів під час прийняття рішень. Фундаментальна перевага таких систем полягає в оптимізації обчислювальної складної обробки великих обсягів неструктурованих даних (Big Data) та автоматизації завдань, що раніше вимагали значних часових та інтелектуальних ресурсів людини.

Світова практика демонструє диференціацію застосування інтелектуальних систем залежно від цільової галузі. У клінічній медицині алгоритми глибокого навчання забезпечують високоточний аналіз діагностичних медіаданих, прогнозування патологічних станів та підтримку лікарських рішень на етапі вибору терапії. Сфера освіти трансформується завдяки впровадженню моделей персоналізованого навчання, автоматизованого генерування дидактичних матеріалів та інтелектуального оцінювання знань. У корпоративному секторі інтелектуальні системи дозволяють здійснювати предиктивний аналіз поведінкових паттернів споживачів, оптимізувати логістичні ланцюги, прогнозувати коливання попиту та автоматизувати клієнтський сервіс за допомогою розмовних ШІ-агентів.

Особливе значення в контексті глобального розвитку когнітивних технологій має формування нормативно-правового поля їх експлуатації,

яскравим прикладом чого є набуття чинності Регламентом Європейського Союзу про штучний інтелект (AI Act), що закріпив перехід світової спільноти від хаотичного впровадження алгоритмів до суворого контролю ризиків, прозорості та безпеки їх застосування.

Для України інтелектуальні технології є ключовим інструментом прискорення цифрової трансформації, масштабування державних платформ, посилення кіберзахисту та стимулювання інноваційного підприємництва. Інтеграція рішень на базі машинного навчання дозволяє органам державного управління підвищити швидкість верифікації даних, мінімізувати вплив людського фактора на рутинні операції та оптимізувати процеси стратегічного планування.

Системний аналіз дозволив виділити комплекс архітектурних переваг інтелектуальних технологій, до якого належать наскрізна автоматизація циклічних процесів, висока швидкість аналізу великих масивів інформації, підвищення точності підтримки прийняття управлінських рішень, глибока персоналізація взаємодії в цифрових сервісах, зростання загальної ефективності організаційних структур та інтенсифікація розробки наукомістких цифрових продуктів.

Водночас детерміновано коло стримуючих факторів, серед яких найважливішими є вразливість захисту даних, потенційна упередженість алгоритмів через низьку якість або асиметрію навчальних вибірок, дефіцит прозорості математичних моделей, а також критична залежність функціонування систем від надійності апаратної та мережевої інфраструктури. З огляду на це актуалізується концепція побудови довіреного та відповідального штучного інтелекту, що узгоджується із міжнародними принципами Організації економічного співробітництва та розвитку (OECD) в частині поваги до прав людини та забезпечення демократичних стандартів.

Висновки та перспективи. За результатами проведеного дослідження встановлено, що сучасні інтелектуальні технології становлять ядро глобального та національного цифрового розвитку, здійснюючи трансформаційний вплив на ключові сфери життєдіяльності суспільства. Досвід передових країн підтверджує незворотність процесу зростання ролі моделей машинного навчання та аналітики великих даних, що вимагає симетричного розвитку регуляторних механізмів, посилення захисту інформації та модернізації системи підготовки інженерних кадрів.

Для України найбільш перспективними архітектурними напрямками є масштабування AI-рішень у середовищі державних електронних платформ, оборонних технологіях, інтелектуальних медіасистемах та охороні здоров'я. Раціональне, науково обґрунтоване впровадження інтелектуальних систем дозволить значно підвищити стійкість і ефективність внутрішніх процесів, максимізувати якість надання цифрових послуг та забезпечити конкурентоспроможність держави на світовому ринку високих технологій.

Список використаних джерел:

1. The 2025 AI Index Report / Stanford HAI : website. URL: <https://hai.stanford.edu/ai-index/2025-ai-index-report> (дата звернення: 12.04.2026).

2. AI Act enters into force / European Commission : web page. URL: https://commission.europa.eu/news-and-media/news/ai-act-enters-force-2024-08-01_en (дата звернення: 12.04.2026).

3. Штучний інтелект в Україні : офіційний портал. URL: <https://ai.thedigital.gov.ua/> (дата звернення: 12.04.2026).

4. AI Principles / OECD : web page. URL: <https://www.oecd.org/en/topics/sub-issues/ai-principles.html> (дата звернення: 12.04.2026).

*Колодюк Андрій Васильович, аспірант ДУІКТ
Аронов Андрій Олексійович, к.т.н., доцент ДУІКТ*

СУЧАСНИЙ СТАН ТА ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ АПАРАТНОГО І ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ

Постановка задачі. Стрімкий розвиток інтелектуальних технологій зумовлює необхідність удосконалення сучасних апаратних і програмних засобів для автоматизації процесів обробки даних, підтримки прийняття рішень та оптимізації функціонування інформаційних систем. Особливої актуальності набуває впровадження штучного інтелекту, хмарних сервісів, систем машинного навчання та інтелектуального аналізу даних у різних сферах діяльності людини. Водночас існує потреба у дослідженні ефективності сучасних програмно-апаратних комплексів та визначенні перспектив їх подальшого розвитку [3, с. 3–5; 4, с. 76–78].

Мета дослідження. Метою дослідження є аналіз новітніх апаратних і програмних засобів інтелектуальних технологій, визначення особливостей їх використання, переваг та перспектив розвитку в умовах цифрової трансформації суспільства.

Результати дослідження. У процесі дослідження було проаналізовано сучасні апаратні засоби інтелектуальних технологій та визначено, що найбільш ефективними для реалізації систем штучного інтелекту є високопродуктивні обчислювальні платформи на основі графічних процесорів (GPU), серверних систем і хмарної інфраструктури. Встановлено, що використання таких засобів забезпечує прискорення обробки великих обсягів даних, підвищує швидкість інформаційних систем та дозволяє ефективно реалізовувати алгоритми машинного навчання.

У ході дослідження програмних засобів інтелектуальних технологій було здійснено аналіз сучасних систем машинного навчання, нейронних мереж та засобів інтелектуального аналізу даних. На основі проведеного аналізу визначено, що використання інтелектуальних програмних платформ дозволяє автоматизувати процеси обробки інформації, прогнозування та підтримки прийняття рішень. Також встановлено, що адаптивні алгоритми здатні підвищувати ефективність роботи систем завдяки самонавчанню та пристосуванню до змін середовища функціонування.

Окрему увагу приділено інтеграції апаратних і програмних компонентів у

єдині інтелектуальні системи. Встановлено, що поєднання хмарних технологій, засобів штучного інтелекту та розподілених обчислень сприяє оптимізації використання ресурсів і забезпечує масштабованість інформаційних систем. Крім того, визначено перспективність використання адаптивних цифрових середовищ, здатних автоматично аналізувати отримані дані та формувати оптимальні рішення відповідно до поставлених завдань [2].

Висновки та перспективи. Отже, новітні апаратні та програмні засоби інтелектуальних технологій є основою розвитку сучасних інформаційних систем та цифрової трансформації суспільства. Їх використання сприяє автоматизації процесів, підвищенню ефективності управління та розвитку інноваційних рішень у різних сферах діяльності. Отримані результати підтверджують доцільність використання новітніх програмно-апаратних засобів для підвищення ефективності інформаційних процесів та автоматизації складних систем.

Перспективами подальших досліджень є вдосконалення методів машинного навчання, розвиток адаптивних інтелектуальних систем, підвищення рівня кібербезпеки та інтеграція штучного інтелекту з хмарними й розподіленими обчислювальними платформами [1, с. 88–90].

Список використаних джерел:

1. Information Technologies and Learning Tools Bushuyev S., Korchova H., Krasyllyuk Y. та ін. Development of Clip Thinking of Higher Education Students in Information Environment // Information Technologies and Learning Tools. 2024. Vol. 99, №1.
2. Information Technologies and Learning Tools Vdovychyn T., Sikora O., Kobyllyuk T., Vynnytska N. Formation of an Adaptive Digital Environment in General Secondary Education Institutions // Information Technologies and Learning Tools. 2024. Vol. 103, №5.
3. Economic Synergy Шевченко В. В. Хмарні технології та Agile-підхід як інструменти підвищення ефективності інноваційного менеджменту програмних продуктів // Economic Synergy. 2024. №1.
4. Наукові записки ЦДУ Лупан І. В., Підгорна Т. В. До питання вибору вільнопоширюваних засобів для вивчення інтелектуального аналізу даних у закладах вищої освіти // Наукові записки. 2024. №2.

*Касабов Ілля Олександрович, студент, ДУІКТ
Кисіль Тетяна Миколаївна, ст. викладач, ДУІКТ*

АВТОМАТИЗАЦІЯ ІНТЕРФЕЙСНОЇ ВЕБ-РОЗРОБКИ НА БАЗІ КОНЦЕПЦІЇ HUMAN-IN-THE-LOOP

Постановка задачі. Стрімкий розвиток методів машинного навчання та поява мультимодальних великих мовних моделей докорінно змінили підходи до автоматизації синтезу програмного коду. Проте практика експлуатації повністю автономних систем кодогенерації свідчить про системне накопичення технічного боргу, генерацію надлишкових конструкцій та систематичне

порушення специфічних архітектурних стандартів конкретного програмного проекту. Особливо критичним цей деструктивний вплив є для систем із жорсткими вимогами до пошукової оптимізації. За умов повної автономності штучний інтелект стикається з проблемою втрати контексту, виникненням логічних аберацій та невідповідністю специфічним корпоративним вимогам інформаційної безпеки.

Метою дослідження є науково-технічне обґрунтування та впровадження парадигми взаємодії людини в контурі управління як ефективного методу нівелювання недоліків автономної кодогенерації. У межах цієї гібридної моделі процеси рутинного синтезу синтаксичних конструкцій на основі графічних макетів делегуються нейромережевій структурі, тоді як інженер-розробник виконує функції експерта, архітектора та контролера результуючого коду.

Результати дослідження. Практична імплементація підходу з людиною в контурі управління в розробленій системі візуального аналізу графічних макетів базується на двоетапному інтервальному алгоритмі, що охоплює фазу аналізу та декомпозиції, а також фазу генерації та синтезу. На першому етапі нейромережева модель не здійснює безпосередній синтез програмного коду, а виконує виключно глибокий візуальний аналіз графічного макета, формуючи на виході структурований текстовий план майбутнього компонента з суворим дотриманням методології Блок-Елемент-Модифікатор.

Завдяки такій структурі реалізується проміжний етап верифікації, під час якого розробник оцінює згенеровану схему, вносить додаткові інструкції щодо семантичної коректності та кросбраузерності, а також усуває стилістичні неточності. Лише після затвердження плану людиною система переходить до другої фази, на якій штучний інтелект функціонує в режимі суворого виконання інструкцій, генеруючи чистий семантичний код відповідно до заданих параметрів.

Впровадження концепції взаємодії людини в контурі управління у поєднанні з донавченими мультимодальними моделями демонструє високу економічну та технологічну ефективність. Емпіричний аналіз практичного кейсу профільних інженерних підрозділів веб-розробки засвідчив, що реорганізація робочого процесу дозволила скоротити часові витрати на створення однієї комплексної сторінки з 40 до 18 робочих годин. При цьому фахівці отримали можливість перерозподілити вивільнений часовий ресурс на формування якісних архітектурних специфікацій, проектування складної бізнес-логіки та оптимізацію загальної продуктивності програмних продуктів.

Висновки та перспективи. Забезпечення повної автономності штучного інтелекту в задачах проектування інтерфейсів на сучасному етапі розвитку технологій є передчасним. Найбільш перспективною та безпечною визнано гібридну модель із людиною в контурі управління, яка мінімізує ризики нейромережових помилок, зберігає повний архітектурний контроль у руках інженера та гарантує отримання якісного, легко підтримуваного програмного коду. Подальші дослідження доцільно спрямувати на автоматизацію масштабніших архітектурних рішень із використанням мультимодальних моделей вищих порядків.

Список використаних джерел:

1. Fang Y. Enhancing Generative User Interfaces with LLMs: A User-driven Iterative Refinement Process : Master's thesis / KTH Royal Institute of Technology. Stockholm, 2025. 112 p.
2. Benaich N. The State of AI 2025: Insights from Nathan Benaich. Proceedings of the Research and Applied AI Summit (RAAIS). London : Air Street Capital, 2025. P. 45–58.
3. Mosier J. N., Tammara A. M. Human-in-the-Loop approach in automated software engineering and front-end generation. IEEE Transactions on Software Engineering. 2024. Vol. 50, no. 4. P. 712–725. DOI: <https://doi.org/10.1109/TSE.2024.3354120>.
4. Radchenko O. V., Semenova I. M. Methods of multimodal data processing for automated web UI synthesis. Advanced Information Systems. 2025. Vol. 9, no. 1. P. 34–41. DOI: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2025.1.05>.

*Коломієць Назарій Ярославович, студент ДУІКТ
Аронов Андрій Олексійович, к.т.н., доцент ДУІКТ*

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ МІКРОСЕРВІСНОЇ ВЕБ-ПЛАТФОРМИ ОРЕНДИ ЖИТЛА З СИНХРОНІЗАЦІЄЮ ДАНИХ У РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ

Сучасний ринок цифрових послуг у сфері нерухомості висуває високі вимоги до веб-платформ оренди житла. Класичні монолітні архітектури, що використовуються для побудови таких систем, мають суттєві обмеження: низьку відмовостійкість, складність горизонтального масштабування та високу зв'язаність компонентів. У випадку падіння одного з модулів (наприклад, системи обробки зображень або модуля чату) з ладу виходить увесь веб-додаток. Окрім цього, критично важливим аспектом є забезпечення миттєвої комунікації між орендодавцями та клієнтами без затримок і постійного оновлення сторінок браузера. Для вирішення цих проблем доцільно використовувати мікросервісну архітектуру, яка дозволяє ізолювати функціональні блоки, та сучасні мережеві протоколи передачі даних у реальному часі.

Постановка задачі. Потрібно розробити архітектуру та програмне забезпечення веб-платформи для оренди нерухомості, яка базується на розподілених мікросервісах, має єдину захищену точку входу для клієнтських запитів, забезпечує асинхронний та синхронний міжсервісний обмін повідомленнями й інтегрує систему миттєвих сповіщень та чату в реальному часі.

Мета дослідження полягає у підвищенні стабільності, швидкодії та масштабованості платформи оренди житла шляхом проектування розподіленої системи на базі мікросервісів з використанням сучасного технологічного стеку Node.js, Nest.js та PostgreSQL.

Результати дослідження. У межах дослідження було спроектовано та програмно реалізовано веб-платформу оренди житла "Домівка". В основу архітектури покладено розподіл системи на незалежні функціональні вузли:

1. API Gateway (Шлюз додатку) — виступає єдиною точкою входу для клієнтського інтерфейсу, виконує маршрутизацію запитів, агрегацію даних та проксіювання повідомлень у внутрішню мережу.

2. User Service — ізольований мікросервіс, відповідальний за реєстрацію, збереження профілів та авторизацію користувачів.

3. Property Service — мікросервіс, що керує базою даних оголошень, фільтрацією, сортуванням та логікою бронювання об'єктів нерухомості.

Внутрішній обмін між шлюзом та сервісами реалізовано як через синхронні RPC-запити, так і через швидкісний транспортний протокол TCP, що значно знижує оверхед мережових затримок порівняно з класичним REST HTTP.

Особливу увагу приділено безпеці. Доступ до кінцевих точок API захищено за допомогою гвардів Nest.js (Guards), які реалізують дворівневу перевірку: валідацію сесії через JSON Web Tokens (JWT) та розмежування прав на основі ролей (користувач, власник, адміністратор). Панель модерації динамічно рендериться лише для облікових записів з підтвердженою роллю admin.

Для реалізації інтерактивного онлайн-чату між учасниками угоди використано протокол WebSockets (на базі бібліотеки Socket.io). Комунікація відбувається в ізольованих віртуальних кімнатах (rooms). У разі, якщо користувач перебуває на іншій сторінці додатку, сервером ініціюється подія, яка через подійний слухач фронтенду виводить нативне браузерне push-сповіщення про нове повідомлення, що виключає потребу постійного фонового опитування (polling) бекенду.

Для оптимізації збереження графічного контенту (фотографій об'єктів нерухомості) без залучення сторонніх хмарних сховищ, на стороні клієнта реалізовано конвертацію зображень у формат Base64. Рядки Base64 передаються на бекенд та зберігаються в реляційній базі даних PostgreSQL у полях типу TEXT. Це дозволило зберегти повну автономність та цілісність даних у межах локальної інфраструктури проекту.

Висновки та перспективи. Запропонований підхід до проектування показав, що перехід від моноліту до мікросервісів у системах оренди нерухомості забезпечує високу відмовостійкість: збій у роботі одного сервісу не призводить до зупинки всієї платформи. Поєднання технологій Nest.js, TypeORM та PostgreSQL дозволило створити гнучку структуру сутностей, а використання WebSockets забезпечило безперебійний обмін повідомленнями в реальному часі. Розроблений веб-додаток є повністю працездатним, оптимізованим за навантаженням та готовим до контейнеризації й розгортання в production-середовищі.

Список використаних джерел:

1. NestJS - A progressive Node.js framework. URL: <https://docs.nestjs.com> (дата звернення: 18.05.2026).

2. PostgreSQL Documentation. URL: <https://www.postgresql.org/docs/> (дата звернення: 18.05.2026).

3. Socket.IO Documentation. URL: <https://socket.io/docs/v4/> (дата звернення: 18.05.2026).

4. Вейлс Р. Мікросервіси в дії. Київ: Наш Формат, 2021. 416 с.

*Котельницький Назар Віталійович, студент ДУІКТ
Шукула Олена Миколаївна, д.ф.-м.н., професор ДУІКТ*

РОЗРОБКА АСИНХРОННОГО REST API ДЛЯ ОНЛАЙН МАГАЗИНУ ФІЛЬМІВ НА ОСНОВІ FASTAPI ТА POSTGRESQL

Постановка задачі. Зростання ринку цифрового відеоконтенту формує високі вимоги до серверної інфраструктури онлайн-платформ. Традиційні синхронні підходи обмежені при значному навантаженні, оскільки кожен запит блокує потік виконання. Асинхронне програмування на основі `async/await` суттєво підвищує пропускну здатність системи без збільшення апаратних ресурсів. Виникає практична потреба у розробці повнофункціонального асинхронного REST API для онлайн магазину фільмів, що охоплює реєстрацію, перегляд каталогу, управління замовленнями та безпечне проведення онлайн-платежів.

Мета дослідження. Метою є проектування та реалізація асинхронного REST API для онлайн магазину фільмів. Завдання включають: порівняльний аналіз Python-фреймворків; проектування схеми бази даних та архітектури системи; реалізацію модулів автентифікації, каталогу, кошика, замовлень та платежів; інтеграцію зі Stripe; контейнеризацію та тестування.

Результати дослідження. В процесі виконання роботи проведено порівняльний аналіз трьох основних Python-фреймворків для розробки REST API. Встановлено, що FastAPI [1] найкраще відповідає вимогам проекту завдяки нативній підтримці `async/await` на рівні ядра, автоматичній валідації даних через Pydantic [2] та вбудованій генерації OpenAPI-документації. У порівнянні з Django REST Framework та Flask, FastAPI демонструє вищу продуктивність при обробці I/O-bound операцій завдяки використанню ASGI-сервера Uvicorn та фреймворку Starlette.

Спроектовано горизонтально-шарову архітектуру застосунку, що складається з чотирьох рівнів: шар маршрутів (Routers), шар бізнес-логіки (Services), шар доступу до даних (CRUD) та шар моделей (Models). Така організація забезпечує чіткий розподіл відповідальностей між компонентами та спрощує незалежне тестування кожного шару. Управління залежностями між компонентами реалізовано через механізм Dependency Injection FastAPI.

Розроблено схему бази даних PostgreSQL [3] із дев'яти взаємопов'язаних таблиць: `users`, `movies`, `stars`, `genres`, `orders`, `order_items`, `cart_items`, `payments`, а також асоціативні таблиці `movie_stars` та `movie_genres` для відносин «багато до

багатьох». Для роботи з базою даних у асинхронному режимі застосовано SQLAlchemy [4] з драйвером asynсpg. Вирішено проблему N+1 запитів при завантаженні пов'язаних сутностей (жанри, актори) через стратегію selectinload, що дозволяє скоротити кількість запитів до бази даних з O(n) до трьох незалежно від розміру вибірки.

Реалізовано модуль облікових записів із повним циклом: реєстрація з верифікацією електронної пошти через активаційний токен, JWT-автентифікація із схемою access/refresh токенів [5], захист маршрутів через систему залежностей, вихід із інвалідацією токenu, зміна та відновлення пароля. Паролі зберігаються виключно у хешованому вигляді (bcrypt). Усього реалізовано 33 API-ендпоінти, згрупованих у вісім функціональних модулів: Accounts, Movies, Stars, Genres, Shopping Cart, Orders, Payments та Webhooks.

Інтеграцію з платіжною системою Stripe реалізовано через PaymentIntent API. Сервер ініціює платіж та передає client_secret клієнту для безпечного завершення транзакції через Stripe.js — дані картки ніколи не проходять через власний сервер, що відповідає вимогам стандарту PCI DSS. Обробник webhook-сповіщень верифікує підпис кожного запиту та реалізує ідемпотентну обробку подій для захисту від подвійного зарахування платежу при повторних спробах доставки.

Застосунок контейнеризовано засобами Docker Compose [6]: сервіс FastAPI-застосунку та сервіс PostgreSQL об'єднані в єдине ізольоване середовище. Міграції схеми бази даних управляються через Alembic. Написано тестовий набір із 38 автоматичних тестів на базі pytest та httpx.AsyncClient, що охоплює всі ключові модулі системи. Для ізоляції зовнішніх залежностей застосовано мокування Stripe API через unittest.mock. Усі 38 тестів проходять успішно.

Висновки та перспективи. Розроблений асинхронний REST API для онлайн магазину фільмів демонструє ефективність застосування FastAPI, PostgreSQL, SQLAlchemy та Stripe для побудови сучасних e-commerce систем. Реалізоване рішення забезпечує повний цикл взаємодії користувача з платформою, включаючи безпечну автентифікацію, перегляд каталогу, управління кошиком та проведення онлайн-платежів.

Практичне значення роботи полягає в тому, що розроблений застосунок є повнофункціональним backend-рішенням, придатним для розгортання у реальному середовищі. Модульна архітектура, покрита тестами кодова база та детальна OpenAPI-документація забезпечують зручність подальшого масштабування та розвитку продукту.

Подальші перспективи розвитку проєкту передбачають: система рекомендацій фільмів на основі історії замовлень; повнотекстовий пошук засобами PostgreSQL (pg_trgm); адміністративний веб-інтерфейс для керування каталогом.

Список використаних джерел:

1. Ramírez S. FastAPI Documentation : official technical documentation. URL: <https://fastapi.tiangolo.com> (дата звернення: 12.04.2026).

2. Pydantic Documentation : website. URL: <https://docs.pydantic.dev> (дата звернення: 12.04.2026).

3. SQLAlchemy Documentation : technical reference manual. URL: <https://docs.sqlalchemy.org> (дата звернення: 12.04.2026).

4. RFC 7519: JSON Web Token (JWT) / Internet Engineering Task Force (IETF) : web page. URL: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc7519> (дата звернення: 12.04.2026).

*Ляшок Андрій Вікторович, студент
Київський столичний університет імені Бориса Грінченка
Турукало Андрій Валерійович, старший викладач
Київський столичний університет імені Бориса Грінченка*

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА АІ-КОНТЕНТ МЕНЕДЖМЕНТУ НА ПЛАТФОРМІ MAKE.COM

Постановка задачі. У сучасному цифровому середовищі компанії потребують регулярного створення, погодження та публікації контенту для вебсайтів, блогів і соціальних мереж. У ручному режимі такі процеси є трудомісткими, потребують значних часових витрат, ускладнюють масштабування та підвищують ризик помилок під час передавання даних між різними платформами. Додатковою проблемою є необхідність одночасно працювати з кількома каналами публікації, механізмами погодження матеріалів і супровідними елементами сайту, зокрема FAQ-блоками. У зв'язку з цим виникає потреба у створенні автоматизованої системи АІ-контент менеджменту, яка забезпечує повний цикл роботи з цифровим контентом: від формування теми та підготовки матеріалу до його погодження, публікації та оновлення на вебресурсах [2–4].

Мета дослідження. Метою дослідження є розробка автоматизованої системи АІ-контент менеджменту на платформі Make.com для оптимізації процесів створення, погодження, публікації та оновлення цифрового контенту. Дослідження передбачає проєктування архітектури системи, реалізацію основних підсистем формування контенту, погодження матеріалів, багатоканальної публікації та автоматизованого FAQ-менеджменту, а також перевірку працездатності розробленого рішення в реальних сценаріях використання.

Результати дослідження. У межах дослідження спроектовано та реалізовано автоматизовану систему АІ-контент менеджменту на платформі Make.com [2]. Система побудована за модульним принципом і включає підсистему формування контенту, механізм погодження матеріалів, підсистему публікації та модуль автоматизованого FAQ-менеджменту. Як конфігураційне та операційне середовище використано Google Sheets, де зберігаються параметри клієнтів, статуси матеріалів, контент-пайплайн і службові дані [1].

У підсистемі формування контенту реалізовано окремі сценарії дослідницького модуля та модуля підготовки контенту. Перший аналізує вхідний контекст і формує дослідницький бриф, а другий створює фінальний текстовий контент, заголовок, ключовий акцент, блоки заклику до дії, хештеги та візуальний супровід. Для генерації тексту та частини медіаконтенту використано AI-сервіси, інтегровані через Make.com [2, 3].

Окремо реалізовано механізм погодження контенту через Gmail. Система автоматично надсилає матеріал клієнту, аналізує відповідь, визначає статус контенту та за потреби запускає цикл автоматичного доопрацювання.

Підсистема публікації забезпечує розміщення контенту на вебресурсах і в цифрових каналах комунікації. Як основний приклад публікації на сайті розглянуто WordPress, а також показано адаптацію матеріалів для соціальних мереж. Крім того, реалізовано FAQ-модуль, що дозволяє централізовано керувати питаннями та відповідями через Google Sheets із подальшою синхронізацією із сайтом [1, 4].

Проведене тестування охопило окремі сценарії, їх взаємодію та повний цикл проходження контенту від формування до публікації. Результати підтвердили працездатність основних підсистем, зменшення кількості рутинних ручних дій і можливість використання розробленого рішення в реальних бізнес-проектах.

Висновки та перспективи. Проведене дослідження підтвердило доцільність використання платформи Make.com для побудови автоматизованої системи AI-контент менеджменту. Реалізоване рішення поєднує формування текстового та візуального контенту, погодження матеріалів через Gmail, багатоканальну публікацію та автоматизований FAQ-менеджмент, що дозволяє централізувати керування контентними процесами та зменшити кількість рутинних ручних дій.

Отримані результати показали, що запропонований підхід може використовуватися в реальних бізнес-проектах. Подальший розвиток системи пов'язаний із розширенням клієнтського інтерфейсу керування, створенням веб-адмінки, підключенням нових платформ публікації та вдосконаленням механізмів автоматичного супроводу сценаріїв.

Список використаних джерел:

1. Google Workspace, Google Sheets API: Concepts // [Електронний ресурс]: <https://developers.google.com/workspace/sheets/api/guides/concepts>, Дата звернення: 13.05.2026

2. Make, Make Developers Documentation // [Електронний ресурс]: <https://developers.make.com/>, Дата звернення: 13.05.2026

3. OpenAI, Chat Completions API Reference // [Електронний ресурс]: <https://platform.openai.com/docs/api-reference/chat>, Дата звернення: 13.05.2026

4. WordPress Developer Resources, REST API Handbook // [Електронний ресурс]: <https://developer.wordpress.org/rest-api/>, Дата звернення: 13.05.2026

ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ ВІДМОВ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ МЕТОДАМИ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

Постановка задачі. Сучасні обчислювальні комплекси, зокрема високопродуктивні робочі станції та персональні комп'ютери, функціонують в умовах інтенсивного динамічного навантаження, за якого виконання обчислювально складних завдань зумовлює стрибкоподібні зміни рівнів енергоспоживання та тепловиділення апаратних компонентів. Традиційні засоби апаратного моніторингу базуються на детермінованому підході, який обмежується фіксацією та візуалізацією неструктурованих масивів телеметричних даних, залишаючи процес інтерпретації та аналізу причинно-наслідкових зв'язків на розсуд користувача.

Відсутність автоматизованого семантичного аналізу та кореляції між активністю фонових процесів операційної системи й температурними показниками обладнання призводить до тривалого термічного навантаження та прискореної деградації напівпровідникових структур. З огляду на це актуалізується науково-технічна задача розробки інтелектуальних архітектур, здатних здійснювати не лише пасивний збір метрик, а й предиктивну діагностику та виявлення прихованих технічних аномалій.

Мета дослідження. Метою роботи є проектування, програмна реалізація та верифікація модульного програмного комплексу для автоматизованого збору телеметрії обчислювальних систем та її інтелектуальної інтерпретації на основі методів просторової кластеризації та архітектури генеративного штучного інтелекту.

Результати дослідження. У межах дослідження спроектовано та програмно реалізовано модульну архітектуру інтелектуальної діагностичної системи на базі мови програмування Python із використанням локального реляційного сховища на основі системи керування базами даних SQLite. Компонент збору телеметричної інформації здійснює циклічне опитування апаратних датчиків, реєструючи вектори стану центрального процесора, оперативної пам'яті та графічного процесора. Паралельно здійснюється моніторинг життєвого циклу процесів операційної системи з первинною фільтрацією інформаційного шуму.

Для ідентифікації критичних станів і відхилень від нормального режиму функціонування впроваджено аналітичний модуль на базі алгоритму ієрархічної просторової кластеризації HDBSCAN. На відміну від класичних систем, що функціонують за фіксованими пороговими значеннями, цей підхід дозволяє виявляти складні багатовимірні аномалії шляхом аналізу щільності розподілу векторів ознак, попередньо підданих процедурі Z-нормалізації. Це забезпечує детекцію прихованих деструктивних процесів, як-от аномальне підвищення температури графічного адаптера за умови мінімальної утилізації обчислювальних ресурсів системи.

Комунікативний інтерфейс взаємодії з користувачем (рис. 26) реалізовано шляхом інтеграції великої мовної моделі Llama 3 через хмарний інтерфейс програмування додатків Groq. Застосування спеціалізованої процесорної архітектури Language Processing Unit дозволило мінімізувати затримки генерації тексту та усунути додаткове обчислювальне навантаження на локальні апаратні ресурси. Інформаційна взаємодія побудована за технологією генерації з розширенням пошуку (Retrieval-Augmented Generation).

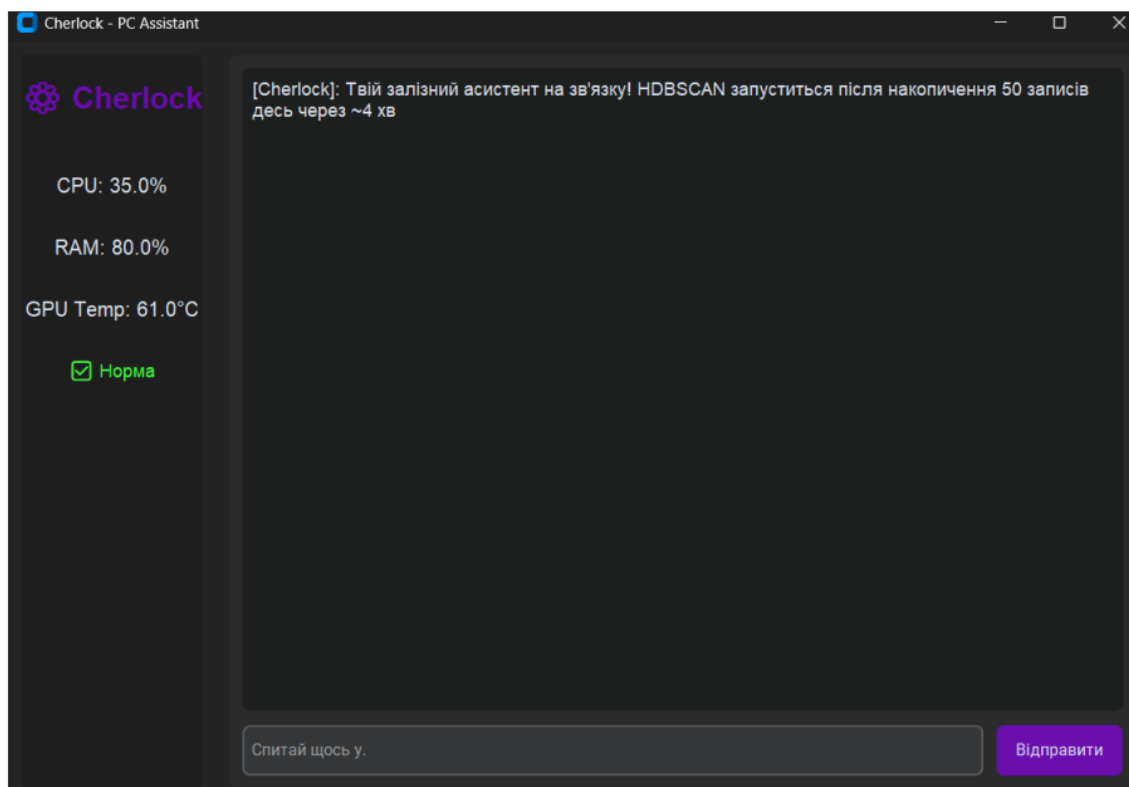


Рис. 26 Графічний інтерфейс користувача інтелектуальної системи моніторингу Cherlock.

Перед формуванням текстової відповіді система виконує реляційний запит до бази даних SQLite для витягування актуальних метрик, списку активних процесів та зафіксованих кластерів аномалій, що формує релевантний та достовірний контекст для мовної моделі. Експериментальна перевірка підтвердила здатність системи точно корелювати запуск ресурсомісткого програмного забезпечення зі зміною теплового профілю та надавати експертні рекомендації природною мовою без виникнення помилкових когнітивних спотворень та фактологічних помилок моделі.

Висновки та перспективи. Розроблена інтелектуальна система моніторингу демонструє високу ефективність під час переходу від пасивної реєстрації параметрів до проактивного предиктивного обслуговування обчислювальної інфраструктури. Синергетичний ефект від поєднання алгоритму ієрархічної кластеризації для детекції нетипових станів та великих мовних моделей для семантичного аналізу дозволив створити дієвий прототип автоматизованого інженерного асистента. Напрями подальших досліджень передбачають розширення номенклатури контрольованих датчиків, інтеграцію

механізмів довготривалої контекстної пам'яті для діалогового модуля, а також масштабування архітектури сховища шляхом переходу на серверну систему керування базами даних PostgreSQL для моніторингу розподілених корпоративних мереж.

Список використаних джерел

1. Дейт К. Д. Вступ до систем баз даних. 8-ме вид. Київ : Вільямс, 2016. 1328 с.
2. McInnes L., Healy J., Astels S. hdbscan: Hierarchical density-based clustering. Journal of Open Source Software. 2017. Vol. 2, no. 11. P. 205–211. DOI: <https://doi.org/10.21105/joss.00205>.
3. Lewis P., Perez E., Piktus A. et al. Retrieval-augmented generation for knowledge-intensive NLP tasks. Advances in Neural Information Processing Systems. 2020. Vol. 33. P. 9459–9474. DOI: <https://doi.org/10.5555/3495724.3496517>.
4. Python 3.12 Documentation / Python Software Foundation : website. URL: <https://docs.python.org/3/> (дата звернення: 12.04.2026).

*Нестеров Анатолій Сергійович, студент ДУІКТ
Шукула Олена Миколаївна, д.ф.-м.н., професор ДУІКТ*

РОЗРОБКА ФОРУМ-ПЛАТФОРМИ ДЛЯ ІТ-СПІЛЬНОТИ СТУДЕНТІВ REACT & TYPESCRIPT

Постановка задачі. На сучасному етапі розвитку ІТ-освіти проблема ефективної комунікації, обміну знаннями та нетворкінгу між студентами технічних спеціальностей залишається надзвичайно актуальною. У наявних рішеннях часто відсутня фокусна спеціалізація під специфічні потреби саме студентської спільноти. Існуючі платформи здебільшого є або занадто загальними (класичні соціальні мережі), або орієнтованими на досвідчених професіоналів (наприклад, Stack Overflow), що створює високий поріг входження та психологічний бар'єр для новачків. Саме тому обрана тема дослідження є актуальною, адже розроблення спеціалізованої форум-платформи сприятиме консолідації студентського ком'юніті, спільному вирішенню навчальних і практичних завдань та загальному покращенню якості підготовки майбутніх ІТ-фахівців.

Мета дослідження. Метою даного дослідження є розробка сучасної форум-платформи для ІТ-спільноти студентів, яка виконуватиме функцію єдиного комунікаційного центру, забезпечуватиме ефективний обмін знаннями та навчальними матеріалами, створюватиме зручне середовище для обговорення технологій і сприятиме професійному розвитку та співпраці користувачів.

Результати дослідження. У процесі дослідження проведено ретельний огляд та аналіз тематичної області дослідження: проаналізовано потреби студентських ІТ-спільнот, формати їхньої взаємодії в мережі Інтернет, а також визначено ключові функціональні вимоги до майбутньої форум-платформи.

Зроблено детальний аналіз популярних технологій та інструментів для створення сучасних веб-додатків. Було детально обґрунтовано вибір бібліотеки React та мови програмування TypeScript для розроблення клієнтської частини платформи. Таке поєднання інструментів забезпечує високу продуктивність роботи програми, масштабованість архітектури та зручність у підтримці коду як для розробників, так і для кінцевих користувачів. React виступає потужною основою сучасної веб-розробки (Single Page Applications), адже саме він відповідає за побудову користувацького інтерфейсу на основі компонентного підходу, ефективне управління станом додатку та швидке оновлення сторінок завдяки технології Virtual DOM. TypeScript – це мова програмування (надмножина JavaScript), яка додає строгу статичну типізацію. Вона дає змогу виявляти помилки ще на етапі написання коду, полегшує рефакторинг, робить структуру додатку більш передбачуваною та створює максимально зручне середовище для розробки складних інтерфейсів із великою кількістю даних.

За допомогою цих технологій було створено форум-платформу. Під час розробки було виконано аналіз потреб цільової аудиторії і визначено основні завдання системи – створення дискусій, обмін фрагментами коду, інформування спільноти про ІТ-події, а також забезпечення зручної системи коментування та оцінювання контенту. На основі цього було створено структуру платформи, яка складається з головної стрічки обговорень, розділів за категоріями (наприклад, Frontend, Backend, Design), системи авторизації та сторінки профілю користувача.

На етапі проектування розроблено макет дизайну платформи з урахуванням сучасних принципів UI/UX та потреб розробників. У процесі реалізації створено інтерфейс із чітким розподілом структурних елементів. Окремо розроблено навігаційну систему (роутинг), яка забезпечує миттєві переходи між темами без перезавантаження сторінки. Передбачено спеціальний функціонал для форматування тексту та підсвічування синтаксису коду в публікаціях.

Особливу увагу приділено візуальній складовій додатку – використано мінімалістичну кольірну гаму з підтримкою темної теми (Dark Mode), яка є стандартом де-факто для ІТ-спеціалістів. Таке оформлення створює комфортне середовище для тривалого читання та взаємодії з контентом.

Проведене тестування підтвердило, що форум-платформа функціонує стабільно, коректно відображається у різних браузерах і є повністю адаптивною для пристроїв із різною роздільною здатністю екрана (від смартфонів до десктопів). Усі інтерактивні елементи працюють без збоїв, а швидкість відмальовування компонентів відповідає сучасним стандартам продуктивності веб-додатків.

Висновки та перспективи. Результатом виконаної роботи є функціональна, інтерактивна та сучасна форум-платформа для ІТ-студентів, що може використовуватись як ефективний інструмент для об'єднання спільноти, взаємодопомоги у навчанні та розширення професійних зв'язків (нетворкінгу).

Подальше вдосконалення ресурсу може передбачати інтеграцію елементів гейміфікації (система репутації, бейджі за активність), впровадження чатів реального часу (через WebSockets), а також інтеграцію з популярними сервісами для розробників, такими як авторизація та імпорт портфоліо через GitHub.

Список використаних джерел:

1. Документація React: React Official Documentation / Meta Platforms, Inc. [Електронний ресурс]. URL: <https://react.dev/>
2. Документація TypeScript: TypeScript: Typed JavaScript at Any Scale / Microsoft Corporation. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.typescriptlang.org/docs/>

*Пугач Антон Сергійович, студент ДУІКТ
Кисіль Тетяна Миколаївна, старший викладач ДУІКТ*

НЕЙРОМЕРЕЖЕВЕ РОЗПІЗНАВАННЯ ЕМОЦІЙНОГО СТАНУ ЗА АКУСТИЧНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ МОВЛЕННЯ

Постановка задачі. У сучасній індустрії електронної комерції аналіз зворотного зв'язку від споживачів відіграє ключову роль у процесах оптимізації якості товарів та управління клієнтським досвідом. Проте більшість існуючих платформ цифрової торгівлі обмежуються збором текстових коментарів та числових рейтингів, які володіють високим рівнем семантичної неоднозначності й не здатні повною мірою відобразити істинне психоемоційне ставлення покупця до продукту чи послуги. Текстова модальність часто нівелює важливі експресивні відтінки, тоді як дискретні оцінки суб'єктивно зміщують результати моніторингу.

В зв'язку з цим виникає науково-технічна задача розробки автоматизованих систем інтелектуального аналізу мовлення, що базуються на методах глибокого навчання та цифрової обробки сигналів. Створення таких інструментів дозволить здійснювати об'єктивну ідентифікацію емоційного стану користувачів безпосередньо за акустичними параметрами їхніх голосових відгуків, суттєво підвищуючи інформативність та релевантність систем аналізу ринкових даних.

Мета дослідження. Метою цього дослідження є проектування, програмна реалізація та експериментальне оцінювання ефективності архітектури інтелектуальної системи, призначеної для автоматичного розпізнавання емоційних станів людини за аудіосигналами мовлення та інтеграції отриманих аналітичних результатів у середовище веб-платформ зворотного зв'язку.

Результати дослідження. В результаті проведеної роботи було спроектовано та програмно реалізовано веб-орієнтовану систему розпізнавання емоцій у мовленні (Speech Emotion Recognition, SER) на основі штучного інтелекту. Обчислювальне ядро програмного комплексу базується на архітектурі згорткової нейронної мережі, оптимізованої для класифікації спектрографічних образів аудіосигналів. Процес первинної обробки даних передбачає витягування медіальних частотних кепстральних коефіцієнтів (MFCC), які забезпечують компактне та інформативне представлення спектральних характеристик мовного сигналу з урахуванням особливостей людського слухового сприйняття.

Модель здійснює класифікацію вхідних аудіоданих за вісьмома базовими емоційними категоріями, серед яких виділяються спокій, радість, сум, злість, страх та здивування. Навчання та верифікація нейромережевих алгоритмів виконувалися з використанням еталонного міжнародного набору даних RAVDESS. Крім аналітичного модуля, розроблено повноцінний веб-додаток (рис. 27), графічний інтерфейс якого забезпечує адаптивну взаємодію користувача з платформою, дозволяючи переглядати номенклатуру товарів, реєструвати текстові та аудіовідгуки, а також візуалізувати результати детекції емоційного стану відразу після завантаження або безпосереднього запису мовного повідомлення.

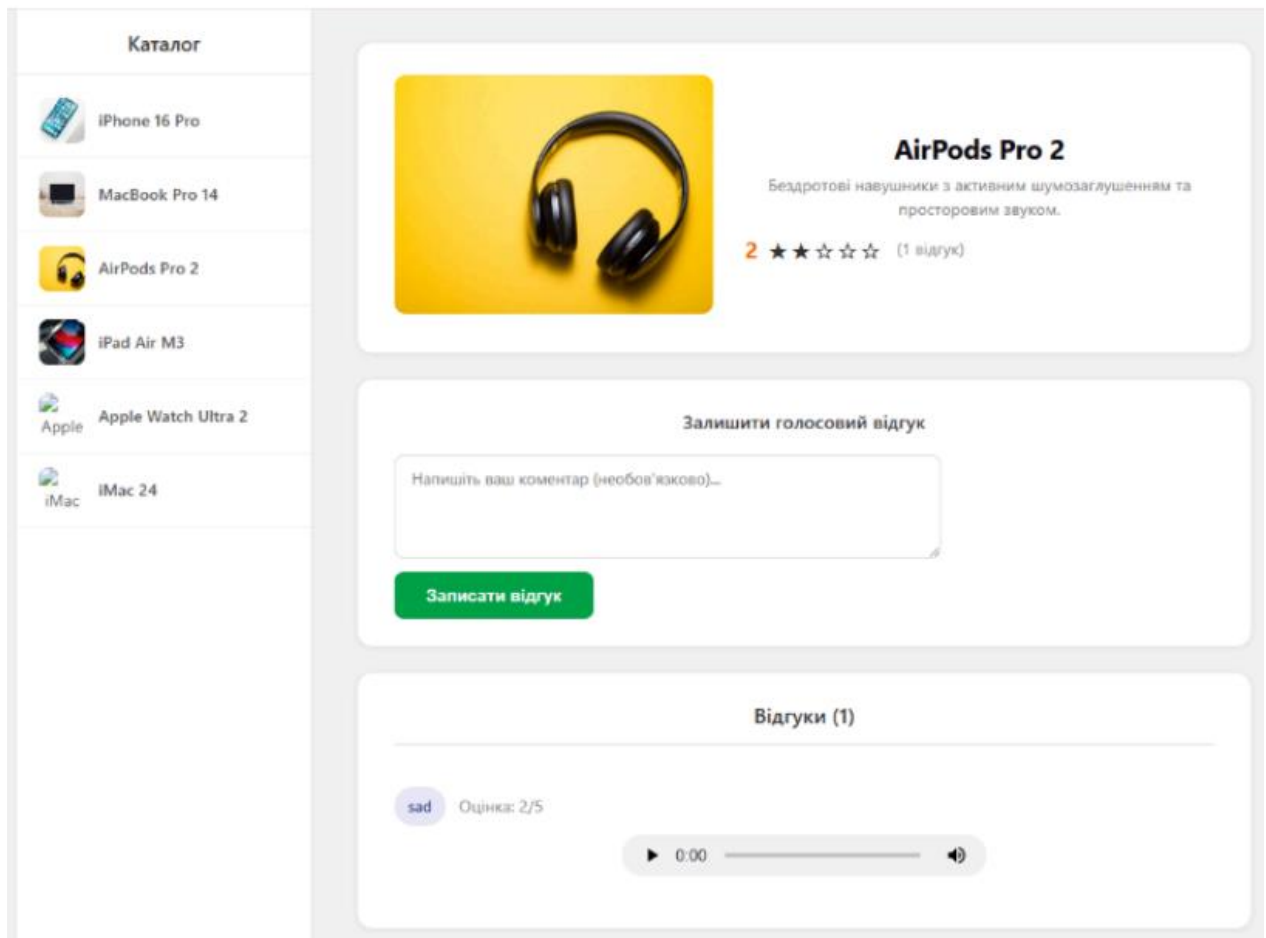


Рис. 27 Графічний інтерфейс користувача веб-орієнтованої системи аналізу голосових відгуків

Головна перевага створеної системи полягає у повній автоматизації процесу семантичного та акустичного моніторингу користувацьких відгуків, що усуває необхідність ручного прослуховування аудіофайлів експертами завдяки неблокуючому обчисленню ознак алгоритмами машинного навчання. Водночас експлуатація системи виявила низку технологічних обмежень, оскільки точність класифікації демонструє пряму залежність від рівня сторонніх акустичних шумів, технічних параметрів записуючого обладнання, індивідуальних лінгвістичних і фоноскопичних характеристик мовця, а також від ступеня репрезентативності вибірок. Додатковим деструктивним чинником є висока схожість акустичних профілів деяких емоційних станів у частотній площині, що створює передумови для взаємного перекриття кластерів під час розпізнавання.

Висновки та перспективи. Розроблена інтелектуальна система підтвердила потенціал практичного використання моделей глибокого навчання для предиктивного аналізу емоційної парадигми людського мовлення у сфері електронної комерції, забезпечуючи перехід до вищого рівня персоналізації взаємодії з клієнтами. Напрями подальшої модернізації даного інженерного рішення полягають в імплементації складніших нейромережових архітектур, розширенні спектра навчальних фонограм та впровадженні багатомодального підходу, який об'єднуватиме синхронний аналіз звукових сигналів, текстового контенту та мімічних проявів на відеопотоці. Окрім комерційного сектору, розроблений підхід володіє значними перспективами впровадження в системах телемедицини, комплексах психологічного моніторингу та інтелектуальних голосових асистентах.

Список використаних джерел:

1. Livingstone S. R., Russo F. A. The Ryerson Audio-Visual Database of Emotional Speech and Song (RAVDESS). PLoS ONE. 2018. Vol. 13, no. 5. Art. e0196391. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196391>.
2. Гудфеллоу Я., Бенджо І., Курвіль А. Глибоке навчання. Київ : КМ-Букс, 2018. 800 с.
3. Jurafsky D., Martin J. H. Speech and Language Processing: An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistics, and Speech Recognition. 3rd ed. draft. Upper Saddle River : Pearson, 2024. 614 p.
4. Han K., Yu D., Tashev I. Speech Emotion Recognition Using Deep Neural Network and Extreme Learning Machine. Proceedings of the 15th Annual Conference of the International Speech Communication Association (Interspeech 2014). Singapore, 2014. P. 223–227. DOI: <https://doi.org/10.21437/Interspeech.2014-57>.

*Малигін Вадим Вячеславович, студент ДУІКТ
Прокопов Сергій Васильович, к.т.н., доцент ДУІКТ*

АВТОМАТИЗАЦІЯ ОБРОБКИ ЗАЯВОК ТА МОНІТОРИНГУ РЕСУРСІВ ОРГАНІЗАЦІЇ НА БАЗІ ФРЕЙМВОРКУ LARAVEL

Цифровізація діяльності організацій зумовлює необхідність впровадження ефективних інструментів управління внутрішніми процесами. Однією з ключових задач є обробка заявок користувачів та контроль стану ресурсів, що безпосередньо впливає на продуктивність роботи підприємства. У багатьох випадках такі процеси виконуються із використанням розрізнених засобів або вручну, що призводить до затримок, втрати інформації та ускладнення контролю.

Сучасні веб-технології дозволяють створювати інтегровані інформаційні системи, які забезпечують централізоване управління заявками, автоматизацію робочих процесів та оперативний моніторинг ресурсів. Особливу роль у цьому відіграють фреймворки, що спрощують розробку, підвищують надійність програмного забезпечення та забезпечують структурованість коду.

Постановка задачі. Актуальність дослідження обумовлена необхідністю підвищення ефективності обробки заявок та контролю ресурсів організації шляхом автоматизації відповідних процесів. Основною проблемою є відсутність єдиної системи, яка дозволяє централізовано реєструвати заявки, відстежувати їх виконання та аналізувати використання ресурсів.

Потрібно розробити веб-систему, яка забезпечує реєстрацію заявок, їх обробку, зміну статусів, а також моніторинг стану ресурсів у реальному часі. Важливими вимогами є забезпечення зручного інтерфейсу, надійного зберігання даних, розмежування доступу користувачів та можливості масштабування системи.

Мета дослідження. Метою дослідження є створення веб-системи автоматизації обробки заявок та моніторингу стану ресурсів організації з використанням фреймворку Laravel, що забезпечує підвищення ефективності управління процесами та контролю ресурсів.

Результати дослідження. В процесі виконання роботи було здійснено системний аналіз існуючих методологій автоматизації корпоративних бізнес-процесів і детерміновано повний перелік функціональних та нефункціональних вимог до проєктованого програмного комплексу. На основі компаративного аналізу сучасних серверних інструментів обґрунтовано вибір фреймворку Laravel на базі мови програмування PHP як технологічного базису розробки. Дане рішення зумовлене високою ефективністю вбудованих засобів реалізації архітектурного патерну MVC (Model-View-Controller), розвинутою системою об'єктно-реляційного відображення Eloquent ORM, а також наявністю інтегрованих інструментів забезпечення інформаційної безпеки, включаючи захист від міжсайтового скриптингу, підробки міжсайтових запитів та SQL-ін'єкцій.

Програмно реалізована веб-система забезпечує наскрізне управління життєвим циклом заявок, автоматизуючи етапи їх реєстрації, маршрутизації між відповідальними підрозділами, контролю поточного статусу виконання та фінального архівування. Обчислювальне ядро системи містить спеціалізований модуль моніторингу стану матеріально-технічних та інформаційних ресурсів організації, який у режимі реального часу відстежує рівень їх утилізації, доступність та поточний баланс, мінімізуючи ризики виникнення дефіциту або нераціонального розподілу фондів.

Підсистема контролю доступу побудована за принципом рольового розмежування повноважень (Role-Based Access Control, RBAC), що гарантує сувору ізоляцію конфіденційних даних та гнучке адміністрування облікових записів персоналу. Додатково було спроектовано та інтегровано аналітичний модуль автоматичного генерування звітності, який здійснює агрегацію статистичних показників ефективності обробки запитів за визначені часові інтервали. Комплексне функціональне та навантажувальне тестування розробленого програмного забезпечення підтвердило його повну працездатність, високу швидкість обробки транзакцій та симетричну відповідність заданим критеріям технічної специфікації.

Висновки та перспективи. Отримані результати свідчать про доцільність використання веб-технологій для автоматизації внутрішніх процесів організації. Розроблена система дозволяє оптимізувати обробку заявок, підвищити прозорість процесів та забезпечити ефективний контроль ресурсів.

Подальший розвиток системи може бути пов'язаний із розширенням функціоналу, зокрема впровадженням аналітичних модулів, інтеграцією з іншими інформаційними системами, використанням мобільних додатків та застосуванням технологій штучного інтелекту для прогнозування навантаження на ресурси.

Список використаних джерел:

1. Laravel Documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://laravel.com/docs> (дата звернення: 12.04.2026).
2. Pressman R. Software Engineering: A Practitioner's Approach. – 8th ed. – McGraw-Hill, 2014. – 970 p.
3. Stauffer M. Laravel: Up and Running. – 2nd ed. – O'Reilly Media, 2019. – 500 p.p.

*Міскун Єгор Михайлович, студент, ДУІКТ
Кисіль Тетяна Миколаївна, ст. Викладач, ДУІКТ*

ОПТИМІЗОВАНЕ ІНТЕГРУВАННЯ ГЕНЕРАТИВНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В КОРИСТУВАЦЬКІ ПРОГРАМНІ ПРОДУКТИ

Постановка задачі. Еволюційний скачок у розвитку технологій штучного інтелекту, ініційований масовим поширенням діалогових моделей великих мовних архітектур, зумовив стрімку інтеграцію генеративних алгоритмів у програмні продукти споживчого сегмента. Прагнення розробників до розширення функціональних можливостей систем часто призводить до форсованого впровадження неперевіраних технологічних рішень. Це супроводжується ризиками порушення конфіденційності, несанкціонованого використання об'єктів авторського права під час навчання моделей, а також уразливостями архітектури зберігання даних, прикладом чого є прецеденти із системними інструментами фіксації екранної активності.

Подібні деструктивні чинники зумовили поляризацію споживчого середовища на дві домінуючі групи. До першої належать користувачі, які екстраполюють можливості когнітивних систем без належної оцінки інформаційних загроз, тоді як другу складають суб'єкти, які повністю відмовляються від програмного забезпечення з ознаками штучного інтелекту через критичне ставлення до репутаційних та етичних скандалів у технологічній індустрії. За таких умов виникає науково-технічна задача визначення архітектурних та правових критеріїв, що дозволяють інтегрувати генеративні алгоритми у нові програмні продукти із забезпеченням мінімізації ризиків безпеки, дотриманням ліцензійної чистоти та збереженням конкурентоспроможності систем у довгостроковій перспективі.

Мета дослідження. Метою цього дослідження є системне визначення та обґрунтування принципів етичного й безпечного функціонування генеративного штучного інтелекту в архітектурі користувацьких програмних продуктів на основі мінімізації витоку даних та використання верифікованих навчальних вибірок.

Результати дослідження. У межах аналізу сучасного ринку програмного забезпечення виокремлено два магістральні інженерні підходи, що задовольняють вимогам етичності та безпеки інформаційних систем. Перший підхід ґрунтується на застосуванні моделей, навчання яких здійснювалося виключно на легалізованих масивах даних. Технологічними прикладами такої реалізації є платформи Adobe Firefly та Shutterstock TRUTH, чиї навчальні вибірки формувалися з об'єктів суспільного надбання, відкритих ліцензій або закритих комерційних стоків із прямою компенсацією правовласникам. У цьому ж сегменті функціонує система exactly.ai, яка надає користувачам ізольоване середовище для навчання персональних генеративних моделей на власних графічних матеріалах із збереженням майнових прав для подальшого комерційного використання результуючих об'єктів.

Другий підхід вирішує проблему конфіденційності шляхом перенесення обчислювального процесу безпосередньо на клієнтську апаратну інфраструктуру (Edge AI), що повністю виключає транскордонну передачу даних на сторонні хмарні сервери. Прикладом такої архітектури є інтегрована в інтегровані середовища розробки JetBrains функція локального автодоповнення коду Full Line Code Completion. Даний модуль функціонує на базі пропрієтарної моделі низького рангу, що виконує обчислення на локальних центральних або графічних процесорах без утилізації значних обсягів системних ресурсів.

Додатково розширено можливості інструменту AI Assistant за рахунок сумісності з локальними менеджерами моделей LM Studio та Ollama через безкоштовні офлайн-протоколи взаємодії, що повністю ізолює інформаційний контур розробки. Аналогічні архітектурні патерни простежуються у плагінах середовища ведення нотаток Obsidian, зокрема Copilot та Transcription, де базовий функціонал хмарних нейромереж може бути повністю заміщений локальними обчислювальними вузлами для обробки текстової та аудіоінформації.

Головна перевага описаних підходів полягає у ліквідації юридичних та безпекових ризиків, що підвищує рівень довіри з боку консервативного сегмента користувачів. Водночас розгортання локальних та ліцензійно чистих моделей супроводжується системними компромісами. Локальні моделі загального призначення висувають високі вимоги до клієнтського апаратного забезпечення.

Якщо для роботи вузькоспеціалізованих алгоритмів автодоповнення коду достатньо процесорів із підтримкою векторних інструкцій AVX2, то експлуатація повноцінних великих мовних моделей для забезпечення релевантної швидкості генерації вимагає значних обсягів оперативної пам'яті та наявності дискретних графічних адаптерів класу High-End із розширеним об'ємом відеопам'яті (VRAM).

Крім того, через відносно обмежений обсяг верифікованих ліцензійних навчальних даних, етичні генеративні моделі на початкових етапах експлуатації можуть демонструвати нижчі показники метрик якості генерації, ніж комерційні аналоги, навчені на неструктурованих масивах інтернет-даних, що вимагає додаткового застосування методів тонкого налаштування (Fine-Tuning) під конкретні прикладні завдання.

Висновки та перспективи. Проведене дослідження підтверджує можливість успішного та етичного впровадження генеративного штучного інтелекту в архітектуру кінцевих програмних продуктів за умови дотримання балансу між обчислювальною потужністю та рівнем конфіденційності. Локалізація обчислень та суворий аудит ліцензійної чистоти навчальних вибірок виступають дієвим інструментом нівелювання репутаційних та інфраструктурних ризиків.

Перспективи подальшого розвитку цього напрямку лежать у площині оптимізації архітектур великих мовних моделей методом квантування (Quantization) та дистиляції знань (Knowledge Distillation) для зниження їхніх вимог до апаратних ресурсів клієнтських пристроїв, а також у створенні відкритих колаборативних платформ для формування легальних закритих датасетів високої якості.

Список використаних джерел:

1. Ethical Considerations - Using Generative AI / University of Alberta Libraries : subject guides. URL: <https://guides.library.ualberta.ca/generative-ai/ethics> (дата звернення: 20.12.2025).
2. Han Y., Huang L., Zhang T. Edge AI: On-device intelligence with generative language models and resource constraints. IEEE Communications Surveys & Tutorials. 2025. Vol. 27, no. 1. P. 142–165. DOI: <https://doi.org/10.1109/COMST.2024.3412095>.
3. Jobin A., Ienca M., Vayena E. The global landscape of AI ethics guidelines. Nature Machine Intelligence. 2019. Vol. 1, no. 9. P. 389–399. DOI: <https://doi.org/10.1038/s22267-019-0036-7>.
4. Овсієнко С. Штучний Інтелект та ChatGPT: вплив, етика та нова ера технологій / SPEKA : електронне видання. URL: <https://speka.ua/artificial-intelligence/stucnii-intelekt-ta-chatgpt-revolyuciya-moralni-dilemi-ta-perspektivi-maibutnyogo-9deedo> (дата звернення: 20.12.2025).

*Нечай Іван Олегович, студент ДУІКТ
Вишинівський Віктор Вікторович, д.т.н., професор ДУІКТ*

ПРОЕКТУВАННЯ ВЕБ-РЕСУРСУ ІНТЕРАКТИВНОЇ ВЕБ-ВІЗИТКИ ДЛЯ СФЕРИ РОЗВАЖАЛЬНИХ ПОСЛУГ НА БАЗІ СТЕКУ JS/PHP/MYSQL

Постановка задачі. Сучасний етап розвитку глобального інформаційного простору трансформував роль корпоративних вебресурсів, які еволюціонували зі статичних інформаційних сторінок у повноцінні інтерактивні інструменти комунікації та маркетингу. Сучасні цифрові представництва підприємств

інтегрують спеціалізовані модулі зворотного зв'язку, системи автоматизованого онлайн-бронювання та інтерактивні форми реєстрації користувачьких запитів. Впровадження подібних інженерних рішень дозволяє оптимізувати процеси обробки вхідних звернень, мінімізувати часові витрати операторів та забезпечити прямий економічний ефект за рахунок розширення клієнтської бази та інтенсифікації фінансового обороту організації.

З огляду на це виникає науково-технічна задача проектування та програмної реалізації легковагового, кросбраузерного та адаптивного вебресурсу компанії з надання послуг активного відпочинку. Для досягнення максимальної конверсії архітектура інтерфейсу має відповідати жорстким критеріям оригінальності, ергономічності та логічної структурованості інформаційного контенту, мінімізуючи глибину вкладеності сторінок та забезпечуючи комфортне сприйняття даних користувачем.

Мета дослідження. Метою роботи є проектування, програмна реалізація та комплексна верифікація веб-візитки пейнтбольного клубу для автоматизації інформаційного супроводу діяльності організації, підвищення її конкурентоспроможності на ринку розважальних послуг та залучення цільової аудиторії через цифрові канали взаємодії.

Результати дослідження. У межах дослідження було детально проаналізовано предметну область, вивчено бізнес-процеси функціонування об'єктів індустрії активного відпочинку та систематизовано функціональні й нефункціональні вимоги до проектованої інформаційної системи. Порівняльний аналіз чинних цифрових платформ аналогічного профілю дозволив виявити їхні архітектурні недоліки та закласти підґрунтя для розробки унікального інтерфейсного рішення.

На основі отриманих специфікацій було спроектовано модульну логічну структуру вебресурсу та реалізовано клієнт-серверний програмний комплекс. Клієнтська частина системи побудована з використанням базових мов декларативної розмітки HTML та каскадних таблиць стилів CSS. Динамічна складова фронтенду і валідація вхідних даних на стороні клієнта реалізовані за допомогою мови програмування JavaScript. Для забезпечення коректного адаптивного відображення елементів інтерфейсу на пристроях із різною роздільною здатністю екрана інтегровано фреймворк Bootstrap, що дозволило стандартизувати сітку макета та оптимізувати використання компонентів.

Серверну логіку додатку та взаємодію з персистентним сховищем даних реалізовано за допомогою мови програмування PHP. Як система керування базами даних застосована реляційна СКБД MySQL, у середовищі якої розроблено оптимізовану схему таблиць для збереження інформації про клієнтські транзакції та параметри зворотного зв'язку. Додаткове підключення зовнішніх JavaScript-бібліотек і плагінів дозволило розширити інтерактивний потенціал системи, не створюючи надлишкового навантаження на обчислювальні вузли.

Особливий акцент у роботі зміщено на етап комплексного тестування вебресурсу. Проведені експерименти охоплювали оцінювання загальної продуктивності системи, кросбраузерний аналіз у поширених програмних

середовищах перегляду, а також стрес-тестування адаптивності інтерфейсу. Виявлені під час випробувань локальні програмні дефекти та стилістичні похибки були повністю усунуті, що забезпечило високий рівень стабільності та відмовостійкості програмного продукту.

Висновки та перспективи. Результатом проведеного дослідження став повнофункціональний веб-ресурс пейнтбольного клубу, який демонструє високі показники швидкості завантаження сторінок, зручності навігації та візуальної привабливості. Програмний комплекс успішно вирішує задачі інформування аудиторії та автоматизації первинної обробки клієнтських заявок.

Перспективи подальшого розвитку проекту пов'язані з розширенням поточного функціоналу шляхом проектування повноцінного адміністративного кабінету, інтеграції платіжних шлюзів для реалізації транзакцій у режимі реального часу, впровадження модулів автоматичного SMS-інформування клієнтів, а також оптимізації архітектури під вимоги пошукових систем для підвищення позицій ресурсу в глобальних пошукових видачах.

Список використаних джерел:

1. Nixon R. Learning PHP, MySQL & JavaScript: With jQuery, CSS & HTML5. 6th ed. Sebastopol : O'Reilly Media, 2021. 825 p.
2. Duckett J. JavaScript and jQuery: Interactive Front-End Web Development. Hoboken : John Wiley & Sons, 2014. 640 p.
3. Shklar L., Rosen R. Web Application Architecture: Principles, Protocols and Practices. 2nd ed. Chichester : John Wiley & Sons, 2009. 420 p. DOI: <https://doi.org/10.1002/9780470742563>.
4. Velychko O. V. Methods of structural optimization of client-server web applications for small businesses. Advanced Information Systems. 2023. Vol. 7, no. 2. P. 114–121. DOI: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2023.2.16>.

*Олійник Богдан Олександрович, аспірант ДУІКТ
Чичкарьов Євгеній Анатолійович, д.т.н., професор ДУІКТ*

AI-АГЕНТИ З ПІДТРИМКОЮ MCP ДЛЯ ПОБУДОВИ САМООНОВЛЮВАНОЇ КОРПОРАТИВНОЇ БАЗИ ЗНАНЬ

Постановка задачі. У сучасних організаціях знання розподілені між документами, базами даних, сервісами, месенджерами та внутрішніми порталами. Через це корпоративні бази знань швидко втрачають актуальність, а доступ до релевантної інформації залежить від ручного оновлення і знання неформальних зв'язків між артефактами. Підхід Retrieval-Augmented Generation засвідчив доцільність залучення зовнішньої пам'яті для knowledge-intensive задач, однак класичний RAG краще працює з локальним пошуком фрагментів, ніж із глобальним осмисленням усього корпусу. Водночас Model Context Protocol (MCP) відкриває можливість стандартизовано під'єднувати AI-агентів до джерел даних, ресурсів та інструментів організації [3; 4].

Мета дослідження. Метою є обґрунтувати концепцію AI-агента з підтримкою MCP для побудови самооновлюваної корпоративної бази знань, у якій інтеграція джерел, витяг сутностей і зв'язків, індексація фрагментів, контроль доступу та генерація відповідей поєднуються в єдиний контур. Також ставиться завдання показати, що для enterprise-середовища доцільною є гібридна модель зберігання: векторний індекс для швидкого пошуку релевантних фрагментів і графовий шар для представлення сутностей, відношень, ролей, подій та залежностей між ними.

Результати дослідження. Установлено, що MCP доцільно розглядати як інтеграційний протокол, а не як власне сховище знань. Через MCP-сервери агент може виявляти ресурси, викликати інструменти та отримувати повідомлення про зміни, після чого запускати цикл оновлення: зчитування нових даних, нормалізацію, дедуплікацію, семантичне зв'язування, переіндексацію та фіксацію версії знань. Для локальних запитів достатньо RAG-пошуку за документними фрагментами, але для запитів на кшталт «які підрозділи, процеси та документи пов'язані з конкретною подією» продуктивнішим є графоорієнтований підхід. GraphRAG демонструє, що побудова графового індексу сутностей і спільнот дає кращі результати на глобальних запитах до великих приватних корпусів, ніж звичайний RAG. Отже, самооновлювана база знань має будуватися як керована багатоваріантова система: конектори через MCP, модуль екстракції та зв'язування знань, векторний індекс, графовий шар і політики перевірки дій агента [1; 3; 4].

Висновки та перспективи. Перспективність MCP-enabled AI-агентів полягає в тому, що вони зменшують вартість інтеграції нових корпоративних джерел і забезпечують перехід від статичної бази знань до динамічного knowledge loop, у якому знання поповнюються після змін у вихідних системах. Практична цінність такого підходу полягає у кращій трасованості відповідей, підтримці багатокрокових запитів і виявленні прихованих залежностей між об'єктами предметної області. Перспективами подальших досліджень є автоматичне розв'язання конфліктів між новими і наявними фактами, урахування часової динаміки знань, побудова рольових моделей доступу та підвищення точності витягу зв'язків у багатомовних корпоративних даних [1; 2; 4].

Список використаних джерел

1. Edge D., Trinh H., Cheng N. et al. From Local to Global: A Graph RAG Approach to Query-Focused Summarization. 2025. DOI: 10.48550/arXiv.2404.16130.
2. Galkin M., Auer S., Vidal M.-E., Scerri S. Enterprise knowledge graphs: A semantic approach for knowledge management in the next generation of enterprise information systems. 2017. DOI: 10.5220/0006325200880098.
3. Lewis P., Perez E., Piktus A. et al. Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks. 2020. DOI: 10.48550/arXiv.2005.11401.
4. Model Context Protocol Documentation. Specification. Version 2025-11-25, 2025.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ СТРУКТУРИ ФУНКЦІЇ ВИНАГОРОДИ НА СТРАТЕГІЮ ПОВЕДІНКИ ШІ-АГЕНТІВ У ЛАБІРИНТАХ

Постановка задачі. Навігація агентів у просторах з перешкодами (лабіринтах) — це важлива задача в навчанні з підкріпленням (Reinforcement Learning, RL). Головна складність цих середовищ — рідка нагорода. Агент отримує хороший сигнал лише коли досягає кінцевої мети. Через це агент погано досліджує простір і алгоритм сходиться дуже довго.

Для подолання цього бар'єру використовуються методи формування винагороди. Ці методи додають проміжні підказки до цільової функції. Проте коли проміжні винагороди погано спроектовані, з'являється феномен «зламу винагороди» (reward hacking). ШІ-агент у цьому випадку шукає циклічні субоптимальні стратегії. Він робить це, щоб максимізація поточного задоволення, а не виконання глобальної задачі. Тому потрібно аналізувати, як саме конструювання функції винагороди модифікує фінальну траєкторію і стратегію поведінки агента.

Мета дослідження. Метою дослідження є аналіз, як різні способи формування функції винагороди, від дуже розрідженої до щільної, впливають на динаміку навчання, швидкість збіжності та фінальну стратегію навігації ШІ-агентів, які функціонують на базі сучасних алгоритмів глибокого навчання з підкріплення (PPO і DQN) у лабіринтах різної топології.

Результати дослідження. Під час проведення дослідження, було змодельовано лабіринт, у якому агенти отримували просторову інформацію через вектор дальності. Було протестовано три варіанти винагороди. Перший варіант – розріджена винагорода: винагорода лише за вихід з лабіринту, штраф за кожен крок. Другий варіант – щільна евристична винагорода: додаткова винагорода, яка зменшується, коли агент ближче до цілі, бо винагорода обернено пропорційна евклідовій відстані до цілі. Третій варіант – щільна потенціальна винагорода: винагорода, яка базується на різниці потенціалів відстаней між поточним і попереднім станом.

В результаті, використання евристичної щільної винагороди прискорило первинну збіжність алгоритмів, але призвело до формування більш обережної поведінки у агентів. Вони почали уникати складних шляхів і тупиків, навіть коли ці шляхи могли вести до кращого результату. Через це агенти часто залишалися в місцях, де нічого не змінювалося. Наприклад, агент безкінечно бігав вздовж стіни, бо стіна була найближче до цілі.

Алгоритм PPO виявився більш стабільним, коли працював з потенціальною щільною винагородою. Цей алгоритм швидко підлаштував випадкову стратегію під складний лабіринт. Алгоритм DQN, навпаки, був дуже чутливим до збільшення проміжних нагород, що вимагало додаткової нормалізації сигналів середовища.

Використання потенціальної функції винагороди дало короткі маршрути і хорошу геометрію. Підхід прибрав зайві маневри і кругові підтраєкторії, оскільки математично гарантував незмінність оптимальної політики відносно вихідної розрідженої задачі.

Висновки та перспективи. Структура функції підкріплення — є головним чинником, який визначає не лише темпи збіжності ІІІ-агента, а й топологічні особливості його фінальної поведінкової стратегії, оскільки спрощене введення проміжних інтерполяційних бонусів без урахування потенціалу станів спотворює вихідну цільову функцію та призводить до виродження навігаційних маршрутів. Водночас математично обґрунтоване формування винагороди на основі різниці потенціалів дозволяє ефективно імплементувати переваги високої швидкості навчання сучасних архітектур (зокрема PPO та DQN), гарантуючи при цьому генерацію найкоротших траєкторій. У контексті подальшого розвитку цього напрямку перспективним бачиться відхід від евристичного конструювання середовищ на користь наскрізної автоматизації процесів Reward Shaping, що може бути реалізовано шляхом інтеграції модулів внутрішньої цікавості (Intrinsic Curiosity Modules) та методологій мета-навчання для динамічного синтезу адаптивних функцій винагороди без безпосередньої участі інженера.

Список використаних джерел:

1. Amodei D. et al. Concrete Problems in AI Safety. *arXiv preprint arXiv:1606.06565*. 2016. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1606.06565>
2. Ng A. Y., Harada D., Russell S. J. Policy invariance under reward transformations: Theory and application to reward shaping. *Proceedings of the Sixteenth International Conference on Machine Learning (ICML '99)*. 1999. Vol. 99. P. 278–287.
3. Yildiz S. A., Şahinaslan Ö., Borandag E., Yücalar F. Comparing the Performance of PPO and DQN Algorithms in Different Game Environments Using a Reinforcement Learning Approach. *Journal of Innovative Science and Engineering*. 2026. Vol. 10, No. 1. P. 138–157. DOI: <https://doi.org/10.38088/jise.1753889>
4. Zou H. et al. Reward Shaping via Meta-Learning. *arXiv preprint arXiv:1901.08810*. 2019. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1901.08810>

*Омельянович Олександр Сергійович, студент ДУІКТ
Раєвський Вадим Юрійович, студент ДУІКТ
Фесенко Максим Анатолійович, к.т.н., доцент ДУІКТ*

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ДЛЯ ПІДТРИМКИ КОРИСТУВАЧІВ ВИКОРИСТАННЯМ ІІІ

Постановка задачі. У сучасному корпоративному середовищі служби технічної підтримки щоденно опрацьовують значну кількість однотипних звернень користувачів, пов'язаних із перевіркою доступів, ліцензій, облікових записів та технічних несправностей. Ручне опрацювання таких запитів потребує значних часових витрат, залежить від досвіду спеціаліста та ускладнюється

необхідністю роботи з кількома корпоративними системами одночасно. Одним із перспективних напрямів автоматизації сервісної підтримки є використання великих мовних моделей (LLM), здатних аналізувати запити природною мовою, підтримувати діалог та формувати контекстно орієнтовані відповіді.

Мета дослідження. Метою дослідження є розроблення інтелектуальної системи підтримки користувачів для автоматизації задач L1 help desk із використанням великих мовних моделей, workflow-оркестрації та інтеграції корпоративних джерел даних.

Результати дослідження. У ході роботи було розроблено інтелектуальну систему підтримки користувачів, інтегровану в корпоративне середовище через Slack. Система забезпечує автоматичне опрацювання типових звернень користувачів, контекстний аналіз запитів, підтримку багатокрокового діалогу, аналіз прикріплених зображень та механізм контрольованої ескалації складних випадків до спеціаліста.

Для реалізації системи використано платформу автоматизації n8n, яка забезпечує оркестрацію workflow та взаємодію між компонентами системи. Як інтелектуальне ядро використано модель OpenAI GPT-4o-mini через OpenAI API. Для збереження інформації про користувачів, історії взаємодії та службових подій застосовано СУБД PostgreSQL. Інтеграція із корпоративними джерелами контексту реалізована через Snipe-IT REST API та LDAP.

У системі реалізовано три основні workflow: обробку Slack webhook-подій, побудову контексту користувача та інтелектуальну обробку звернень. Також реалізовано механізми дедуплікації подій, обмеження частоти запитів (rate limiting), збереження пам'яті діалогу та мультимодальний аналіз скріншотів технічних помилок.

Результати тестування показали, що система здатна автоматизувати значну частину типових звернень першої лінії підтримки, зменшити навантаження на спеціалістів help desk та підвищити оперативність сервісного обслуговування користувачів.

Висновки та перспективи. У результаті мною проведеного дослідження було створено інтелектуальну систему підтримки користувачів для автоматизації задач L1 help desk із використанням великих мовних моделей та workflow-оркестрації. Використання AI-асистента дозволяє автоматизувати повторювані процеси сервісної підтримки, забезпечити контекстно орієнтовану взаємодію з користувачем та скоротити час обробки звернень.

У подальшому систему можна вдосконалювати шляхом інтеграції додаткових корпоративних сервісів, розширення механізмів пам'яті діалогу, впровадження Retrieval-Augmented Generation (RAG), а також використання локальних великих мовних моделей для підвищення рівня конфіденційності корпоративних даних.

Список використаних джерел:

1. Vaswani A. Attention Is All You Need. — NeurIPS, 2017.
2. OpenAI API Documentation // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://platform.openai.com/docs>

3. n8n Documentation // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://docs.n8n.io/>

4. Slack API Documentation // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://api.slack.com/>

*Пархотько Єлізавета Олександрівна, студентка ДУІКТ
Завацький Владислав Олександрович, старший викладач ДУІКТ*

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ ІТ-ІНФРАСТРУКТУРИ СУЧАСНОГО ОФІСУ

Актуальність дослідження. Сучасний офіс оперує великою кількістю апаратних вузлів, різнорідними програмними продуктами, корпоративними мережами та хмарними сервісами. Ручне адміністрування такого середовища неминуче призводить до зростання операційних витрат, помилок конфігурації та затримок у реагуванні на інциденти. Відсутність єдиного інструменту управління ускладнює облік ресурсів, контроль ліцензій та своєчасне оновлення програмного забезпечення.[1] Тому розробка інформаційної системи, здатної централізувати та автоматизувати управління ІТ-інфраструктурою офісу, є актуальним науково-практичним завданням.

Постановка задачі. Основною задачею є проєктування та реалізація інформаційної системи, що забезпечує централізоване управління компонентами ІТ-інфраструктури: мережевим обладнанням, робочими станціями, серверами та хмарними ресурсами. Система повинна підтримувати автоматизований моніторинг стану пристроїв у реальному часі, управління конфігураціями, облік активів, оповіщення про відхилення від норми та формування аналітичної звітності для підтримки управлінських рішень.[2]

Мета дослідження. Метою є розробка інформаційної системи управління та автоматизації ІТ-інфраструктури, яка дозволить підвищити ефективність адміністрування офісного середовища, скоротити час реагування на технічні інциденти та мінімізувати операційні витрати. Для досягнення мети необхідно визначити архітектуру системи, спроектувати модель даних, реалізувати модулі моніторингу, управління конфігураціями та автоматизованого сповіщення, а також розробити підсистему аналітики й звітності.

Результати дослідження. Запропонована система побудована на модульній архітектурі та охоплює такі функціональні компоненти. Модуль інвентаризації забезпечує автоматичне виявлення та облік апаратних і програмних ресурсів мережі. Модуль моніторингу здійснює збір і аналіз метрик продуктивності та доступності вузлів у реальному часі. Модуль управління конфігураціями відповідає за централізоване зберігання, версіонування та розгортання налаштувань пристроїв. Модуль управління інцидентами забезпечує реєстрацію, класифікацію та маршрутизацію технічних запитів. Модуль аналітики та звітності формує зведені дані про стан інфраструктури та надає інструменти для прийняття рішень.[3]

Ключовою особливістю системи є інтеграція підсистеми автоматизації рутинних задач: планового оновлення програмного забезпечення, резервного копіювання конфігурацій та автоматичного реагування на типові інциденти за заздалегідь визначеними сценаріями. Для зберігання даних застосовується реляційна база даних із нормалізованою структурою таблиць, що охоплює сутності: пристрої, конфігурації, події, інциденти та користувачі системи. Серверна частина реалізована з використанням REST API, що забезпечує взаємодію між компонентами та можливість інтеграції із зовнішніми сервісами.[4]

Висновки та перспективи. Розроблена інформаційна система забезпечує комплексну автоматизацію управління IT-інфраструктурою сучасного офісу, підвищуючи надійність, керованість та економічну ефективність її експлуатації. Централізація адміністрування та автоматизація рутинних процесів дозволяють скоротити час реагування на інциденти й підвищити точність обліку ресурсів. Перспективи подальших досліджень пов'язані з інтеграцією методів машинного навчання для прогнозування збоїв та впровадженням концепції AIOps для інтелектуалізації IT-операцій.

Список використаних джерел:

1. Карпенко М. Ю., Манакова Н. О. Технології створення програмних продуктів та інформаційних систем : навч. посіб. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2022. 120 с.
2. В'юнник Ю. О. Адаптивна модель адміністрування інформаційної інфраструктури в умовах використання гібридних хмарних рішень // Сучасні аспекти діджиталізації та інформатизації в програмній та комп'ютерній інженерії : зб. тез III Міжнар. наук.-практ. конф. Київ : ДУІКТ, 2025. С. 339–342.
3. Петраченко І. А. Особливості розробки інформаційних систем управління складом магазину формату DІY для автоматизації обліку товарних запасів // Сучасні аспекти діджиталізації та інформатизації в програмній та комп'ютерній інженерії : зб. тез III Міжнар. наук.-практ. конф. Київ : ДУІКТ, 2025. С. 362–365.
4. Fielding R. T. Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures : doctoral dissertation. University of California, Irvine, 2000. 162 p.

*Приходченко Дмитро Максимович, студент ДУІКТ
Шикула Олена Миколаївна, д.ф.-м.н., професор ДУІКТ*

РОЗРОБКА TELEGRAM-БОТА ДЛЯ ГЕНЕРАЦІЇ ПОСТІВ НА ОСНОВІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Постановка задачі. У сучасних умовах цифрового маркетингу (SMM) швидке створення якісного контенту є критично важливим для бізнесу. Хоча генеративні моделі штучного інтелекту здатні автоматизувати цей процес, на ринку спостерігається фрагментація таких інструментів. Користувачам доводиться використовувати різні платформи для текстів та зображень, створювати складні промпти та вручну переносити результати в соціальні

мережі. Виникає необхідність створення єдиного мобільного інструменту, який би поєднував мультимодальну генерацію контенту та його автоматичну публікацію. Технологія Telegram WebApp (Mini Apps) є оптимальним середовищем для вирішення цієї проблеми, оскільки забезпечує кроссплатформність без необхідності встановлення додаткових застосунків.

Мета дослідження - проектування та програмна реалізація автоматизованої інформаційної системи (на прикладі платформи «AICoryPro») для генерації та відкладеного постингу контенту, яка об'єднує мобільний клієнтський інтерфейс, серверний модуль взаємодії з нейромережами та систему управління білінгом.

Результати дослідження. Для реалізації клієнтської частини (Frontend) використано бібліотеку React та мову TypeScript. Інтерфейс інтегровано в Telegram Mini App, що дозволяє користувачеві налаштовувати параметри генерації (тема, тональність, мова) та керувати відкладеними публікаціями безпосередньо з месенджера.

Серверна частина (Backend) побудована на мові Python з використанням мікрофреймворку Flask та асинхронної бібліотеки Aiogram 3. Ключовою особливістю серверної логіки є алгоритм "каскадної мультимодальної генерації". Початковий запит користувача обробляється моделлю OpenAI для створення SMM-тексту. Далі система автоматично формує деталізований технічний промпт англійською мовою і відправляє його до візуальної моделі Google Gemini для генерації релевантного зображення.

З метою підвищення відмовостійкості та зручності резервного копіювання, базу даних реалізовано на основі СКБД SQLite з логічним розділенням на незалежні мікромодулі: users.db (користувачі та канали), requests.db (історія генерацій та черга постингу), payments.db та promo.db (фінансові транзакції через Crypto Bot API), а також rate_limits.db і analytics.db для захисту системи.

У результаті проведеного дослідження та програмної розробки було створено комплексну інформаційну систему «AICoryPro», що складається з наступних взаємопов'язаних модулів:

Клієнтський модуль (Frontend): Реалізовано інтерактивний веб-застосунок (Telegram Mini App) на базі бібліотеки React та мови TypeScript. Інтерфейс забезпечує користувачеві зручне середовище для налаштування параметрів генерації (тема, тональність, мова) та візуального керування чергою відкладених публікацій безпосередньо у месенджері.

Інтелектуальний модуль генерації (Backend): Серверну частину побудовано на Python (Flask, Aiogram 3). Ключовим здобутком є впровадження алгоритму «каскадної мультимодальної генерації». Початковий запит користувача обробляється моделлю OpenAI для створення оптимізованого SMM-тексту, після чого система автоматично, без участі людини, генерує технічний англійськомовний промпт та передає його до візуальної нейромережі Google Gemini для створення релевантного зображення.

Розподілена архітектура зберігання даних: З метою підвищення відмовостійкості та оптимізації навантаження, замість монолітної БД реалізовано систему ізольованих мікромодулів на базі СКБД SQLite: users.db (облік користувачів), requests.db (історія транзакцій III та черга автопостингу), payments.db та promo.db (фінансова статистика і промокоди), а також analytics.db для моніторингу.

Модуль монетизації та кібербезпеки: Інтегровано платіжний шлюз Crypto Bot API для автоматичного поповнення балансу (токенів) у криптовалюті USDT. Розроблено захищену веб-панель адміністратора із впровадженням сучасних механізмів безпеки: криптографічна валідація запитів Telegram, лімітування частоти запитів (rate-limiting), захист від брутфорсу та двофакторна аутентифікація (2FA).

Висновки та перспективи. Розроблена інформаційна система демонструє ефективність синергії сучасних веб-технологій (React, Flask) та генеративного штучного інтелекту. Реалізоване рішення успішно автоматизує життєвий цикл створення контенту, від генерації ідеї до публікації в Telegram-каналах, оптимізуючи ресурси фахівців. Перспективою подальшого розвитку проєкту є міграція баз даних на PostgreSQL для забезпечення масштабованості при високих навантаженнях, розширення підтримуваних соціальних мереж для автопостингу та впровадження системи детальної аналітики залученості аудиторії.

Список використаних джерел:

1. Telegram Mini Apps Documentation. – [Електронний ресурс]. – URL: <https://core.telegram.org/bots/webapps>
2. OpenAI API Documentation. – [Електронний ресурс]. – URL: <https://platform.openai.com/docs>
3. React Documentation. – [Електронний ресурс]. – URL: <https://react.dev/>
4. Aiogram Documentation. – [Електронний ресурс]. – URL: <https://docs.aiogram.dev/>

Prokipchyn Stepan, PhD Student,
State University of Information and Communication Technologies
Ishcheryakov Serhiy Mykhailovych, Supervisor
State University of Information and Communication Technologies

FROM SPOKEN DIAGNOSIS TO ADAPTIVE CURRICULA: A LIVEKIT-BASED ARCHITECTURE FOR AI-POWERED INSTRUCTIONAL DESIGN

Problem Statement. ADDIE, 4C/ID, and SAM differ in iteration cadence and in the vocabulary they use for their components, but they share a premise: the state of the learner is something you find out before you design, not something the design itself produces [1, 2, 3]. In real systems the resulting diagnosis is thin. A placement test, a self-assessment form, a short interview with a teacher. The cost of doing more has historically been the limiting factor. Recent surveys of AI agents in education trace an arc from single-LLM tutors through retrieval-augmented tutors to multi-agent planners [4, 5]. Across that literature the diagnostic step is assumed to be either solved already or delegated to something outside the system. Two changes in the underlying technology break this assumption. First, current language models can sustain a naturalistic teaching conversation without losing pedagogical control. Second, real-time voice frameworks such as LiveKit Agents now make sub-second voice pipelines practical in production rather than as a research demo. Taken together, they make a

spoken diagnostic interview workable as the default onboarding step of an adaptive learning system, not as a premium feature reserved for high-touch tutoring.

Reference Architecture. The system has three tiers. A client application captures the learner's voice and renders the conversational UI. A backend server holds persistent learner state and issues short-lived session credentials. An agent worker, hosted on LiveKit Agents, runs the conversational logic. Real-time audio and structured events go over WebRTC. Everything else uses HTTPS. The diagnostic conversation is built as a TaskGroup of typed AgentTasks in the order *consent* → *goal context* → *open diagnostic* → *targeted probes* → *review and confirm*. Each phase returns a typed result, and those results incrementally populate the learner model. Information flowing from the agent back to the client travels on two separate channels. Participant attributes mirror durable state such as the current phase or the partial competency graph. RPC carries one-shot events: a consent confirmation, a streamed interpretation, a UI instruction. The split matters because conflating state and events results in either lost updates after a reconnect or duplicated UI reactions. Plan generation and content selection run as asyncio coroutines that start the moment their inputs are sufficient, rather than waiting for the full learner-model to stabilise. Every derived artefact is version-stamped against the snapshot of the learner model it was computed from, so a learner who corrects an earlier answer can regress the affected phase without corrupting anything downstream.

Instantiation and Outlook. The architecture has been instantiated for a voice-first language-learning product aimed at B1–C1 learners. The intermediate-to-advanced segment is where the gap is most visible: speech tooling in this segment is mature, but diagnostic onboarding in the leading consumer products is still a tap-based form. The learner-model snapshot we produce contains a lexicon estimate split into known, partially known, and unknown items; a CEFR-mapped grammar-mastery vector with evidence pointers back into the diagnostic transcript; a pronunciation profile; a structured goal context; and, where present, teacher-assigned priorities. The plan-generation agent consumes that snapshot and drafts lessons whose vocabulary is drawn mostly from the known set, with a small, controlled number of new items per lesson, while exercising weak grammar structures inside topics taken from the goal context. None of the voice-first products we reviewed document this capability publicly. Where a teacher is bound to the learner, a dashboard exposes the learner model for editing and lets the teacher write a priority overlay. The plan-generator treats that overlay as a hard constraint, not a soft preference, which positions the AI as a daily practice layer around human instruction rather than a replacement for it. The diagnostic-conversation → learner-model → plan-generation pattern is not specific to language. Any competency domain whose mastery can be approximated by a structured state vector fits the same shape, including programming proficiency, clinical reasoning, and technical maintenance. Comparing pedagogical outcomes against an equivalent-length tap-based placement is the next step.

References

1. Van Merriënboer, J.J.G., Kirschner, P.A.: Ten Steps to Complex Learning. 3rd edn. Routledge, New York (2018).
2. Wang, S., Wang, T., Zhu, Y., et al.: LLM Agents for Education: Advances and Applications. arXiv:2503.11733 (2025).

3. Zhang, X., Wu, X., Zhang, Y., et al.: EduPlanner: LLM-Based Multi-Agent Systems for Customized and Intelligent Instructional Design. arXiv:2504.05370 (2025).

4. LiveKit, Inc.: LiveKit Agents Documentation. <https://docs.livekit.io/agents/>, last accessed 2026/05/24.

Реул Нікіта Євгенович, студент ДУІКТ

ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В НАУЦІ ТА ОСВІТІ

Постановка задачі. Важко уявити сучасний світ без інтелектуальних інформаційних технологій, адже вони відіграють важливу роль у розвитку науки, освіти, економіки та й суспільства загалом. Стрімке зростання кількості потрібної нам інформації, автоматизація процесів та розвиток цифрового суспільства сприяють впровадженню штучного інтелекту, машинного навчання, нейронних мереж, робототехніки та хмарних технологій. Актуальності набуває використання інтелектуальних систем у сфері освіти, медицини та державного управління. В Україні, незважаючи на складні економічні умови, активно розвиваються цифрові сервіси, системи автоматизації та технології штучного інтелекту. Менше з тим існує проблема низького рівня інтеграції сучасних інтелектуальних технологій у наукову та освітню діяльність, а також недостатнє фінансування інноваційних проєктів.

Мета дослідження. Метою дослідження є аналіз сучасних інтелектуальних технологій в Україні та світі, визначення основних напрямів їх розвитку, а також оцінка перспектив використання штучного інтелекту та цифрових технологій у науковій та освітній сферах.

Результати дослідження. Сучасні технології та програмне забезпечення передбачають автоматизацію обробки інформації, а саме аналіз даних та підтримку прийняття рішень. Одним із найбільш перспективних напрямів є штучний інтелект, який використовується для створення інтелектуальних систем навчання, чат-ботів, систем комп'ютерного зору та автоматизованого аналізу великих масивів даних.

У провідних країнах світу активно впроваджуються технології машинного навчання та ШІ у сфері медицини, фінансів, транспорту та освіти. Наприклад, інтелектуальні системи дозволяють здійснювати автоматичне розпізнавання мовлення, прогнозування економічних процесів та персоналізацію освітнього контенту. [1, с. 45–47].

В Україні розвиток інтелектуальних технологій зумовлений цифровою трансформацією держави та впровадженням електронних сервісів. Яскравим прикладом є застосунок «Дія», який став важливим елементом цифрової інфраструктури нашої країни. Також українські ІТ-компанії активно займаються розробкою програмного забезпечення на основі штучного інтелекту, систем

кібербезпеки та автоматизованих платформ для дистанційного навчання. [2, с. 18–20].

У сфері освіти інтелектуальні технології сприяють створенню адаптивних систем навчання, онлайн-платформ та віртуальних лабораторій. Використання штучного інтелекту дозволяє аналізувати оцінки студентів, створювати індивідуальні освітні програми та автоматизувати перевірку навчальних завдань. Все це спрощує процес навчання для обох сторін, як і для здобувачів, так і для викладачів. У науковій діяльності інтелектуальні системи допомагають здійснювати аналіз експериментальних даних, моделювання процесів та прогнозування результатів досліджень.

Одним з найперспективнішим та найпопулярнішим напрямом є розвиток генеративного штучного інтелекту, який здатний створювати тексти, зображення, програмний код та мультимедійний контент. Такі технології вже використовуються для автоматизації бізнес-процесів, створення освітніх матеріалів та підтримки наукових досліджень [3, с. 52–54].

Тим не менш, активний розвиток штучного інтелекту має і негативні сторони – захист персональних даних, скорочення робочих місць тих, кого ці технології вже змогли замінити, та порушення академічної доброчесності. Тому важливим завданням є розробка нормативно-правової бази та забезпечення інформаційної безпеки в умовах цифровізації суспільства [4, с. 33].

Висновки та перспективи. Отже, сучасні інтелектуальні технології є важливим чинником розвитку науки, освіти та цифрової економіки як в Україні, так і у світі. Використання штучного інтелекту, машинного навчання та хмарних сервісів дозволяє автоматизувати складні процеси, підвищити ефективність освітньої та наукової діяльності, а також забезпечити швидкий доступ до інформації. Україна активно розвивається у цій галузі, розвиваючи інноваційні технології та електронні сервіси.

Перспективами подальших досліджень є вдосконалення систем штучного інтелекту, розвиток адаптивних освітніх платформ, підвищення рівня кібербезпеки та створення нових інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень. Важливим також залишається підготовка висококваліфікованих фахівців у сфері інформаційних технологій та цифрової трансформації, а також активна робота з захисту юридичних прав та прав на інтелектуальні цінності людини.

Список використаних джерел:

1. Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. — Pearson Education, 2021. — 1136 p.

2. Міністерство цифрової трансформації України // [Електронний ресурс]: <https://thedigital.gov.ua/>, дата звернення: 18.05.2026.

3. IBM Cloud Education. What is Artificial Intelligence (AI)? // [Електронний ресурс]: <https://www.ibm.com/topics/artificial-intelligence>, дата звернення: 18.05.2026.

4. Биков В. Ю. Цифрова трансформація освіти і науки: сучасні виклики та перспективи // Інформаційні технології і засоби навчання. — 2022. — № 5. — С. 29–35.

СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО ВИЯВЛЕННЯ СПАМУ В СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖАХ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Постановка задачі. Соціальні мережі стали одним з основних каналів комунікації для мільярдів користувачів, що супроводжується стрімким зростанням обсягу небажаного контенту — спаму, фішингу, автоматично згенерованих ботами публікацій. За даними Anti-Phishing Working Group, у 2024 році зафіксовано історичний максимум — 1,17 млн фішингових атак на квартал, а збитки, за оцінками FBI, перевищили 18,7 млрд доларів [1]. Існуючі рішення (SpamAssassin, Akismet, Google Perspective API) показують точність лише 78 % на даних соціальних мереж [2, с. 168270] і не підтримують українську мову. Тому актуальним завданням є створення мультимовної системи автоматичного виявлення спаму на основі ансамблевого поєднання методів штучного інтелекту.

Мета дослідження. Розроблення мультимовної програмної системи автоматичного виявлення спаму у соціальних мережах на основі ансамблевого поєднання двонаправленої LSTM з механізмом уваги та класифікатора TF-IDF з логістичною регресією.

Результати дослідження. Проведено експериментальне дослідження ефективності трьох конфігурацій класифікатора на датасеті UCI SMS Spam Collection [3, с. 24309], результати якого наведені в табл. 17.

Таблиця 17 Порівняння конфігурацій моделі за точністю класифікації на UCI SMS Spam Collection

Назва моделі	Accuracy, %	F1 (spam)	Розмір
TF-IDF + LogReg (baseline)	95,60	0,8534	0,4 МБ
BiLSTM + Attention (окрема)	96,80	0,8895	32 МБ
Ансамбль (наша модель)	97,40	0,9122	33 МБ
Salman et al., 2024 (CNN+LSTM)	97,80	—	~50 МБ
Pham, Tran, 2024 (DistilBERT)	96,30	—	260 МБ

За основу взято ансамблевий підхід зі зваженим об'єднанням ймовірностей. Фінальна ансамблева ймовірність належності повідомлення до класу спам обчислюється за формулою:

$$P_{\text{ensemble}}(\text{spam} | x) = 0,65 \times P_{\text{BiLSTM}}(\text{spam} | x) + 0,35 \times P_{\text{TF-IDF}}(\text{spam} | x),$$

$P_{\text{BiLSTM}}(\text{spam} | x)$ — ймовірність класу спам, повернута двонаправленою LSTM з механізмом адитивної уваги (4,2 млн параметрів);

$P_{\text{TF-IDF}}(\text{spam} | x)$ — ймовірність класу спам, повернута логістичною регресією на TF-IDF n-грамах діапазону 1–3 (5000 ознак);

ваги 0,65 та 0,35 — підібрані емпірично з кроком 0,05 на валідаційній підвибірці за критерієм максимізації F1-міри для класу спам.

Параметри навчання: оптимізатор Adam, швидкість навчання 3×10^{-4} , batch — 32, 30 епох з ранньою зупинкою. Як видно з таблиці, ансамбль досягає 97,40 % точності — на 1,80 % вище за TF-IDF-модель та на 0,60 % вище за окрему

BiLSTM. Внесок ансамблювання у F1-міру для класу спам становить +5,9 процентних пунктів [3, с. 24315]. При цьому розмір артефактів (33 МБ) у 7,9 раз менший за DistilBERT-альтернативу (260 МБ). Систему реалізовано у вигляді трирівневої мікросервісної архітектури (FastAPI + NestJS + React); час відгуку — 280–420 мс на CPU.

Висновки та перспективи. Розроблена ансамблева система демонструє високі показники класифікації (97,40 % accuracy, F1 = 0,9122 для класу спам) при суттєво меншому розмірі моделі та нижчій затримці інференсу порівняно з сучасними трансформерними альтернативами. Введення проміжних класів *suspicious* і *needs_review* дозволяє знизити частку хибнопозитивних спрацьовувань — критичну метрику для систем модерації. У подальших дослідженнях планується інтегрувати трансформерні моделі типу XLM-RoBERTa для покращення мультимовної підтримки та провести експерименти на спеціалізованих датасетах соціальних мереж (Twitter Spam Detection, Reddit Comments).

Список використаних джерел:

1. Anti-Phishing Working Group. Phishing Activity Trends Report, 4th Quarter 2024. — URL: <https://apwg.org/trendsreports>
2. Karim A., Azam S., Shanmugam B., Kannoopatti K., Alazab M. A Comprehensive Survey for Intelligent Spam Email Detection // IEEE Access. — 2021. — Vol. 9. — P. 168261–168295. — URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9622415>
3. Salman M., Ikram M., Kaafar M. A. Investigating Evasive Techniques in SMS Spam Filtering: A Comparative Analysis of Machine Learning Models // IEEE Access. — 2024. — Vol. 12. — P. 24306–24324. — URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10433197>

*Салтан Сергій Сергійович, студент, ДУІКТ
Гніденко Микола Петрович, к.т.н., доцент, ДУІКТ*

РОЗРОБКА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ АКАДЕМІЧНОЮ АКТИВНІСТЮ СТУДЕНТА У ВИГЛЯДІ TELEGRAM БОТА НА ОСНОВІ PYTHON

Постановка задачі. Машинне навчання (Machine Learning) сьогодні є однією з найбільш динамічних галузей інформаційних технологій. Завдяки алгоритмам машинного навчання комп'ютерні системи здатні самостійно аналізувати великі масиви даних та знаходити в них закономірності. Python визнано однією з найпопулярніших мов для розробки в цій сфері, навколо якої побудовано потужну екосистему інструментів (Scikit-learn, TensorFlow, PyTorch, Pandas тощо). Попри велику кількість існуючих рішень, актуальною залишається задача систематизації переваг Python над іншими мовами програмування у контексті реалізації проєктів машинного навчання.

Мета дослідження. Головною метою роботи є комплексний аналіз можливостей мови Python у розв'язанні задач машинного навчання, а також

визначення її ключових переваг шляхом огляду спеціалізованих бібліотек та фреймворків, що застосовуються для обробки даних.

Результати дослідження. Аналіз інструментарію мови Python показав, що вона є оптимальним вибором для завдань комп'ютерного зору, розпізнавання мови та обробки сигналів. Це зумовлено елегантним синтаксисом, динамічною типізацією та наявністю високорівневих структур даних [3].

Під час дослідження було розглянуто низку ключових фреймворків. Наприклад, бібліотека Keras пропонує розробникам інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для побудови нейронних мереж (згорткових, рекурентних) та має здатність інтегруватися з бекендами рівня TensorFlow чи Theano [2]. Для задач обробки зображень та розпізнавання облич активно застосовується бібліотека OpenCV [1], а також Scikit-image, що забезпечує інструментарій для фільтрації та просторового аналізу візуальних даних.

Варто відзначити і вузькоспеціалізовані рішення. Наприклад, TensorFlow Object Detection API дозволяє ефективно будувати моделі для виявлення об'єктів на відео [4]. Крім того, екосистема Python охоплює і специфічні наукові задачі: бібліотеки PyMS та OpenNose забезпечують аналіз даних газової хроматографії та роботу з електронними сенсорами запахів. Головною перевагою використання цих фреймворків є значне спрощення процесу написання коду. Розробник отримує можливість використовувати вже готові, оптимізовані математичні моделі, що кардинально скорочує час реалізації програмного продукту.

Висновки та перспективи. Отже, домінуюча позиція Python у машинному навчанні пояснюється вдалим поєднанням гнучкості, простоти освоєння та величезної бази готових інструментів. Ця мова дозволяє інженерам фокусуватися на архітектурі алгоритмів, а не на складнощах синтаксису. Зважаючи на те, що абсолютна більшість сучасних інструментів штучного інтелекту розробляється з першочерговою підтримкою Python, перспективи використання цієї мови залишаються надзвичайно високими. Навіть з появою нових технологій, Python збереже статус ключового стандарту в індустрії машинного навчання на найближчі десятиліття.

Список використаних джерел:

1. O'Reilly, Introduction to Machine Learning with Python // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.oreilly.com/library/view/introduction-to-machine/9781449369880/>
2. Hosting Ukraine, Keras Установка і настройка // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ukraine.com.ua/uk/blog/programming/keras-ustanovka-i-nastrojka.html>
3. Арсеній Чеботарьов, Інструкція з OpenCV // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ac2epsilon.github.io/TRANS/OPENCV/OpenCVStructures.html>
4. Track lineage with ML Metadata // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://colab.research.google.com/github/tensorflow/tfx/blob/master/docs/tutorials/mlmd/mlmd_tutorial.ipynb

РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПЕРСОНАЛЬНИМИ ЕЛЕКТРОННИМИ ДОКУМЕНТАМИ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЙ NODE.JS ТА REACT

Постановка задачі. У ході здійснення цифровізації бізнес-процесів ефективно управління документами є важливою складовою діяльності будь-якої організації. Багато компаній досі використовують застарілі або частково автоматизовані підходи до роботи з документами, що призводить до втрати даних, дублювання інформації та зниження продуктивності працівників.

Існуючі системи електронного документообігу часто є складними у використанні, мають надлишковий функціонал або потребують значних фінансових витрат на впровадження та підтримку. Крім того, не всі рішення забезпечують достатній рівень гнучкості, адаптивності та інтеграції з іншими інформаційними системами.

Отже, актуальною є розробка сучасного веб-застосунку, який забезпечить зручне створення, редагування, перегляд і зберігання документів, а також підтримку взаємодії користувачів у межах єдиної системи.

Мета дослідження. Метою роботи є розробка веб-застосунку для управління документами, який дозволяє користувачам створювати, редагувати, переглядати та зберігати документи в зручному інтерфейсі.

Застосунок має забезпечувати зручну навігацію та доступ до документів, можливість створення та редагування документів у режимі реального часу, збереження даних на сервері, підтримку ролей користувачів, швидкий пошук та фільтрацію документів, інтеграцію з серверною частиною через API.

Результати дослідження. У ході виконання роботи було проведено аналіз існуючих систем управління документами, визначено їх переваги та недоліки, а також сформовано основні вимоги до розроблюваного застосунку.

Для реалізації клієнтської частини обрано JavaScript та фреймворк Vue.js, який забезпечує реактивність, компонентний підхід і високу продуктивність інтерфейсу. Використання Vue 3 у поєднанні з TypeScript дозволяє створювати масштабовану та підтримувану архітектуру застосунку. Інтерфейс користувача реалізовано з використанням бібліотеки компонентів Vuetify, що дозволяє забезпечити сучасний вигляд застосунку та адаптивність для різних пристроїв.

Висновки та перспективи. У результаті виконаної роботи розроблено веб-застосунок для управління документами, який забезпечує зручну та ефективну роботу користувачів з документами в межах єдиної системи. Створене рішення може бути використане в компаніях для автоматизації внутрішніх бізнес-процесів, а також інтегроване у CRM-системи або інші корпоративні сервіси.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з розширенням функціоналу вебзастосунку шляхом впровадження інтелектуальних модулів штучного

інтелекту та машинного навчання для автоматичного розпізнавання, класифікації і семантичного аналізу вмісту документів. Планується інтеграція системи сповіщення про дедлайни, яка дозволить мінімізувати ручні втручання в адміністрування бізнес-процесів, та масштабування архітектури системи.

Список використаних джерел:

1. Флэнаган Д. JavaScript. Полное руководство. 7-е изд. Санкт-Петербург : Символ-Плюс, 2021. 720 с. ISBN 978-5-6040713-1-1.
2. You Y. The Vue.js Handbook. FreeCodeCamp, 2020. 182 p. ISBN 978-1-64200-201-0.
3. Duckett J. HTML & CSS: Design and Build Websites. Wiley, 2014. 512 p. ISBN 978-1-118-00818-8.
4. Kramnik I. Modern JavaScript Tools. O'Reilly Media, 2021. 324 p. ISBN 978-1-492-09121-0.

*Ступак Назар Олександрович, студент ДУІКТ
Гордієнко Катерина Олександрівна, старший викладач ДУІКТ*

МЕТОДИ ІНТЕГРАЦІЇ ЦИФРОВОЇ СИСТЕМИ ЗАСВОЄННЯ МОВИ SQL З GOOGLE WORKSPACE

Постановка задачі. Сучасні системи управління навчанням (Learning Management Systems) стали невід’ємною частиною освітнього процесу в закладах вищої освіти України. Google Workspace for Education, зокрема Google Classroom, є однією з найбільш поширених платформ, яку використовують тисячі викладачів і студентів. Вона дозволяє централізовано розподіляти завдання, вести журнал оцінок, збирати роботи та відстежувати прогрес групи в єдиному цифровому середовищі. Однак більшість існуючих інструментів для практичного навчання SQL працюють ізольовано від Google Classroom. Це змушує викладачів виконувати велику кількість рутинних операцій вручну: створювати завдання в кількох системах, копіювати посилання, переносити оцінки та результати перевірки. Такий розрив між інструментами знижує ефективність навчання, збільшує навантаження на викладача та ускладнює об’єктивний моніторинг знань студентів. У зв’язку з цим виникає актуальне завдання розробки ефективних методів інтеграції спеціалізованої SQL-платформи з Google Workspace.

Мета дослідження. Дослідити та обґрунтувати методи інтеграції розробленої інтерактивної веб-платформи для практичного освоєння мови SQL з Google Workspace (Google Classroom), забезпечити автоматичний обмін даними між системами (отримання списку студентів, публікація завдань, передача результатів і оцінок) та розробити практичні рекомендації щодо реалізації такої інтеграції.

Результати дослідження. У ході виконання роботи було детально проаналізовано функціональні можливості програмного інтерфейсу Google Classroom API та протоколу безпечної автентифікації OAuth 2.0. Практичну

інтеграцію систем реалізовано за допомогою спеціалізованих програмних бібліотек для мови Python, зокрема `google-api-python-client` та `google-auth-oauthlib`, що дозволило розгорнути дворівневу архітектуру взаємодії між платформами.

Перший вектор взаємодії забезпечує односторонню синхронізацію даних від навчальної платформи з управління базами даних до хмарного сервісу Google Classroom. Цей процес охоплює автоматичне зчитування актуальних списків навчальних груп та верифікацію профілів студентів конкретного викладача, після чого система виконує генерацію курсового завдання в інтерфейсі Google Classroom із динамічним підключенням посилання на індивідуальні практичні завдання на SQL-платформі. Кінцевий етап даної фази дозволяє здійснювати одномоментну публікацію створеного завдання для всього складу навчальної групи за допомогою єдиної керуючої команди.

Другий напрям взаємодії реалізує зворотний зв'язок для передачі результатів навчання у зворотному порядку. Безпосередньо після завершення студентом роботи над визначеним пулом практичних завдань обчислювальний модуль SQL-платформи виконує автоматичний розрахунок підсумкової оцінки, що базується на відсотковому співвідношенні правильно виконаних запитів до бази даних. Отриманий результат разом із коротким структурованим текстовим звітом про успішність автоматично експортується через програмний інтерфейс і записується безпосередньо в електронний журнал оцінок Google Classroom, що повністю автоматизує контроль успішності без залучення людського фактора.

Інтеграція реалізована через сервісний шар платформи з використанням захищених OAuth-токенів. Це дозволяє викладачу працювати в єдиному інтерфейсі Google Classroom, не переходячи постійно між системами. Розроблений механізм забезпечує безпеку даних (обмежений доступ тільки до потрібних прав), швидкість синхронізації та зручність використання. Під час тестування підтверджено стабільну роботу інтеграції з реальними класами.

Висновки та перспективи. Запропоновані методи інтеграції цифрової системи засвоєння мови SQL з Google Workspace дозволяють створити єдине цифрове освітнє середовище, значно спростити роботу викладача та підвищити мотивацію студентів. Розроблена інтеграція є масштабованим рішенням, яке може бути застосовано не тільки для SQL, а й для інших навчальних дисциплін. Подальші перспективи розвитку включають повну двосторонню синхронізацію (автоматичне оновлення статусу виконання в реальному часі), підтримку Google Meet для проведення спільних практичних занять, впровадження аналітики на рівні всього курсу та розширення інтеграції на інші сервіси Google Workspace (Google Drive, Google Sheets для експорту статистики).

Таким чином, інтеграція спеціалізованої SQL-платформи з Google Workspace є ефективним і перспективним напрямком розвитку сучасних освітніх технологій.

Список використаних джерел:

1. Google for Developers. Classroom API Reference [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://developers.google.com/classroom>.

2. Google for Education. Apps that work with Google Classroom [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://edu.google.com/workspace-for-education/products/classroom/apps>.

3. Гринберг М. Flask. Розробка веб-додатків на Python. – К.: Діалектика, 2020.

4. Семенюк О. Інтелектуальна технологія перетворення природної мови в SQL-запити // Вісник ВНТУ. – 2023. – № 2.

Фещенко Богдан Вікторович, студент ДУІКТ

ГІБРИДНА АРХІТЕКТУРА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ МУЗИЧНОЇ ПЛАТФОРМИ НА БАЗІ ІОТ-ІНФРАСТРУКТУРИ ТА ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Постановка задачі. Сучасна цифрова трансформація музичної індустрії вимагає створення нових форматів взаємодії користувачів, які б поєднували високу доступність медіаконтенту із захистом приватності та інтелектуальною власністю. Існуючі централізовані хмарні платформи часто демонструють обмеження у забезпеченні цифрової суверенності даних, тоді як повністю децентралізовані системи мають проблеми з продуктивністю при виконанні складних пошукових запитів. У цьому контексті виникає потреба у розробці гібридних програмних архітектур, що інтегрують обчислювальні можливості ІоТ-вузлів (Edge Computing) із потужністю сучасних хмарних баз даних та об'єктних сховищ для побудови інтелектуальних систем підтримки творчих ком'юніті [1].

Мета дослідження. Метою роботи є проектування та реалізація гібридної архітектури музичної платформи, що забезпечує інтелектуальний пошук композицій, безпечну комунікацію через WebRTC та автономність серверної інфраструктури на базі мікрокомп'ютерів Raspberry Pi.

Результати дослідження. Розроблена система базується на принципі функціонального розподілу ресурсів. Основна логіка застосунку розгорнута на ІоТ-вузлі (Raspberry Pi), що дозволяє власнику спільноти зберігати контроль над процесами автентифікації та сигналізації. Проте для подолання апаратних лімітів ІоТ-пристроїв (обмежена швидкість I/O та об'єм пам'яті) було впроваджено інтеграцію із зовнішніми хмарними сервісами [1].

Інтелектуальний сегмент платформи реалізовано через систему тегування та багатофакторної фільтрації. Дані про профілі користувачів (інструменти, рівень володіння, локація) та метадані композицій обробляються хмарною реляційною базою даних Neon (PostgreSQL) [2]. Це дозволяє реалізувати високу швидкість інтелектуального пошуку музикантів та контенту, не навантажуючи процесор ІоТ-вузла. Обробка важких медіа-активів здійснюється через об'єктне сховище Cloudflare R2, доступ до якого надається клієнтському застосунку через тимчасові Presigned URLs.

Важливим компонентом безпеки є використання Cloudflare Tunnels для виведення локального сервера у глобальну мережу. Це дозволяє реалізувати

концепцію Zero Trust: сервер залишається ізольованим від прямого доступу з Інтернету, що мінімізує ризики DDoS-атак та несанкціонованого сканування портів [3]. Для реалізації захищеної взаємодії в реальному часі використано технологію WebRTC. Вона забезпечує встановлення Peer-to-Peer з'єднань для відеодзвінків, де медіадані передаються безпосередньо між клієнтами, що розвантажує канал зв'язку Raspberry Pi та забезпечує приватність комунікацій [4].

Система також включає інтелектуальні механізми безпеки, зокрема адаптивний Rate Limiting. У випадку виявлення аномальної активності (спроби масової реєстрації акаунтів або перебору паролів) система автоматично блокує доступ з конкретної IP-адреси на визначений термін, що підвищує стійкість платформи до brute-force атак.

Висновки та перспективи. Гібридний підхід до побудови музичних платформ дозволяє ефективно поєднувати автономність периферійних IoT-пристроїв із масштабованістю хмарних технологій. Використання інтелектуальних фільтрів та сучасних протоколів передачі даних (WebRTC, WebSocket) забезпечує високий рівень користувацького досвіду при мінімальних інфраструктурних витратах. Перспективи подальших досліджень полягають у впровадженні алгоритмів машинного навчання безпосередньо на Edge-вузлах для автоматичної класифікації аудіоконтенту за жанрами та стилістичними особливостями.

Список використаних джерел:

1. MDPI, Experimental Analysis of the Application of Serverless Computing to IoT Platforms // [Електронний ресурс]: <https://www.mdpi.com/1424-8220/21/3/928>, Рік видання: 2021
2. Neon, Neon Serverless Postgres — Ship faster // [Електронний ресурс]: <https://neon.tech/>, Дата звернення: 09.05.2026
3. Cloudflare, Cloudflare Security Architecture // [Електронний ресурс]: <https://developers.cloudflare.com/reference-architecture/architectures/security/>, Дата звернення: 09.05.2026
4. Nabto, A Complete Guide to WebRTC vs. WebSocket for IoT // [Електронний ресурс]: <https://www.nabto.com/webrtc-vs-websocket-for-iot/>, Дата звернення: 09.05.2026

*Чепкасова Діана Олександрівна, студентка ДУІКТ
Шукула Олена Миколаївна, д.ф.-м.н., професор ДУІКТ*

РОЗРОБКА НАВЧАЛЬНОЇ ПРОГРАМИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ СЛОВОТВОРЕННЯ В АНГЛІЙСЬКІЙ МОВІ НА МОВІ ПРОГРАМУВАННЯ C++

Постановка задачі. Одним із найпоширеніших міжнародних іспитів з англійської є B2 First (FCE), який підтверджує рівень B2 за шкалою Common European Framework of Reference for Languages. Сертифікат визнається освітніми

установами, державними органами та роботодавцями в багатьох країнах світу, зокрема й в Україні. Іспит містить чотири частини: Reading and Use of English, Writing, Listening і Speaking. Найбільші труднощі зазвичай викликають завдання з Word Formation, що потребують ґрунтовних знань словотвору та граматики. Тому актуальною є розробка навчальної програми для ефективної підготовки до рівнів B2 (FCE) і C1 (CAE).

Мета дослідження. Метою даного дослідження є створення навчальної програми, призначеної для самостійного вивчення матеріалу та самоконтролю засвоєних знань, що сприятиме підвищенню ефективності навчання словотворенню в англійській мові та підготовці до міжнародних іспитів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання: здійснити аналіз існуючих програм і платформ, призначених для самостійного вивчення іноземних мов; розробити алгоритм функціонування програми з урахуванням можливостей самонавчання та автоматичного контролю результатів; реалізувати програмний продукт та провести його тестування з метою перевірки ефективності.

Результати дослідження. Здійснено аналіз існуючих програм і платформ, призначених для самостійного вивчення іноземних мов. Розроблено алгоритм функціонування програми з урахуванням можливостей самонавчання та автоматичного контролю результатів. На мові програмування C++ в середовищі C++ Builder розроблена навчальна програма «WordFormation», призначена для формування та вдосконалення навичок словотворення в англійській мові, а також для контролю рівня знань користувачів. Програма забезпечує інтерактивну взаємодію з користувачем та дозволяє організувати ефективний процес тренування мовних навичок.

Навчальна програма має логічну та зручну структуру. Програма складається з трьох основних функціональних модулів: «Тест», «Помилки» та «Конструктор». Така структура дозволяє не лише виконувати навчальні завдання, а й аналізувати допущені помилки та редагувати або доповнювати базу навчальних матеріалів.

Інтерфейс програми є інтуїтивно зрозумілим і містить необхідні елементи керування: головне меню, вкладки робочого поля та рядок стану. Це дає змогу користувачеві швидко орієнтуватися в системі, переходити між режимами роботи та контролювати результати виконання завдань.

У програмі реалізовано систему тестових завдань різних типів, зокрема Open Close, Meaning Choice, Multiple Choice та Word Formation, що забезпечує різноманітність навчальних вправ і сприяє розвитку мовних навичок користувача. База завдань організована таким чином, що дозволяє автоматично адаптувати процес навчання залежно від результатів користувача. Завдяки використанню рівнів завдань і механізму їх повторення забезпечується ефективне закріплення навчального матеріалу.

Система оцінювання знань реалізована на основі аналізу правильних і неправильних відповідей та частки засвоєних завдань. Такий підхід дозволяє об'єктивно визначати рівень підготовки користувача і відстежувати його прогрес у процесі навчання.

Висновки та перспективи. Таким чином, розроблена програма «WordFormation» є зручним і ефективним інструментом для навчання словотворенню в англійській мові, який поєднує функції тренування, контролю знань та аналізу помилок користувача. Використання програми «WordFormation» дозволяє підвищити ефективність підготовки до здачі екзамену на рівень B2 з англійської мови.

Подальший розвиток програми «WordFormation» може бути спрямований на розширення її функціональних можливостей та підвищення ефективності використання у навчальному процесі.

Список використаних джерел:

1. B2 First. Exam format. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.cambridgeenglish.org/exams-and-tests/first/exam-format/>.
2. FCE word formation card game. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.lessonplansdigger.com/2015/07/27/fce-word-formation-card-game/>.
3. Страуструп Б. A Tour of C++ (2nd ed.) / Bjarne Stroustrup. – Boston: Addison-Wesley Professional, 2018. – 256 p.
4. Джосатті Ф. Modern C++ Programming Cookbook (2nd ed.) / Marius Bancila. – Birmingham: Packt Publishing, 2020. – 770 p.

*Чикало Всеволод Денисович, студент ДУІКТ
Залива Віталій Вікторович, доктор філософії (PhD), доцент ДУІКТ*

ПРАКТИЧНІ ПИТАННЯ ВБУДОВУВАННЯ ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ У МОБІЛЬНІ iOS-ЗАСТОСУНКИ

Постановка задачі. Використання великих мовних моделей у прикладних програмних продуктах перетворилося з предмета академічних публікацій на повсякденну задачу мобільної розробки. Водночас перехід від теоретичного застосування LLM до їх вбудовування в реальні клієнтські застосунки виявляє низку інженерних проблем, які слабо висвітлені у літературі. Документація постачальників API описує переважно протокольну частину взаємодії, тоді як питання обробки нестандартних відповідей, асинхронної взаємодії з користувацьким інтерфейсом, реакції на типові збої мережі та забезпечення приватності даних залишаються поза основним фокусом. Систематизація таких рішень становить окрему практичну цінність для розробників, які вперше підходять до подібних задач.

Мета дослідження. Метою роботи є визначення та опис інженерних рішень, необхідних для надійного підключення великих мовних моделей до мобільного iOS-застосунку. Дослідження виконано на матеріалі власної розробки у межах кваліфікаційної роботи створено застосунок Diary AI, у якому модель gpt-4o-mini використовується для тижневого аналізу щоденникових записів користувача та генерації персоналізованих рекомендацій.

Результати дослідження. У ході реалізації застосунку було визначено чотири ключові аспекти, що безпосередньо впливають на стабільність роботи інтеграції з мовною моделлю.

Фіксація формату відповіді у структурі промпта. За відсутності чітких інструкцій модель формує відповіді з нерегулярною структурою: текстові абзаци, маркіровані списки, діалогові конструкції. Такий вихід є непридатним для автоматизованої обробки на стороні клієнта. Розв'язанням стало явне зазначення у тексті промпта вимоги повертати результат у форматі JSON-об'єкта з трьома заздалегідь визначеними полями. Це дозволяє звести розбір відповіді до стандартного виклику декодера без застосування ризикованого парсингу регулярними виразами.

Постобробка отриманого вмісту. У ході тестування з'ясувалося, що навіть за наявності явної інструкції модель періодично обгортає JSON-відповідь у конструкції markdown-розмітки. Альтернативою боротьбі з такою поведінкою на рівні промпта є додавання нескладного етапу нормалізації відповіді перед її декодуванням. Цей підхід виявився більш практичним і дозволив досягти стабільності без переходу на дорожчі мовні моделі.

Асинхронність на рівні мови програмування. Час очікування відповіді від хмарної моделі типово становить від п'яти до п'ятнадцяти секунд, що неприйнятно для блокуючого виконання у головному потоці. Реалізація використовує сучасний механізм Swift Concurrency: метод сервісу позначений модифікатором `async`, фактичне виконання відбувається у фоновому контексті, а стан передається до користувацького інтерфейсу через властивість з обгорткою `@Published`. Завдяки цьому індикатор завантаження активується автоматично, без явного управління потоками з боку розробника.

Системна обробка можливих помилок. Звернення до зовнішнього API є джерелом цілої низки потенційних збоїв: відсутність або некоректність наданого ключа, помилка HTTP-статусу, повернення з боку сервісу повідомлення про вичерпану квоту, неочікувана структура відповіді, помилка декодування JSON. Кожна з названих ситуацій вимагає окремого опрацювання. У сервісному шарі застосунку реалізовано п'ять типізованих помилок із локалізованими повідомленнями українською мовою. Це дозволяє надавати користувачу зрозумілий контекст збою замість системного коду.

Окремої уваги заслуговує питання конфіденційності персональних даних. Записи щоденникового характеру належать до особливо чутливих, тому архітектурно прийняте рішення передавати на сервери OpenAI лише той фрагмент даних, який безпосередньо потрібен для конкретного запиту аналізу за обраний користувачем часовий період. Решта інформації зберігається виключно локально на пристрої засобами фреймворку SwiftData. Такий підхід «local-first» суттєво обмежує можливі сценарії витоку даних.

Висновки та перспективи. Розглянуті інженерні підходи структурування промпта з фіксованим контрактом відповіді, нормалізація отриманого вмісту, асинхронне виконання запитів через `async/await` та опрацювання типових збоїв становлять базовий набір рішень, достатній для надійної інтеграції LLM у мобільний застосунок. Усі описані механізми апробовані на практичній

реалізації застосунку Diary AI. Подальші перспективи дослідження пов'язані з переходом до використання локальних мовних моделей (зокрема, квантизованих версій Llama та Phi), що дозволить повністю відмовитися від передачі даних на зовнішні сервери та забезпечити максимальний рівень конфіденційності, а також із реалізацією локального кешування результатів аналізу для оптимізації витрат на повторні запити.

Список використаних джерел:

1. OpenAI. GPT-4 Technical Report // [Електронний ресурс]: <https://arxiv.org/abs/2303.08774>, Дата звернення: 28.04.2026
2. Apple Inc. The Swift Programming Language: Concurrency // [Електронний ресурс]: <https://docs.swift.org/swift-book/documentation/the-swift-programming-language/concurrency/>, Дата звернення: 30.04.2026
3. Vaswani A. et al. Attention is all you need // Advances in Neural Information Processing Systems, 2017. Vol. 30. P. 5998–6008

*Чорний Володимир Віталійович, студент ДУІКТ
Чичур Андрій Іванович, к.т.н, доцент ДУІКТ*

ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЯ TELEGRAM-БОТІВ ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ВЗАЄМОДІЇ З КОРИСТУВАЧАМИ

У цифровому середовищі автоматизація взаємодії з користувачами набуває все більшої та більшої актуальності, оскільки дозволяє підвищити ефективність обслуговування та знизити рутину. Одним із доступних і поширених інструментів є Telegram-боти, які зараз активно використовуються у різних сферах.

Постановка задачі. Проаналізувати існуючі підходи до розробки чат-ботів та виявити їх основні обмеження, пов'язані з використанням сценарних моделей взаємодії. Також необхідно дослідити можливості застосування методів штучного інтелекту, зокрема технологій обробки природної мови та машинного навчання, для підвищення якості розпізнавання запитів користувачів.

Мета дослідження. Оцінити можливості підвищення ефективності автоматизованої взаємодії користувачів з Telegram-ботами із використанням методів штучного інтелекту (інтелектуалізації), зокрема технологій обробки природної мови та машинного навчання, що забезпечують більш точне розпізнавання запитів, адаптивність системи та покращення якості користувацького сервісу.

Результати дослідження. Традиційні, сценарні боти мають обмежені можливості обробки складних і неструктурованих запитів, що знижує якість комунікації. У зв'язку з цим значущості набуває інтелектуалізація Telegram-ботів шляхом впровадження технологій штучного інтелекту, зокрема методів обробки природної мови та машинного навчання, що дозволяє забезпечити більш гнучку, адаптивну та ефективну взаємодію з користувачами.

Важливим завданням є розробка узагальненої архітектури Telegram-бота з елементами інтелектуального аналізу, яка включає модулі обробки повідомлень, інтерпретації намірів та генерації відповідей. Окрім цього, необхідно оцінити ефективність запропонованого підходу за критеріями точності, швидкодії та рівня автоматизації обслуговування користувачів.

У ході дослідження проведено аналіз існуючих підходів до розробки Telegram-ботів, що дозволило виявити ключові обмеження традиційних сценарних рішень, зокрема їх низьку гнучкість, обмежену здатність до обробки неструктурованих запитів та залежність від заздалегідь визначених алгоритмів взаємодії. Встановлено, що для підвищення ефективності таких систем доцільним є впровадження методів штучного інтелекту, зокрема технологій обробки природної мови (NLP) та машинного навчання.

Обґрунтовано доцільність використання підходів до класифікації намірів користувачів (intent recognition) та виділення сутностей (entity extraction), що забезпечує більш точне розуміння змісту запитів. Розглянуто можливості інтеграції зовнішніх AI-сервісів та моделей, які дозволяють реалізувати адаптивну поведінку Telegram-бота та підвищити якість формування відповідей.

Запропоновано узагальнену архітектуру інтелектуалізованого Telegram-бота, яка включає модулі обробки повідомлень, аналізу природної мови, інтерпретації намірів користувача, логіки прийняття рішень та генерації відповідей. Така архітектура забезпечує масштабованість, гнучкість і можливість подальшого розвитку системи.

Визначено ключові критерії оцінки ефективності роботи бота, серед яких: точність розпізнавання запитів, швидкість реагування системи, рівень автоматизації обробки звернень та ступінь задоволеності користувачів. Проведений аналіз показав, що впровадження елементів штучного інтелекту дозволяє значно покращити якість взаємодії, зменшити кількість помилок у відповідях та скоротити час обробки запитів.

Отримані результати підтверджують, що інтелектуалізація Telegram-ботів є ефективним напрямом розвитку автоматизованих систем взаємодії з користувачами та може бути успішно застосована у різних сферах діяльності, зокрема у клієнтській підтримці, освітніх платформах та інформаційних сервісах.

Висновки та перспективи. У результаті проведеного дослідження встановлено, що інтелектуалізація Telegram-ботів є ефективним підходом до підвищення якості автоматизованої взаємодії з користувачами. Використання методів штучного інтелекту, зокрема обробки природної мови та машинного навчання, дозволяє забезпечити більш точне розуміння запитів, підвищити релевантність відповідей і зробити систему більш адаптивною до різних сценаріїв використання. Запропонована архітектура інтелектуалізованого бота сприяє гнучкості, масштабованості та можливості подальшого розвитку програмного рішення.

Перспективи подальших досліджень полягають у вдосконаленні моделей обробки природної мови, зокрема шляхом використання сучасних глибоких нейронних мереж та контекстно-орієнтованих моделей. Доцільним є також

розширення функціональності ботів за рахунок інтеграції з іншими інформаційними системами та сервісами, впровадження механізмів персоналізації взаємодії та самонавчання на основі поведінки користувачів. Окрему увагу варто приділити підвищенню рівня безпеки та захисту персональних даних, що є важливим аспектом при використанні інтелектуальних систем у реальних умовах.

Список використаних джерел

1. Telegram Bots: An Introduction for Developers [Електронний ресурс]. URL: https://core.telegram.org/bots?utm_source=chatgpt.com (10.05.2026).
2. Daniel Jurafsky, James H. Martin Speech and Language Processing [Електронний ресурс]. URL: https://web.stanford.edu/~jurafsky/slp3/?utm_source=chatgpt.com. (дата звернення: 10.05.2026).
3. Stuart Russell, Peter Norvig Artificial Intelligence: A Modern Approach [Електронний ресурс]. URL: https://aima.cs.berkeley.edu/?utm_source=chatgpt.com. (дата звернення: 10.05.2026).
4. B. Brown, Benjamin Mann, Nick Ryder та ін. Language Models are Few-Shot Learners // arXiv. 2020. DOI: 10.48550/arXiv.2005.14165. URL: https://arxiv.org/abs/2005.14165?utm_source=chatgpt.com. (дата звернення: 10.05.2026).

*Яковенко Олександр Юрійович студент ДУІКТ
Робота Олександр В'ячеславович викладач ДУІКТ*

TELEGRAM-БОТ ДЛЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ДАНИХ ПРО СТАН ЗДОРОВ'Я

Постановка задачі. Більшість систем оцінювання здоров'я реалізовані у вигляді вебсайтів або мобільних застосунків, які потребують встановлення, реєстрації та значного часу на введення інформації. Через це користувачі часто відмовляються від проходження повної анкети. Водночас месенджери є звичним середовищем для більшості людей, тому використання Telegram-бота дає змогу значно спростити процес взаємодії.

Мета дослідження. Метою дослідження є розробка Telegram-бота, який автоматично збирає дані користувача, перевіряє коректність введеної інформації та передає її до моделі машинного навчання для оцінювання ризику.

Результати дослідження. У межах роботи було створено Telegram-бота мовою Python із використанням бібліотеки `python-telegram-bot`. Після запуску бот послідовно запитує ім'я користувача, рік народження, стать та відповіді на питання анкети. Вік обчислюється автоматично на основі року народження. Для підвищення зручності використання більшість відповідей реалізовано у вигляді кнопок. Крім того, бот виконує перевірку введених значень: не допускаються неможливі роки народження, порожні відповіді або використання нецензурної лексики в імені. Для цього застосовано бібліотеку `badwords-ru`, яка дозволяє виявляти навіть змінені або навмисно спотворені образливі слова.

Після завершення анкети усі дані зберігаються у CSV-файл. Для кожного користувача записуються унікальний ідентифікатор, ім'я, рік народження, стать, відповіді анкети та отриманий прогноз. Також у боті реалізовано кнопку повторного проходження анкети, що дозволяє швидко перевірити інші варіанти відповідей.

Висновки та перспективи. Розроблений Telegram-бот забезпечує простий та зручний спосіб взаємодії користувача з системою оцінювання стану здоров'я. Перевагою такого підходу є можливість використання бота без встановлення додаткового програмного забезпечення. У подальшому планується додати персональні рекомендації, автоматичне формування статистики та інтеграцію з хмарними сервісами.

Список використаних джерел:

1. Telegram Bot API // [Електронний ресурс]: <https://core.telegram.org/bots/api>
2. Python Telegram Bot Documentation // [Електронний ресурс]: <https://docs.python-telegram-bot.org/>
3. FlacSy. BadWords // [Електронний ресурс]: <https://github.com/FlacSy/BadWords>

*Яровий Богдан Сергійович, студент ДУІКТ
Березовська Юлія Володимирівна, доктор філософії (PhD) ДУІКТ*

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ, ПОРІВНЯННЯ ТА АНАЛІЗУ ЕФЕКТИВНОСТІ АЛГОРИТМІВ СОРТУВАННЯ ЗАСОБАМИ JAVA

Постановка задачі. Перші комп'ютери були розроблені для сортування великих обсягів даних, а саме інформацію про перепис населення США. І по нині будь-яка сучасна система використовує алгоритми та структури даних у своїй роботі. Різний підхід до роботи з даними дозволяє ефективно їх обробляти. В програмуванні часто простіше працювати з впорядкованими даними, і для цього застосовуються алгоритми сортування. Хоча існує безліч класичних методів сортування, кожен із них має унікальні властивості часової та просторової складності, які важко оцінити лише теоретично. Наочне розуміння принципів роботи алгоритму найкраще досягається через візуалізацію обробки масивів даних. Існуючі онлайн-утиліти, такі як sortvisualizer.com, базують візуалізацію на виконанні алгоритму в реальному часі, що унеможливорює керування швидкістю відтворення та призводить до того, що користувач не встигає відстежити окремі кроки. Крім того, більшість таких засобів пропонують обмежений набір стандартних алгоритмів і не мають гнучкої архітектури для інтеграції власних рішень.

Мета дослідження. Метою роботи є розробка десктопного застосунку для наочної візуалізації роботи алгоритмів сортування з можливістю керування процесом відтворення, що дозволяє як вивчати вбудовані алгоритми, так і інтегрувати власні реалізації через спеціалізоване API.

Результати дослідження. Розроблено застосунок засобами Java Swing, який містить набір вбудованих алгоритмів сортування та надає API для інтеграції користувацьких алгоритмів. Для підключення власного алгоритму достатньо реалізувати інтерфейс з одним методом. На відміну від існуючих рішень, застосунок використовує підхід попереднього запису кроків сортування з подальшим їх відтворенням, що забезпечує повний контроль над візуалізацією. Це дозволяє налаштовувати швидкість відтворення, зупиняти процес у будь-який момент та перемішувати масив для повторного тестування. Під час роботи алгоритму відображаються метрики: кількість кроків, порівнянь та обмінів елементів, що дозволяє кількісно оцінити ефективність алгоритму.

Висновки та перспективи. Розроблений застосунок є універсальним інструментом для дослідження алгоритмів сортування. Гнучка архітектура на основі API дозволяє інтегрувати будь-який користувацький алгоритм без модифікації основного коду застосунку. Підхід з попереднім записом кроків забезпечує якісну та зрозумілу візуалізацію, недосяжну для існуючих онлайн-утиліт. Це робить застосунок корисним як для навчальних цілей, так і для практичного дослідження та порівняння алгоритмів.

Список використаних джерел:

1. Рогушина Ю. В. Алгоритм сортування // Велика українська енциклопедія : електронна енциклопедія. URL: https://vue.gov.ua/Алгоритм_сортування (дата звернення: 12.03.2026).
2. Java Swing Reference / Oracle : official technical documentation. URL: <https://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/javax/swing/package-summary.html> (дата звернення: 12.03.2026).
3. Sorting Visualizer : web application. URL: <https://sortvisualizer.com> (дата звернення: 12.04.2026).

СЕКЦІЯ 8. НОВІТНІ АПАРАТНІ ТА ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

*Балвак Андрій Анатолійович, аспірант, ДУІКТ
Лащевська Наталія Олександрівна, к.т.н., доцент, ДУІКТ*

ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДСЬКОЇ ТА ТРАНСПОРТНОЇ ЛОГІСТИКИ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДІВ ВИПЕРЕДЖАЛЬНОГО ВІДВАНТАЖЕННЯ

Постановка задачі. У сучасній цифровій економіці швидкість обробки матеріальних потоків та час стали ключовими конкурентними ресурсами. Використання стандартних моделей управління ланцюгами постачання, за яких початок відвантаження суворо прив'язаний до моменту підтвердження замовлення, супроводжується суттєвими часовими втратами на етапах складської обробки та транспортування. Це суттєво обмежує можливості бізнесу в умовах трансформації споживчих запитів у бік надшвидкого виконання замовлень, адже кожна година очікування знижує лояльність споживача та ймовірність успішного завершення покупки. Фундаментальна проблема логістики полягає у подоланні часових бар'єрів шляхом інтелектуалізації процесів. Вирішення задачі вимагає впровадження предиктивних систем, що змінюють логіку постачання завдяки переходу від пасивного очікування до проактивного руху товарів. Такі рішення, які базуються на методах машинного навчання та аналізі великих даних, дозволяють превентивно наблизити товари до клієнта ще до моменту фіксації попиту фактичним замовленням [1].

Мета дослідження. Метою дослідження є аналіз технічної інфраструктури та алгоритмічної бази стратегії виконання замовлень випереджального відвантаження (anticipatory shipping), реалізованої компанією Amazon. Особлива увага приділяється принципам поєднання предиктивних моделей із динамічною маршрутизацією для максимального прискорення доставки. Також визначено стратегічні можливості впровадження аналогічних підходів для малого та середнього бізнесу з метою оптимізації їхніх логістичних ланцюгів без значних капітальних витрат на власну інфраструктуру.

Результати дослідження. Аналіз патенту Amazon 2013 року та супутніх галузевих досліджень дозволив виділити три рівні інтелектуальної системи anticipatory shipping [2]. На початковому етапі аналізуються великі масиви даних, що охоплюють не лише історію попередніх транзакцій, а й поведінкові патерни споживачів, зокрема тривалість фокусування курсора на товарі, активність у списках бажань та вміст кошиків. Така аналітична обробка дозволяє предиктивним алгоритмам з високою точністю прогнозувати ймовірні покупки у конкретному географічному регіоні. Другий рівень представляє логістична інфраструктура попереднього відвантаження, де пакунок ініціює рух у напрямку регіонального хабу ще до моменту підтвердження замовлення, орієнтуючись на сформовані карти ймовірного попиту. Завершальна складова базується на методі уточнення кінцевого отримувача безпосередньо в дорозі, що за допомогою цифрових засобів маркування дозволяє вносити точні дані в систему вже під час

фізичного транспортування вантажу. Така багаторівнева структура забезпечує безперервність логістичного потоку та мінімізацію простою товарів на складах.

Впровадження зазначених аналітичних інструментів дозволило досягти вагомих операційних показників, серед яких насамперед варто виділити скорочення загального терміну очікування придбаного товару клієнтом на 10-40 %. У багатьох випадках застосування такої стратегії забезпечує доставку замовлення протягом однієї доби, оскільки товар фізично наближається до отримувача ще до моменту покупки, задовольняючи запит на оперативне споживання. Поряд із цим, застосування предиктивних моделей сприяє оптимізації складських запасів, зокрема зниженню операційних витрат на зберігання на 15-25 %. Висока точність прогнозів дозволяє інтенсифікувати оборотність товарів, мінімізуючи потребу в утриманні великих складських площ та суттєво знижуючи ризики накопичення нереалізованої продукції. Крім того, наслідком є зростання показників результативності продажів та лояльності завдяки превентивному моделюванню споживчих запитів, що зумовлює підвищення частоти повторних покупок. Своєчасна пропозиція товару, який клієнт тільки планував замовити, не лише створює високий рівень задоволеності сервісом, а й спрощує процес прийняття рішення споживачем, зміцнюючи його прихильність до обраної платформи.

Для нівелювання ризиків, пов'язаних із помилковими прогнозами за яких передбачений алгоритмом попит не підтверджується фактичною транзакцією, застосовуються адаптивні методи операційного коригування. У подібних випадках система здатна автоматично перенаправити пакунок іншому зацікавленому споживачу в межах того ж регіону. Альтернативним рішенням є пропонування товару зі спеціальною знижкою особам, які перебувають у безпосередній близькості до поточного місця знаходження вантажу. Застосування таких підходів дозволяє уникнути витрат на зворотну логістику та максимізувати ефективність кожної випереджальної відправки.

Висновки та перспективи. Випереджальне відвантаження демонструє перехід від традиційної послідовної логістики до методів аналітичного прогнозування, у межах яких алгоритми штучного інтелекту визначають вектори розвитку та ефективності логістичного середовища. Для підприємств малого та середнього бізнесу перспектива впровадження цієї технології полягає не у повному відтворенні дорогої інфраструктури Amazon, а у використанні хмарних логістичних сервісів та застосуванні вибіркового підходів. Зокрема, ефективним рішенням є попереднє розміщення продукції з найвищим рівнем попиту у стратегічних регіонах на основі аналізу локальних трендів, що дозволяє значно скоротити час доставки без надмірних фінансових ризиків. Завдяки партнерству зі сторонніми логістичними операторами, компанії можуть використовувати стратегію децентралізованого управління запасами, розподіляючи продукцію на декількох регіональних хабах одночасно [3]. Такий гібридний підхід забезпечує переваги предиктивної логістики, поєднуючи стратегічне розміщення популярних позицій із гнучким управлінням залишками, роблячи передові методи оптимізації ланцюгів постачання доступними для гравців з обмеженими ресурсами. Подальші дослідження будуть зосереджені на етичних аспектах

алгоритмічного впливу на вибір споживача та методах точнішого регіонального прогнозування попиту.

Список використаних джерел:

1. Nyckel E.-M. Ahead of Time : The Infrastructure of Amazon's Anticipatory Shipping Method. *Media Infrastructures and the Politics of Digital Time*. NL Amsterdam, 2021. URL: https://doi.org/10.5117/9789463727426_ch14
2. Method and system for anticipatory package shipping : пат. 8,615,473 US : G06Q 99/00 / Spiegel J. R., McKenna M. T., Lakshman G. S., Nordstrom P. G. ; Amazon Technologies, Inc. — № 13/594,195 ; заявл. 24.08.2012 ; опубл. 24.12.2013.
3. Flora M. What Is Anticipatory Shipping & Why Does It Matter? Guide to Amazon's Patent (& Beyond). *ShipBob*. URL: <https://www.shipbob.com/blog/anticipatory-shipping/#h-key-benefits-of-anticipatory-shipping>

*Бровченко Тетяна Яківна, студентка ДУІКТ
Бученко Ігор Анатолійович, старший викладач ДУІКТ*

ДОСЛІДЖЕННЯ AUDIO-OVER-IP ТА СТАНДАРТА AES67

Постановка задачі. Розвиток систем професійної маршрутизації звуку тривалий час базувався на технологіях комутації каналів та часового мультиплексування (TDM), де основними стандартами виступали AES3 (AES/EBU) та AES10 (MADI). Протокол AES3 дозволяв передавати два канали нестисненого аудіо через одну виту пару, тоді як MADI суттєво розширив ці можливості, забезпечуючи передачу до 64 каналів одним кабелем. Проте в умовах територіально розподілених об'єктів ці технології демонструють критичні недоліки.

Головною проблемою є топологічна неефективність принципу «точка-точка», що змушує прокладати окремі кабельні лінії до кожного вузла, значно збільшуючи витрати на мідну інфраструктуру та громіздкі апаратні маршрутизатори. Крім того, жорстке резервування всієї смуги пропускання незалежно від реального навантаження робить використання ресурсів нераціональним. Через ці обмеження сучасна індустрія переходить до пакетної комутації, де універсальне мережеве середовище замінює спеціалізовані кабельні системи, забезпечуючи необхідну гнучкість та масштабованість.

Мета дослідження. Метою роботи є аналіз та обґрунтування переходу до децентралізованих систем аудіосповіщення на основі технологій пакетної комутації та стандарту AES67. Дослідження спрямоване на розробку рекомендацій щодо побудови гнучкої медіа-інфраструктури, яка забезпечує високу масштабованість, мінімальні затримки та повну сумісність обладнання від різних виробників.

Результати дослідження. AES67 — це відкритий стандарт, розроблений AES у 2013 році для забезпечення сумісності між різними AoIP-протоколами, як-от Dante, Ravenna та Q-LAN. Він працює як «спільна мова», дозволяючи передавати нестиснений звук (Linear PCM, 16/24 біти) через стандартні IP-

мережі. Завдяки підтримці частоти 48 кГц та швидкому пакетуванню (1 мс), наскрізна затримка складає всього 1–4 мс, що є критично важливим для прямого ефіру.

Проте впровадження стандарту потребує високої технічної експертизи. На відміну від готових комерційних рішень, AES67 вимагає ретельного налаштування мережевої інфраструктури, зокрема протоколів синхронізації RTPv2 та пріоритезації трафіку QoS. Головним викликом залишається відсутність вбудованого механізму виявлення пристроїв (Discovery), що часто змушує використовувати додаткові інструменти керування, наприклад NMOS.

Audio-over-IP (AoIP) — це передова технологія, що забезпечує передачу високоякісного цифрового звуку (як нестисненого, так і стисненого) через стандартні IP-мережі, включаючи LAN, WAN та Інтернет-мережу (рис. 28). На відміну від традиційних систем, AoIP базується на принципі комутації пакетів (Packet Switching), де аудіопотік розбивається на окремі IP-пакети. Ці пакети передаються мережею спільно з іншими видами трафіку (відеоспостереження, дані), використовуючи стандартне мережеве обладнання класу COTS.

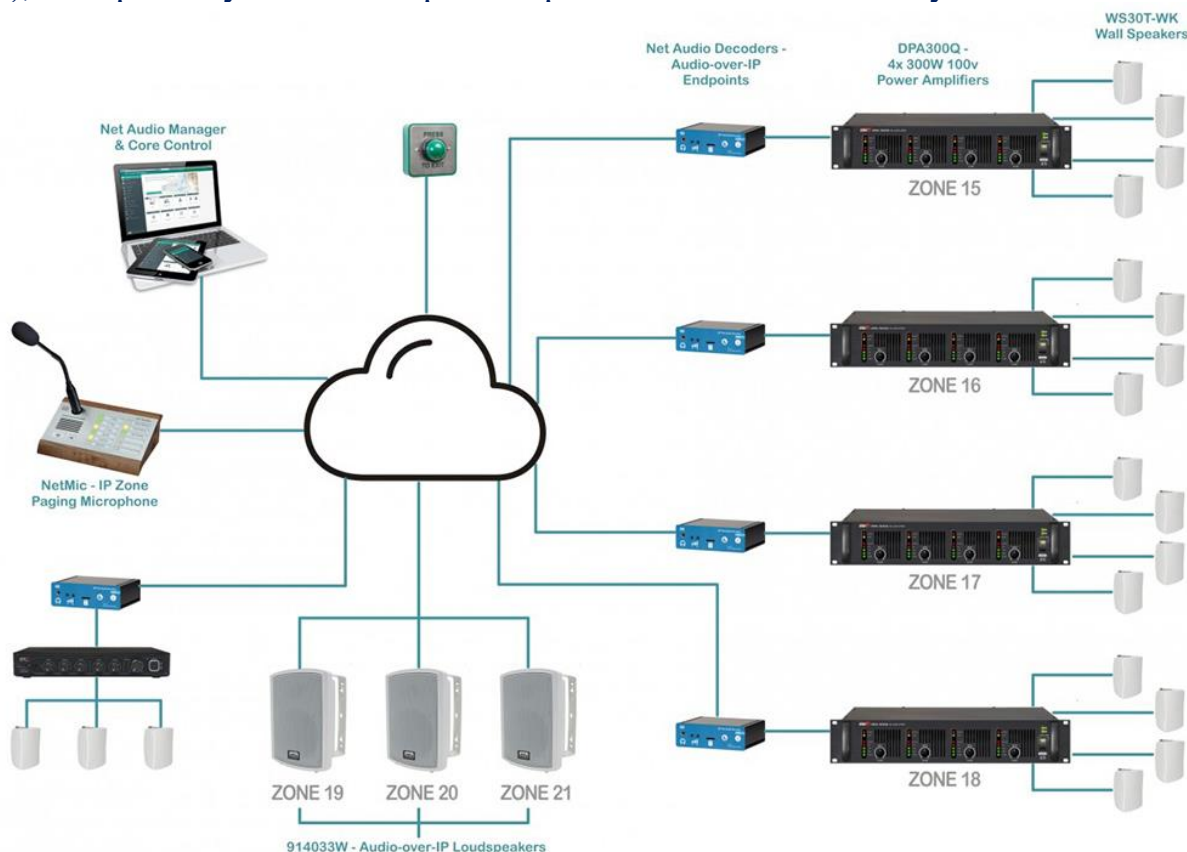


Рис. 28 Структура системи AoIP

Впровадження технології AoIP відкриває нові можливості для побудови інтелектуальної інфраструктури:

1. додавання нових пристроїв здійснюється через найближчий комутатор без прокладання магістралей до центру;
2. об'єднання аудіоданих, сигналів управління та систем життєзабезпечення будівлі в єдину керовану інфраструктуру;

3. перехід до повністю віртуальної комутації, що дозволяє миттєво змінювати конфігурацію системи без фізичного втручання.

Висновки та перспективи. Проведене дослідження підтверджує, що технологія AoIP є найбільш перспективним напрямком розвитку систем трансляції медіаданих, оскільки перехід від спеціалізованих кабельних систем до стандартного обладнання класу COTS дозволяє створювати економічно вигідні та технічно досконалі рішення. Основними висновками роботи є те, що пакетна комутація ефективно знімає обмеження щодо кількості каналів і географічного масштабування об'єктів, а стандарт AES67 виступає ключовою ланкою, яка забезпечує відкриту архітектуру системи та запобігає залежності від конкретного вендора. При цьому сучасні алгоритми вищих рівнів гарантують ідеальну цілісність цифрового сигналу, успішно компенсуючи можливі втрати пакетів.

Перспективи галузі пов'язані з інтеграцією аудіомереж у глобальні хмарні інфраструктури та автоматизацією налаштування параметрів QoS для інтелектуальної пріоритезації медіатрафіку в умовах високого мережевого навантаження.

Список використаних джерел

1. Introduction to AES67. Contract Engineering, Product Design & Development Company - Cardinal Peak. URL: <https://www.cardinalpeak.com/blog/intro-to-aes67>, Дата звертання: 12.05.2026.

2. What is Audio over IP? - Nevion, URL: <https://nevision.com/lexicon/what-is-audio-over-ip/> Дата звертання: 12.05.2026.

3. Audio Over IP | Docs and Guides - NDI, URL: <https://docs.ndi.video/all/using-ndi/ndi-for-audio/audio-over-ip> Дата звертання: 12.05.2026

*Виливок Максим Володимирович, студент ДУІКТ
Гавор Артур Станіславович, старший викладач ДУІКТ*

РОЗШИРЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОСТІ ТОКЕНА ERC-20 З ВИКОРИСТАННЯ ERC20PERMIT ТА ERC20VOTES

Постановка задачі. У сучасному світі блокчейн-систем стандарт ERC-20 є одним із найбільш поширених для створення цифрових активів у мережі Ethereum. Але базова реалізація цього стандарту має обмежений функціонал, що забезпечує необхідність його розширення для підняття зручності використання та реалізації механізмів управління. При створенні токенів стандарту ERC-20 виникає ряд обмежень, пов'язаних із значним витратами газу під час виконання операції, зокрема процедур надання дозволів (approve), а також відсутність вбудованих систем децентралізованого керування. Базова реалізація ERC-20 не надає спроможності ефективної комунікації з користувачами через підписи або с використання токенів у процесах голосування.

Мета дослідження. Метою дослідження є аналіз можливостей розширення ERCPermit та ERC20Votes та їх застосування для розширення можливостей токена стандарту ERC-20.

Результати дослідження. Задля поширення спроможностей токена стандарту ERC-20 було використано модулі ERC20Permit та ERC20Votes, які входять до бібліотек OpenZeppelin. Базовий контракт системи ERC-20 надає головний функціонал токена, зокрема переказ tokenів, облік балансів та механізм дозволів.

Модуль ERC20Permit дає можливість встановлювати дозволи на використання tokenів за допомогою криптографічного підпису без використання окремих транзакцій, що зменшує витрати газу та спрощує взаємодію з децентралізованими системами та застосунками.

Модуль ERC20Votes забезпечує можливість реалізувати механізми делегування голосів та підтримку систем управління, що дозволяє використовувати токен як інструмент участі у прийнятті рішення.

Взаємодія між зазначеними модулями (рис. 29) реалізується через механізм наслідування та використання внутрішніх функцій базового контракту ERC-20, таких як оновлення балансів та дозволів. Зокрема, ERC20Permit працює з системою allowance, а ERC20Votes використовує зміни балансів для автоматичного оновлення кількості голосів після кожної операції передачі, створення або знищення tokenів.

Таким чином, використання розширень ERC20Permit та ERC20Votes дає можливість не лише зберегти сумісність зі стандартом ERC-20, але й значно підвищити ефективність, функціональність та практичну цінність токена в сучасних децентралізованих системах.

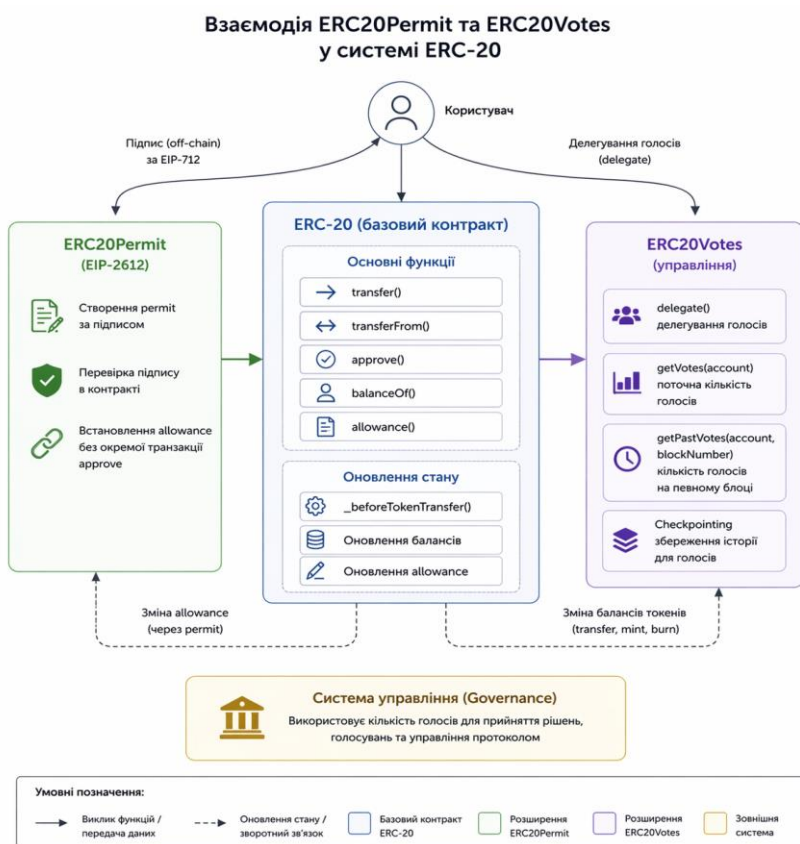


Рис. 29 Схема інтеграції модулів ERC20Permit та ERC20Votes у базовий контракт ERC-20

Висновок та перспективи. У результаті дослідження встановлено, що використання розширень ERC20Permit та ERC20Votes дозволяє підвищити ефективність та функціональність токенів стандарту ERC-20. Перспективами є інтеграція токенів у децентралізовані застосунки, впровадження систем управління та оптимізація витрат газу.

Список використаних джерел.

1. Ethereum Foundation. *ERC-20 Token Standard (EIP-20)*. – Режим доступу: <https://eips.ethereum.org/EIPS/eip-20>
2. Ethereum Foundation. *ERC-2612: Permit Extension for ERC-20 (EIP-2612)*. – Режим доступу: <https://eips.ethereum.org/EIPS/eip-2612>
3. OpenZeppelin. *OpenZeppelin Contracts Documentation*. – Режим доступу: <https://docs.openzeppelin.com/contracts>
4. OpenZeppelin. *ERC20 Token Implementation*. – Режим доступу: <https://docs.openzeppelin.com/contracts/5.x/api/token/erc20>

*Гавриленко Олександр Вадимович, студент,
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Ткаченко Ольга Миколаївна, д-р техн. наук, професор,
Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

МЕТОДИ КОЛІРНОЇ СУБДИСКРЕТИЗАЦІЇ ВОКСЕЛЬНИХ 3D-ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ВІДЕОПАМ'ЯТІ

Постановка задачі. Стрімке зростання обсягів тривимірних даних робить ефективну візуалізацію воксельних 3D-зображень ключовою проблемою сучасної комп'ютерної графіки. Щільна воксельна сітка 1024^3 у форматі RGBA потребує близько 4 ГБ відеопам'яті, тоді як типові GPU клієнтських пристроїв мають лише 2-8 ГБ. На відміну від дискового зберігання, при візуалізації дані повинні перебувати у відеопам'яті у прямо адресованому вигляді, тому алгоритми архівного стиснення тут незастосовні. Класична колірна субдискретизація (англ. *chroma subsampling*), що застосовується у стандартах JPEG, MPEG та H.264/AVC, дозволяє зменшити обсяг колірних даних, проте стандартизованих схем для воксельних 3D-представлень не існує.

Мета дослідження. Метою дослідження є теоретичний огляд методів колірної субдискретизації, обґрунтування їх адаптації до воксельних 3D-зображень та аналіз зменшення використання відеопам'яті при інтерактивній візуалізації.

Результати дослідження. Колірна субдискретизація спирається на асиметрію зорової системи: функція контрастної чутливості (CSF) для ахроматичного каналу сягає 30-60 циклів/градус, тоді як для червоно-зеленого — ~12, для синьо-жовтого — ~6 циклів/градус. Це дозволяє зберігати колірні компоненти з меншою роздільністю без помітної втрати якості. Оскільки канали RGB сильно корельовані, перед субдискретизацією виконують перетворення у простори YCbCr, YUV або YCoCg.

Загальноприйнята нотація J:a:b описує схему субдискретизації у двовимірному блоці 4×2 пікселі: 4:4:4 — збереження кольору для кожного пікселя, 4:2:2 дає економію близько 33%, 4:2:0 — 50%, 4:1:1 — також 50%, але з помітнішими спотвореннями на вертикальних межах.

Воксель (від англ. *volumetric pixel*) — елемент регулярної тривимірної сітки. Оскільки воксельна сітка має три просторові осі, логічним розширенням є чотиричленна нотація J:a:b:c, де додаткова компонента c характеризує субдискретизацію вздовж осі Z. Основні схеми наведено в табл. 18.

Таблиця 18. Порівняльний аналіз ефективності методів розпізнавання рукописних символів

<i>Схема</i>	<i>Ядро</i>	<i>Обсяг кольірних компонент</i>	<i>Скорочення використання відеопам'яті</i>
4:4:4:4	1×1×1	100%	1x
4:2:0:2	2×2×1	25%	~2x
4:2:2:2	2×1×2	25%	~2x
4:2:0:0	2×2×2	12.5%	~2.4x

Для воксельної сітки W×H×D з альфа-каналом при схемі 4:2:0:0 яскравість Y та альфа зберігаються повністю, а Cb і Cr проріджуються у 8 разів. Це 2.25·W·H·D байт проти 4·W·H·D для RGBA - зниження використання відеопам'яті на ~44%. Кількісні оцінки для різних роздільностей наведено в табл. 19.

Таблиця 19 Частота помилок розпізнавання візуально схожих символів

<i>Роздільність</i>	<i>4:4:4:4 (RGBA)</i>	<i>4:2:0:0 (YCbCrA)</i>
256 ³	64 МБ	37.75 МБ
512 ³	512 МБ	302 МБ
1024 ³	4 ГБ	2.42 ГБ
2048 ³	32 ГБ	19.3 ГБ

Висновки та перспективи. Адаптація принципу кольірної субдискретизації до воксельних 3D-даних шляхом розширення нотації до J:a:b:c, зокрема через запропоновану схему 4:2:0:0, забезпечує восьмикратне зменшення обсягу кольірних компонент та близько 44% економії відеопам'яті. Унікальна ніша субдискретизації полягає у візуалізації в реальному часі, де дані повинні перебувати у відеопам'яті у прямо адресованому вигляді.

Запропонована нотація J:a:b:c є авторським теоретичним розширенням, а не офіційним стандартом MPEG, і потребує експериментального підтвердження. Перспективи подальших досліджень охоплюють кілька напрямів: апробацію запропонованої схеми на реальних воксельних наборах даних різних прикладних сфер (медична візуалізація, промислова томографія, геоінформаційні системи) з кількісною оцінкою якості за метриками PSNR, SSIM та VMAF; розробку адаптивних схем субдискретизації, у яких параметри J:a:b:c динамічно змінюються залежно від відстані до спостерігача, кута огляду та локальної ентропії кольірних компонент; реалізацію апаратно прискореної вибірки YCbCrA-текстур безпосередньо у шейдерах сучасних GPU; комбінування

субдискретизації з палітровим кодуванням та розрідженими воксельними октодеравами (SVO) для подальшого зменшення використання відеопам'яті; інтеграцію в системи хмарного та потокового рендерингу, де економія смуги пропускання має критичне значення; а також дослідження перцептивної якості різних схем для специфічних типів волюметричного контенту, що дозволить сформулювати рекомендації щодо вибору оптимальної схеми для конкретного застосування.

Список використаних джерел:

1. Кавка О.О., Майданюк В. П., Романюк О. Н., Завальнюк Є. К. Аналіз алгоритмів стиснення зображень із втратами. Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. 2023. Т. 58, № 3. С. 59–64.
2. Graziosi D., Nakagami O., Kuma S., Zaghetto A., Suzuki T., Tabatabai A. An overview of ongoing point cloud compression standardization activities: V-PCC and G-PCC. APSIPA Transactions on Signal and Information Processing. 2020. Vol. 9. e13. 17 p.
3. ITU-R BT.709-6. Parameter values for the HDTV standards for production and international programme exchange. [Чинний від 2015-06]. Geneva : ITU, 2015. 19 p.
4. Mullen K. T. The contrast sensitivity of human colour vision to red-green and blue-yellow chromatic gratings. Journal of Physiology. 1985. Vol. 359. P. 381–400.

*Гніденко Максим Миколайович, аспірант ДУІКТ
Прокопов Сергій Васильович, к.т.н., доцент ДУІКТ*

ОПТИМІЗАЦІЯ ІНФРАСТРУКТУРИ SDN НА ОСНОВІ РОЗМІЩЕННЯ КОНТРОЛЕРІВ

Постановка завдання. Мережеві архітектури, такі як програмно-визначені мережі (SDN), переносять логіку керування мережною інфраструктурою з пристроїв обробки пакетів на зовнішні контролери [1].

Як роз'єднані, так і більш традиційні розподілені архітектури мають площину керування: мережу для поширення подій, таких як оновлення маршрутизації, нові політики інженерії трафіку або зміни топології, до кожного пристрою пересилання пакетів у мережі. Ключова відмінність між цими конструкціями полягає в структурі їхньої мережі площини керування. Топологія керування традиційних розподілених архітектур, таких як BGP, OSPF та IS-IS, є принцип, коли кожен пристрій пересилання отримує події від своїх однорангових пристроїв та приймає автономні рішення на основі локального уявлення про глобальний стан.

На відміну від цього, мережі керування в роз'єднаних архітектурах ближчі до мереж клієнт-сервер. Пристрої пересилання пакетів («клієнти») мають обмежені можливості прийняття рішень і повинні реалізовувати рішення керування, прийняті контролерами. Прикладом є зв'язок між комутатором OpenFlow та контролером; комутатор не має локальної логіки площини керування та повністю покладається на контролер для заповнення своєї таблиці

пересилання. Мережі керування для SDN можуть мати будь-яку форму, включаючи зірку (один контролер), ієрархію (набір контролерів, з'єднаних у повну мережу, які підключаються до вузлів пересилання нижче) або навіть динамічне кільце (набір контролерів у розподіленій хеш-таблиці) для забезпечення проблем масштабованості, функціональної стійкості та енергоефективності [2,3,4].

В той же час ці мережеві архітектури з роз'єднаними площинами керування відкривають багато невирішених питань порівняно з більш традиційними системами, у тому числі питання щодо розміщення контролерів.

Мета дослідження. Дослідження зосереджується на двох конкретних питаннях: скільки контролерів потрібно за заданої топології та куди їх слід розміщувати? Щоб відповісти на ці питання, були розглянуті фундаментальні обмеження затримки поширення площини керування в майбутньому розгортанні. Як і очікувалося, відповіді залежать від топології.

Результати дослідження. Результати дослідження показали, що відповідь на питання, де і скільки контролерів розгортати, залежить від бажаних меж реакції, вибору метрик та самої топології мережі. Більшість мереж демонструють зменшення віддачі від кожного доданого контролера, а також компроміси між метриками. Дивно, але в багатьох мережах середнього розміру затримка від кожного вузла до окремого контролера може відповідати цілям часу відгуку існуючих технологій. Природними розширеннями цього аналізу є:

Доступність. Інтуїція підказує, що повністю розподілені площини керування є більш стійкими до збоїв, ніж роз'єднані площини керування, але проблеми перемикання маршрутів та тривалий час збіжності маршрутів підбивають це переконання. З іншого боку, роз'єднані площини керування мережею обмінюють ці проблеми на інші режими збоїв, такі як відмова контролера або відключення. Можна розмістити контролери для максимізації відмовостійкості; або можна мінімізувати відстань до n -го найближчого контролера, що називається проблемою k -центрів сусідів, яка враховує до $n - 1$ відмов контролера.

Розподіл станів. Роз'єднання потенційно дозволяє орієнтованим на стан методам, таким як розподілені хеш-таблиці, замінити більш традиційні підходи, орієнтовані на повідомлення, у площинах керування мережами широкого призначення. Можна розмістити контролери не для обмеження затримки, а для загальної оптимізації мережі, враховуючи модель зв'язку контролера.

Вибір контролера. Розв'язання площин даних та керування відкриває питання про те, як підтримувати карту пристроїв переадресації до контролерів. Можна розмістити контролери для мінімізації затримки, як відправну точку, а потім використовувати інший алгоритм для балансування комутаторів між доступними контролерами.

Висновки та перспективи. Досліджена проблема розміщення контролерів надає корисні рекомендації для операторів SDN та розробників додатків. Однак, схоже, що немає правил розміщення, які б застосовувалися до кожної мережі. Щоразу, коли оператор хоче додати контролери, він повинен

використовувати методи, показані в цьому дослідженні, щоб визначити найкраще розташування контролера.

Список використаних джерел

1. Гніденко М.П., Вишнівський В.В., Ільїн О.О. Побудова SDN мереж. – Навчальний посібник. – Київ: ДУТ, 2019. – 190 с.

2. Гніденко М.П., Гніденко М.М., Вишнівський О.В., Зінченко В.В. Забезпечення енергоефективності програмно визначених мереж (SDNs) при впровадженні різних схем безпеки. / Київ: ДУІКТ. Наукові записки ДУІКТ – 2024. – №2(6). <https://journals.dut.edu.ua/index.php/sciencenotes/article/view/3092/2982>

3. Гніденко М.М., Шепетун О.О. Проблеми масштабованості програмно-визначених мереж / Київ: ДУІКТ. Наукові записки ДУІКТ – 2025. – №1(7), с 148-154 . <https://journals.duikt.edu.ua/index.php/sciencenotes/article/view/3269/3155>

4. Прокопов С.В., Гніденко М.М., Сєрих С.О. Вишнівський О.В., Проблеми, вирішення яких впливають на функціональну стійкість програмно-визначених мереж (SDNs). / Київ: ДУІКТ. Зв'язок – 2024. – №6 (172). <https://con.dut.edu.ua/index.php/communication/article/view/2823/2713>

*Корнєєв Володимир Олексійович, студент ДУІКТ
Шевченко Світлана Миколаївна, к.п.н., доцент, ДУІКТ*

ПРОГРАМНИЙ МОДУЛЬ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ОРКЕСТРАЦІЇ ТА АНАЛІТИКИ ДЛЯ ІНФРАСТРУКТУРИ FORTIGATE

Постановка задачі. Сучасні корпоративні мережі швидко ускладнюються через збільшення числа користувачів, підключення IoT пристроїв, впровадження хмарних сервісів та значний обсяг мережевого трафіку. У таких умовах централізоване управління політиками безпеки та моніторинг подій стає надзвичайно складним. Відсутність єдиного програмного рішення для координації всіх компонентів мережі призводить до дублювання конфігурацій, помилок у налаштуваннях та затримок у застосуванні правил безпеки [1]. Це негативно впливає на стабільність роботи бізнес-додатків, зменшує доступність сервісів і підвищує ризик виникнення кіберінцидентів, а також ускладнює швидке реагування на загрози та аналіз аномалій трафіку.

Мета дослідження. Метою цього дослідження є розробка інтегрованого програмного рішення для централізованого управління та моніторингу корпоративної мережі на базі FortiGate, яке дозволяє автоматизувати налаштування політик доступу, забезпечити централізований збір та аналіз логів, оперативно виявляти інциденти безпеки, підвищувати продуктивність мережевої інфраструктури та зменшувати вплив людського фактора.

Результати дослідження. Архітектура програмного продукту побудована на екосистемі Fortinet, де FortiGate виконує роль центрального елементу безпеки, забезпечуючи фільтрацію трафіку, контроль доступу, захист від вторгнень (IPS), веб фільтрацію та організацію VPN з'єднань для різних сегментів мережі [1]. Для

збору та обробки логів використовується FortiAnalyzer, який агрегує дані з усіх вузлів мережі, дозволяє проводити кореляцію подій, формувати аналітичні звіти та відстежувати історію змін. FortiSIEM інтегрується для розширеного моніторингу, об'єднуючи події з різних систем у єдину платформу та автоматизуючи процес реагування на інциденти безпеки [2].

Взаємодія між компонентами забезпечується через FortiOS REST API, що дозволяє централізовано управляти конфігураціями FortiGate, автоматично застосовувати політики безпеки та інтегрувати зовнішні аналітичні інструменти [3]. Архітектура модульна: окремі компоненти відповідають за управління політиками доступу, аналіз трафіку, виявлення аномалій, налаштування VPN та централізований збір логів. Це дозволяє адміністраторам ефективно керувати мережею з єдиного інтерфейсу, швидко реагувати на загрози та масштабувати систему під потреби організації.

Запропонований підхід реалізує концепцію динамічного управління політиками безпеки. Контролер здійснює безперервний аналіз мережевого стану, адаптуючи параметри VPN та правила фільтрації трафіку за допомогою REST API FortiGate. Автоматизація процесу прийняття рішень дозволяє оптимізувати час реагування на виявлені загрози та підвищити надійність конфігурацій мережевої інфраструктури.

Метод включає інтелектуальний аналіз подій та трафіку, де дані з FortiGate, FortiAnalyzer і FortiSIEM збираються та корелюються для виявлення складних загроз. Використання алгоритмів класифікації подій дозволяє прогнозувати потенційні інциденти і формувати автоматичні рекомендації щодо змін політик безпеки [4]. Такий підхід забезпечує масштабованість системи і її адаптацію до росту корпоративної інфраструктури та зміни моделі трафіку. Система підтримує інтеграцію з SIEM платформами та аналітичними інструментами для кореляції подій і прогнозування потенційних загроз, забезпечує прозорість роботи мережі та дозволяє адаптуватися до змін у корпоративній інфраструктурі

Висновки та перспективи. Інтеграція FortiGate як фундаменту програмно-керованої інфраструктури забезпечує централізований моніторинг і автоматизацію безпекових політик. Об'єднання журналів реєстрації та системних подій у спільний контур аналітики мінімізує затримки при реагуванні на інциденти, що позитивно впливає на доступність та відмовостійкість критичної IT-інфраструктури.

Перспективи розвитку включають застосування алгоритмів машинного навчання для більш точного прогнозування складних аномалій трафіку, інтеграцію з IoT екосистемами та хмарними платформами для розширеного моніторингу, розвиток моделей кореляції подій для побудови прогнозних сценаріїв реагування на загрози та удосконалення автоматизації політик безпеки для адаптації до нових кіберзагроз у реальному часі. Реалізація таких підходів дозволяє підвищити адаптивність, масштабованість та безпеку корпоративної мережі у довгостроковій перспективі, формуючи надійний і безпечний цифровий простір для організації.

Список використаних джерел:

1. Fortinet Official Website — Corporate Overview. <https://www.fortinet.com/>

2. Fortinet FortiGate / FortiOS 7.6 Documentation — Next Generation Firewall.
<https://docs.fortinet.com/product/fortigate/7.6>

3. FortiSIEM / FortiAnalyzer Integration — Fortinet Documentation.
<https://docs.fortinet.com/document/fortisiem/7.5.0/external-systems-configuration-guide/751381/fortinet-fortigate-firewall>

4. FortiOS REST API Reference — Управління FortiGate через API.
<https://docs.fortinet.com/document/fortigate/7.2.0/secgw-for-mobile-networks-deployment/238243/fortios-rest-api>

*Крест'янінов Ігор Олександрович, аспірант ДУІКТ
Катков Юрій Ігорович, д.т.н., доцент ДУІКТ*

ГІБРИДНА МОДЕЛЬ PARETO-NASH-MPC ДЛЯ ВИРІШЕННЯ КОНФЛІКТІВ ЦІЛЕЙ У РОЗУМНИХ БУДИНКАХ

Гібридна модель Pareto-Nash-MPC розглядається як інструмент вирішення конфліктів цілей у системах розумного будинку, де інтелектуальні пристрої конкурують за спільні енергетичні ресурси. Модель поєднує прогнозує керування Model Predictive Control, ігрову взаємодію та Pareto-оптимізацію, що дозволяє одночасно виявляти, формалізувати та узгоджувати конфлікти між комфортом, енергоефективністю та стабільністю системи. На відміну від класичних підходів, вона забезпечує не лише локальну оптимізацію, а й глобальну узгодженість рішень у динамічному середовищі [1–3].

Постановка задачі. Розумний будинок є багатокомпонентною системою, у якій HVAC-системи, освітлення, побутові пристрої та системи накопичення енергії використовують спільні ресурси. Це призводить до постійних конфліктів між мінімізацією енергоспоживання, комфортом користувачів, тарифними обмеженнями та піковими навантаженнями.

Основна складність полягає у динамічному характері цих конфліктів, які залежать від зовнішніх умов, поведінки користувачів і змін енергетичних тарифів. Rule-based підходи не адаптуються до таких змін, централізовані MPC-моделі погано масштабуються, а ігрові моделі не гарантують глобальної ефективності [2]. Це формує потребу в інтегрованій моделі, здатній одночасно прогнозувати, координувати та вирішувати конфлікти.

Мета дослідження. Метою є обґрунтування гібридної моделі Pareto-Nash-MPC як єдиного механізму для виявлення, моделювання та вирішення конфліктів цілей у розумному будинку з урахуванням багатокритеріальності та стратегічної взаємодії пристроїв.

Результати дослідження. У ході дослідження встановлено, що конфлікти цілей у розумному будинку мають структурний характер і виникають через одночасну оптимізацію різних критеріїв окремими підсистемами. Гібридна модель Pareto-Nash-MPC розділяє процес керування конфліктами на три взаємопов'язані рівні.

Перший рівень, реалізований через Model Predictive Control, відповідає за прогнозування конфліктів. На основі динамічних моделей оцінюється майбутній стан системи, що дозволяє виявляти потенційні конфлікти між енергоспоживанням, комфортом і обмеженнями інфраструктури ще до їх реалізації [1].

Другий рівень, заснований на рівновазі Неша, описує формалізацію конфлікту як стратегічної взаємодії між пристроями. Кожен агент розглядається як автономний учасник, що оптимізує власну функцію корисності з урахуванням рішень інших. Це дозволяє коректно моделювати конкуренцію за ресурси, однак рівноважні стани не завжди є глобально ефективними [2].

Третій рівень, реалізований через Pareto-оптимізацію, виконує функцію вирішення конфліктів на глобальному рівні. Він виключає рішення, у яких покращення одного критерію призводить до суттєвого погіршення інших, формуючи множину компромісних стратегій керування. Саме цей рівень забезпечує узгодженість між комфортом користувачів, енергоефективністю та стабільністю навантаження.

У порівнянні з класичними підходами rule-based системи не дозволяють формально описувати конфлікти, а лише обходять їх через жорсткі правила. Централізовані MPC-моделі ефективно оптимізують систему, але погано масштабуються. Чисто ігрові моделі адекватно описують конфлікт, але не гарантують його глобального вирішення [3].

Інтеграція трьох підходів у гібридній моделі забезпечує повний цикл роботи з конфліктами: від їхнього прогнозування до формального розв'язання. У контексті розумного будинку це дозволяє координувати роботу HVAC-систем, освітлення, побутових пристроїв та систем накопичення енергії таким чином, щоб уникати пікових навантажень і неефективного використання ресурсів [4].

Висновки та перспективи. Гібридна модель Pareto-Nash-MPC формує цілісний механізм роботи з конфліктами цілей у розумному будинку, поєднуючи їх прогнозування, стратегічне моделювання та глобальне вирішення. Її ключова особливість полягає у переході від локальної оптимізації до системного узгодження рішень між усіма підсистемами.

Перспективним напрямом розвитку є інтеграція методів машинного навчання для адаптивного оновлення функцій корисності агентів, а також використання нейромережових підходів для прискорення обчислення Pareto-множин і рівноваг у реальному часі, що є критичним для масштабних IoT-екосистем.

Список використаних джерел:

1. Rawlings, J. B., Mayne, D. Q., & Diehl, M. (2022). Model predictive control: Theory, computation, and design. Nob Hill Publishing.
2. Basar, T., & Olsder, G. J. (1999). Dynamic noncooperative game theory. Society for Industrial and Applied Mathematics.
3. Scattolini, R. (2009). Architectures for distributed and hierarchical model predictive control – A review. Journal of Process Control, 19(5), 723–731. <https://doi.org/10.1016/j.jprocont.2009.01.005>

4. Olivares, D. E., Mehrizi-Sani, A., Etemadi, A. H., et al. (2014). Trends in microgrid control. IEEE Transactions on Smart Grid, 5(4), 1905–1919. <https://doi.org/10.1109/TSG.2013.2295514>

*Лясковський Данііл Олександрович, студент ДУІКТ
Бученко Ігор Анатолійович, старший викладач ДУІКТ*

РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ КОНФІГУРАЦІЇ МАРШРУТИЗАТОРІВ НА БАЗІ OPENWRT

Постановка задачі. Операційна система OpenWrt є однією з поширених платформ для побудови мережесхем рішень. Вона має широкі можливості для налаштування пристроїв під її керуванням, відкритий вихідний код, відкриту архітектуру системи. Налаштування маршрутизаторів під її керуванням можуть виконуватись через графічний вебінтерфейс LuCI, або командний рядок командами системи UCI [1]. Використання UCI забезпечує гнучкість та можливість автоматизації, проте потребує знання структури конфігураційних файлів та синтаксису команд. При виконанні типових сценаріїв адміністратор змушений вводити значну кількість повторюваних команд, або самотійно створювати та шукати скрипти для автоматизації. Такий підхід збільшує ймовірність помилок та ускладнює налаштування великої кількості пристроїв. В зв'язку з цим актуальною є задача розробки програмного засобу, що дозволяє автоматизувати процес формування та застосування конфігурації маршрутизаторів OpenWrt.

Мета дослідження. Метою роботи є розробка системи автоматизованої конфігурації маршрутизаторів на базі OpenWrt з використанням централізованого конфігураційного файлу у форматі JSON та автоматичного перетворення параметрів у команди системи UCI.

Результати дослідження. В роботі проаналізовано ручний процес налаштування роутерів та досліджено типові сценарії конфігурації бездротових мереж та гостьового сегменту [2]. На основі проведеного аналізу сформовано вимоги до автоматизованої системи конфігурації.

Розроблену систему реалізовано мовою програмування Python у вигляді консольного програмного забезпечення. Архітектура системи включає модулі основної програми, завантаження конфігураційного файлу, валідації параметрів, перетворення даних у UCI-команди, модуль SSH-взаємодії з пристроєм, обробник можливостей бездротових пристроїв. Конфігурація описується за допомогою JSON-файлу, що містить секції налаштування бездротових мереж, створення точок доступу для гостьового сегменту, міжмережевого екрану, WAN-інтерфейсу, DNS-кешування, системних параметрів. Система підтримує декілька режимів роботи: перевірку конфігураційного файлу, формування команд UCI, автоматичне застосування налаштувань через SSH, генерацію скриптів оболонки, та отримання можливостей бездротових пристроїв маршрутизатора.

Для взаємодії з маршрутизатором використовується бібліотека Python Paramiko [3]. Реалізований функціонал отримання можливостей бездротових пристроїв виконується через аналіз та обробку результатів виконання команди «iw list» [4]. Працездатність системи була перевірена шляхом практичного використання програми та застосування налаштувань до маршрутизаторів під керуванням OpenWrt.

Висновки та перспективи. Розроблена система дозволяє зменшити кількість ручних дій під час конфігурації маршрутизаторів, скоротити час налаштування та знизити ймовірність помилок, пов'язаних із ручним введенням команд. Запропонований підхід забезпечує повторне використання конфігураційних файлів та спрощує процес адміністрування мережевих пристроїв.

Перспективами подальшого розвитку є підтримка одночасної конфігурації декількох пристроїв, розширення набору підтримуваних параметрів та можливість використання з іншими платформами.

Список використаних джерел:

1. OpenWrt, The UCI System // [Електронний ресурс]: <https://openwrt.org/docs/guide-user/base-system/uci>
2. OpenWrt, Guest Wi-Fi basics // [Електронний ресурс]: <https://openwrt.org/docs/guide-user/network/wifi/guestwifi/guest-wlan>
3. Jeff Forcier, Welcome to Paramiko's documentation! // [Електронний ресурс]: <https://docs.paramiko.org/en/stable>
4. Linux Wireless Documentation Project, About iw // [Електронний ресурс]: <https://wireless.docs.kernel.org/en/latest/en/users/documentation/iw.html>

Ніщепенко Дмитро Олександрович, доктор філософії (PhD), ДУІКТ

ФУНКЦІЯ КОРИСНОСТІ З АДАПТИВНИМИ ВАГОВИМИ КОЕФІЦІЄНТАМИ ДЛЯ БАГАТОЦІЛЬОВОГО КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ

Постановка задачі. Задача керування мікрокліматом у розумному будинку є класичною задачею багатоцільової оптимізації з двома конкуруючими критеріями: тепловий комфорт мешканців та мінімізація енергетичних витрат. Пріоритетність цих критеріїв є нестаціонарною – вона змінюється залежно від часу доби, тарифного коефіцієнта та присутності мешканців. Традиційні підходи з фіксованими порогами та розкладами не враховують цю динаміку. Задача полягає у побудові формалізованої моделі, де пріоритети автоматично адаптуються до поведінки конкретного користувача.

Мета дослідження. Розробити математичну модель прийняття рішень для проактивного агента керування мікрокліматом на основі максимізації зваженої функції корисності з динамічними контекстно-залежними ваговими коефіцієнтами, що адаптуються через механізм неявного зворотного зв'язку.

Результати дослідження. Стан середовища визначається вектором $S_t = (T_{in}, T_{out}, H, C)$, де T_{in} – внутрішня температура, T_{out} – зовнішня, H – година доби, C – тарифний коефіцієнт. Агент обирає оптимальну дію з простору A за критерієм максимізації функції корисності:

$$U(S'_t{}^{+1}, S_t, a) = w_{comfort} \cdot R_{comfort}(S'_t{}^{+1}) + w_{energy} \cdot R_{energy}(S_t, a) \quad (20)$$

де, $S'_{t+1} = P(S_t, a)$ – прогнозований стан після виконання дії;

$$w_{comfort} + w_{energy} = 1.$$

Контекстна залежність ваг реалізується через Базу знань: для кожного контексту $K(S_t)$ (наприклад, «вечір + піковий тариф») зберігається індивідуальна пара ваг. При ручному втручанні користувача ваги оновлюються за правилом:

$$w_{comfort}(K) \leftarrow w_{comfort}(K) \pm \Delta w, w_{energy}(K) = 1 - w_{comfort}(K). \quad (21)$$

Це забезпечує навчання контекстуальним, а не глобальним намірам. У ході 60-денного моделювання система навчилася диференціювати стратегії: $w_{comfort}$ досягав 0,9 у вечірній час та знижувався до 0,7 у денні пікові години. Зведені результати порівняння агентів наведено в табл. 20.

Таблиця 20. Порівняння ефективності агентів (60-денне моделювання)

Показник	Rule-Based	Advanced-RB	Proactive
Комфорт (% часу в цільовій зоні)	25,9%	31,0%	41,5%
Ручні втручання (60 діб)	240	0	28
Витрати (у.о.)	1833	4715	3541

Аналіз наведених даних дозволяє оцінити ефективність запропонованих підходів до керування. Згідно з отриманими результатами 60-денного моделювання, проактивний агент (Proactive) демонструє найкращий баланс між якістю управління та економічною доцільністю.

Висновки та перспективи. Запропонована математична модель з адаптивними ваговими коефіцієнтами вирішує проблему статичних компромісів у задачах багатоцільового керування мікрокліматом. Проактивний агент досяг найкращого рівня комфорту (41,5%) при скороченні ручних втручань на 97% та витратах на 25% нижчих за Advanced Rule-Based систему. Подальші дослідження доцільно спрямувати на застосування методів навчання з підкріпленням для автоматичного підбору кроку адаптації Δw та розширення простору контекстів за рахунок прогнозних погодних даних.

Список використаних джерел:

1. Ніщепенко Д.О., Олейніков І.А. Проактивна архітектура керування розумним будинком на основі контекстуальних намірів користувача та багатоцільової оптимізації. Телекомунікаційні та інформаційні технології, №3, 2025. С. 141–149.
2. Marler R.T., Arora J.S. The weighted sum method for multi-objective optimization: new insights. Structural and Multidisciplinary Optimization, 2010. Vol. 41(6). P. 853–862.
3. Mirakhorli A., Dong B. Occupancy behavior based model predictive control for building indoor climate. Energy and Buildings, 2016. Vol. 129. P. 499–512.

НЕЙРОМЕРЕЖЕВЕ КЕРУВАННЯ БІОНІЧНИМИ ПРОТЕЗАМИ НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРНИХ СИСТЕМ

Постановка задачі. У сучасній медичній інженерії відновлення рухових функцій пацієнтів із ампутаційними дефектами кінцівок є критично важливим науково-практичним завданням. Традиційні механічні та механічно-кнопові протези мають суттєві обмеження щодо функціональності, ергономіки й адаптивності, оскільки вимагають від користувача виконання неприродних послідовностей дій для перемикання режимів. Актуальним науковим вектором є розробка біонічних протезів верхніх кінцівок, що функціонують на основі зчитування електроміографічних сигналів (EMG) м'язів, їх експрес-аналізу інтелектуальними алгоритмами та подальшої генерації керуючих команд для приводів у реальному часі. Використання малогабаритних і низькобюджетних обчислювальних платформ, таких як мікроконтролер Arduino Nano, відкриває широкі можливості для проектування високоефективних та доступних систем проактивного керування антропоморфними виконавчими механізмами.

Метою дослідження являється теоретичне обґрунтування та експериментально-технічний аналіз принципів побудови системи інтелектуального нейромережевого керування біонічним протезом верхньої кінцівки на базі мікроконтролера Arduino Nano та поверхневих міографічних сенсорів. Дослідження спрямоване на верифікацію ефективності застосування методів машинного навчання порівняно з класичними механічними, релейними чи детермінованими амплітудними схемами селекції керуючих імпульсів без інтелектуальної аналітики.

Результати дослідження. У результаті дослідження розроблено та оптимізовано структурно-функціональну архітектуру інтелектуального біонічного протеза кисті, де первинна реєстрація біоелектричної активності м'язів передпліччя здійснюється за допомогою поверхневих EMG-датчиків. Загальна схема проходження та обробки інформаційних потоків у розробленій системі детально відображена на рис. 30.

Отримані аналогові сигнальні імпульси надходять на аналогово-цифровий перетворювач мікроконтролера Arduino Nano, який у реальному часі виконує апаратну та програмну фільтрацію високочастотних шумів, нормалізацію амплітудних значень та віконне виділення інформативних ознак. Наступна прецизійна класифікація намірів користувача реалізована за допомогою математичного апарату моделей опорних векторів (SVM), що функціонують безпосередньо у контурі управління мікроконтролера.

Експериментально доведено, що синергетична інтеграція методів штучного інтелекту з обчислювальними ресурсами мікроконтролера дозволяє досягти середньої точності розпізнавання рухових патернів і базових жестів, таких як флексія та екстензія кисті, на рівні 90–95%. Побудований прототип на

базі двох сенсорних каналів та кутових сервоприводів серії SG90 підтвердив спроможність платформи забезпечувати мінімальний час відгуку системи.



Рис. 30 Структурна схема та етапи функціонування системи інтелектуального керування біонічним протезом кисті

Важливими техніко-економічними перевагами розробленого рішення є низька капіталомісткість компонентної бази, висока щільність монтажу елементів та лінійна швидкість обробки даних у масштабі реального часу. Крім того, математична адаптація алгоритму під індивідуальні особливості міографічного профілю конкретного пацієнта дозволяє радикально знизити когнітивне та ментальне навантаження на оператора під час тривалої експлуатації біопротеза.

Висновки та перспективи. Застосування обчислювальних платформ архітектури Arduino у поєднанні з технологіями класифікації сигналів методом машинного навчання дозволяє створювати високоточні, ергономічні та економічно доступні системи керування біонічними пристроями. Впровадження нейромережових класифікаторів вирішує задачу побудови природного інтерфейсу взаємодії людини з технічним засобом, гарантуючи стійке розпізнавання рухових інтенцій навіть на базі апаратно обмежених мікроконтролерних систем. Перспективними напрямками подальших розробок у цьому сегменті є розширення простору ознак для класифікації багатовимірних жестів, підвищення завадостійкості біосигналів, а також проектування контурів сенсорного тактильного зворотного зв'язку за допомогою тензометричних та вібраційних модулів.

Список використаних джерел:

1. Arduino-Based Myoelectric Control: Towards Longitudinal Study of Prosthesis Use // [Електронний ресурс]: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7866037/>, Дата звернення: 09.05.2026
2. Design of upper limb prosthesis using real-time motion detection method based on EMG signal processing// [Електронний ресурс]: <https://www.sciencedirect.com/>

science/ article/abs/pii/S1746809421006595 , Дата звернення: 11.05.2026

3. Single-Channel sEMG Hand Gesture Classification Using an Artificial Neural Network Implemented on an ESP32 Microcontroller// [Електронний ресурс]:https://www.researchgate.net/publication/394476753_Single-Channel_sEMG_Hand_Gesture_Classification_Using_an_Artificial_Neural_Network_Implemented_on_an_ESP32_Microcontroller, Дата звернення: 10.05.2026

4. Метод опорних векторів (SVM) // [Електронний ресурс]: <https://www.dstu.dp.ua/Portal/Data/74/72/3st13-17.pdf>, Дата звернення: 09.05.2026

*Прокоф'єв Даниїл Андрійович, студент ДУІКТ
Поперешняк Світлана Володимирівна, к.т.н., доцент
Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського*

АРХІТЕКТУРА МАСШТАБОВАНОЇ СИСТЕМИ ОБРОБКИ ВІДЕО В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ

Постановка задачі. Сьогодні системи відеоспостереження вже давно не обмежуються простим записом і зберіганням відео. Все частіше виникає потреба працювати з потоком у реальному часі: переглядати відео, оперативно реагувати на події або передавати його іншим сервісам [4].

На практиці це означає роботу з RTSP-потоками, які не завжди поведуться стабільно. Можуть виникати затримки, обриви з'єднання або нерівномірна передача даних [2].

Окремою проблемою є навантаження на систему. Навіть кілька камер здатні суттєво вплинути на продуктивність, особливо якщо відео потрібно обробляти чи перекодовувати [1]. До того ж такі системи зазвичай інтегруються з іншими сервісами, що додатково ускладнює їхню архітектуру [3].

Мета дослідження. Метою цієї роботи є пояснити підхід до створення системи, яка може надійно працювати з відеопотоками в реальному часі. Особливу увагу приділено тому, як поєднати всі компоненти між собою, зменшити затримки під час обробки та забезпечити можливість подальшого масштабування системи [3].

Результати дослідження. Запропонований підхід передбачає побудову системи з кількох окремих компонентів, кожен із яких виконує свою функцію. Це дозволяє уникнути перевантаження одного сервісу та спрощує подальший розвиток системи [3].

Серверна частина реалізована на Java із використанням Spring Boot і відповідає за керування потоками та запуск процесів обробки [3]. Фактично вона координує роботу всієї системи.

Для отримання відео використовується openRTSP. Він забезпечує підключення до джерел відео та передачу потоку далі. Це рішення однаково добре працює як із живими трансляціями, так і з архівними записами[2].

Обробка відео здійснюється за допомогою FFmpeg. Він дозволяє змінювати параметри відео, виконувати перекодування та передавати потік іншим сервісам. У реальних умовах це дає змогу адаптувати відео під різні потреби[1].

Оскільки обробка запускається у вигляді окремих процесів, систему легко масштабувати. При зростанні кількості камер або навантаження достатньо додати нові процеси без зміни загальної логіки[3].

Для взаємодії між компонентами використовується асинхронний підхід, що дозволяє уникнути блокувань і забезпечує більш стабільну роботу системи.

Висновки та перспективи. Отримані результати свідчать, що добре продумана архітектура дає змогу ефективно працювати з відеопотоками навіть без застосування складних алгоритмів. Чіткий розподіл функцій між компонентами робить систему більш гнучкою та зручною для подальшого вдосконалення [4].

Надалі систему можна розвивати, додавши підтримку апаратного прискорення або розгорнувши її у хмарному середовищі. Перспективним напрямом також є впровадження аналітичних модулів для обробки відеоданих.

Список використаних джерел

1. FFmpeg Developers. *FFmpeg Documentation*. <https://ffmpeg.org/documentation.html>
2. LIVE555.com. *LIVE555 Streaming Media (openRTSP)*. <http://www.live555.com/openRTSP/>
3. VMware, Inc. *Spring Boot Reference Documentation*. <https://docs.spring.io/spring-boot/docs/current/reference/html/>
4. Schulzrinne H., Rao A., Lanphier R. *Real Time Streaming Protocol (RTSP)*. <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc2326>

*Руденко Данило В'ячеславович, студент, ДУІКТ
Работа Олександр В'ячеславович, викладач, ДУІКТ*

СИСТЕМА ВЗАЄМОДІЇ ПРИСТРОЇВ РОЗУМНОГО БУДИНКУ НА БАЗІ ПРОТОКОЛУ ZIGBEE

Постановка задачі. Традиційна архітектура Інтернету речей (IoT), що домінує на комерційному ринку (Xiaomi Mi Home, Google Home), базується на хмарно-центричній моделі, де всі дані від датчиків передаються на віддалені сервери для обробки. Проте в сучасних інтелектуальних просторах така «хмарна залежність» (Cloud dependency) створює критичні затримки (latency), ризики безпеки та призводить до повної втрати керування системою за відсутності стабільного інтернет-з'єднання. Крім того, спроба впровадження важких IP-стеків у ресурсно-обмежені кінцеві пристрої призводить до перевитрат пам'яті та швидкого розряду елементів живлення.

Мета дослідження. Метою дослідження є обґрунтування, проектування та впровадження концепції периферійних обчислень (Edge Computing) та

розподіленої логіки в гетерогенних мережах розумного будинку на базі мікроконтролера ESP32-C6 та платформи Home Assistant для мінімізації латентності й забезпечення локальної автономності системи.

Результати дослідження. Практична реалізація периферійної обробки даних базується на перенесенні обчислювальної логіки безпосередньо на гетерогенний апаратний шлюз на базі однокристальної системи (SoC) ESP32-C6 із потужним 32-бітним RISC-V процесором. Розроблена периферійно-центрична модель (Edge-centric) дозволяє шлюзу самостійно приймати, декодувати та обробляти нативні Zigbee-повідомлення від ресурсно-обмежених кінцевих пристроїв (Zigbee End Devices, ZED), які функціонують в енергоефективному «IP-agnostic» режимі. Первинна обробка телеметричних подій, фільтрація шумів, нормалізація даних та виконання критичних сценаріїв автоматизації (наприклад, перекриття води при протіканні) відбуваються локально на рівні вбудованого програмного забезпечення шлюзу, що повністю мінає етап передачі пакетів у глобальну мережу WAN та гарантує автономність функціонування системи.

Для складнішої координації та високорівневого менеджменту шлюзу взаємодіє з локальним сервером Home Assistant Core, розгорнутим на базі одноплатного комп'ютера Raspberry Pi 4, через розподілений програмний стек Zigbee2MQTT за допомогою легких MQTT-повідомлень. Такий підхід повністю ізолює Mesh-мережу Zigbee від ядра сервера, усуває енергоємне нашарування TCP/IP стеків на кінцевих вузлах і суттєво оптимізує використання пропускну здатності локальної мережі. Реалізована дворангова схема локальної обробки даних дозволяє зберегти працездатність контурів керування навіть за умов повної відсутності інтернет-з'єднання з хмарною інфраструктурою.

Експериментальне дослідження та порівняльний аналіз розробленої архітектури підтвердили її високу технологічну й обчислювальну ефективність при різній щільності підключених вузлів. Перехід від централізованих хмарних рішень до запропонованої Edge-архітектури дозволив зменшити латентність реакції виконавчих механізмів системи на 200–500 мс, що є критично важливим для надійної роботи контурів безпеки та систем запобігання аваріям.

Окрім цього, впровадження спеціалізованого шлюзу на базі SoC ESP32-C6 із вбудованими апаратними криптоприскорювачами забезпечило у 3.3 рази вищу швидкість масштабування мережі, паралельного опитування давачів та обробки криптографічних протоколів шифрування AES-128 порівняно із застарілими аналогами на базі чіпа CC2531.

Висновки та перспективи. Перехід від гомогенних IP-залежних хмарних моделей до децентралізованих гетерогенних Edge-архітектур є єдиним ефективним шляхом подолання фрагментації ринку IoT та забезпечення реальної автономності. Гібридне поєднання периферійних обчислень на базі ESP32-C6 та локального хаба Home Assistant гарантує в 1.6–2 рази вищу швидкість взаємодії пристроїв, оптимізує використання апаратних ресурсів та забезпечує повне самовідновлення (Self-healing) мережі.

В подальшому доцільно розширити дослідження у напрямку інтеграції розробленого Edge-шлюзу з новим протоколом Matter через Thread для забезпечення ще вищого рівня міжплатформної сумісності.

Список використаних джерел:

1. Ефективність застосування Edge-архітектури в IoT для зниження латентності у реальному часі // Наукові записки НаУКМА. Комп'ютерні науки. - URL: <https://ekmair.ukma.edu.ua/server/api/core/bitstreams/0dc7c04a-c4de-4271-897d-1b842cdd27db/content>.
2. ESP32-C6 Technical Reference Manual / Espressif Systems. - URL: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32c6_technical_reference_manual_en.pdf.
3. Ільницький Р. В. Алгоритм управління економним енергоспоживанням розумного будинку в бездротових мережах Zigbee / Р. В. Ільницький, Р. І. Карпа // Комп'ютерні системи та мережі : [зб. наук. пр.] / Національний університет "Львівська політехніка". - 2023. - URL: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2023/dec/32805/vse-ksm-fin2-38-51.pdf>.
4. Design and Implementation of an IoT-Based Smart Home Automation System Using Heterogeneous Wireless Networks // MDPI Applied Sciences. 2023. - URL: <https://www.mdpi.com/2076-3417/13/4/2255>.

*Шимко В`ячеслав Олександрович, студент ДУІКТ
Пономаренко Олександр Миколайович, студент ДУІКТ*

САМООРГАНІЗОВАНА СИСТЕМА ВІДЕОАНАЛІТИКИ ДЛЯ ДИНАМІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА РОЗУМНОГО МІСТА

Постановка задачі. Стрімка урбанізація генерує колосальне навантаження на інфраструктуру, що вимагає впровадження концепцій «розумних міст». Базовий функціонал сучасних систем забезпечення безпеки спирається на розгалужену мережу відеофіксації, яка щосекунди генерує петабайти інформації. Переважна більшість сучасних методів штучного інтелекту базується на парадигмі навчання з вчителем, що критично залежить від величезних масивів попередньо розмічених експертами даних. Проте міське середовище є настільки динамічним та недетермінованим, що такі розмічені дані блискавично втрачають свою актуальність. Це зумовлює нагальну необхідність переходу до методів навчання без вчителя, які здатні до автономного самонавчання та гнучкої адаптації до нових ситуацій.

Мета дослідження. Метою дослідження є підвищення ефективності обробки та аналізу великих масивів відеоданих в умовах розумного міста шляхом розробки адаптивної системи на базі алгоритмів некерованого машинного навчання.

Результати дослідження. Під час дослідження було розроблено інноваційну трирівневу архітектуру обробки даних, яка поєднує граничний, локальний та глобальний хмарний рівні для децентралізованого аналізу та мінімізації латентності інформаційних потоків. Як базовий інструмент аналітики

використано алгоритм зростаючих самоорганізованих карт (GSOM) [1], унікальна властивість якого полягає у здатності динамічно розростатися та формувати нейронну структуру виключно залежно від складності вхідних даних. На відміну від класичних нейромережових моделей із фіксованою топологією, розроблений математичний апарат автоматично масштабує координатну сітку у просторі ознак, що мінімізує похибку квантування при обробці гетерогенного контенту.

Проведено експериментальну перевірку розробленої системи на еталонних наборах міських відеоданих (UCSD Pedestrian, CUNY Avenue) з метою верифікації точності класифікації просторово-часових аномалій. Результати тестування довели здатність алгоритму до автономної структурної адаптації та динамічного калібрування гранулярності під конкретні контекстні вимоги муніципалітету, забезпечуючи високу обчислювальну ефективність навіть при обмежених апаратних ресурсах граничних пристроїв. Алгоритм дозволив системі ідеально виокремити специфічні патерни (наприклад, визначення щільності натовпу або ідентифікацію обличч, спрямованих у камеру), відфільтрувавши сторонній шум та випадкові статичні завади відеопотоку [2].

Додатково встановлено, що трирівневий розподіл навантаження оптимізує трафік магістральних каналів зв'язку, оскільки первинна селекція та стиснення ознак відбуваються безпосередньо на периферійних контролерах. Локальний рівень забезпечує агрегацію та координатну суміжних потоків, тоді як глобальний хмарний контур фокусується на глибинному довгостроковому аналізі та зберіганні історичних метаданих. Такий синергетичний підхід гарантує стійкість системи до нерівномірного навантаження і забезпечує високу завадостійкість при виявленні нетипових поведінкових сценаріїв у реальному часі.

Висновки та перспективи. Запропонована система забезпечує повністю автоматизоване створення математичної моделі соціальної події чи об'єкта без ручного налаштування інженером. Завдяки здатності GSOM до автономної розбудови власної архітектури, система ефективно виявляє патерни поведінки з живого відеопотоку, мінімізуючи потребу у попередньо розмічених даних та забезпечуючи високу масштабованість рішень. Це значно оптимізує процеси муніципального управління та гарантує вищий рівень безпеки розумного міста. Перспективи подальших досліджень полягають у впровадженні мультимодальних архітектур GSOM для одночасного аналізу відео та інших сенсорних даних міської інфраструктури.

Список використаних джерел:

1. Bibri S. E., Krogstie J. Environmentally data-driven smart sustainable cities: applied innovative solutions for energy efficiency, pollution reduction, and urban metabolism. *Energy Inform*, 3, 29 (2020).
2. Allam Z., Dhunny Z. A. On big data, artificial intelligence and smart cities. *Cities*, 89, 80-91 (2019).

АВТОРИ ПУБЛІКАЦІЙ

Р

Prokírchyn S., 6, 12, 74, 259

А

Абрамов В.О., 203
Ананченко О.С., 26
Андроненков А.О., 89
Андрюшин І.Г., 203
Анеляк Д.В., 46, 163
Антипенко С.В., 204
Анчев А.О., 186
Аронов А.О., 59, 63, 230, 233
Асмолов С.О., 207
Ахмедов А.Ф., 91

Б

Бажан Т.О., 92
Балвак А.А., 279
Бандура А.І., 210
Бахмут М.С., 187
Березовська Ю.В., 46, 95, 163, 277
Бобик В.В., 164
Бовкун В.В., 166
Богуславець В.А., 211
Бондаренко Д.В., 213
Бондаренко Є.Р., 168
Бондарчук А.П., 218
Бровченко Т.Я., 215, 281
Бученко І.А., 215, 281, 293

В

Василенко О.О., 130
Василець С.О., 217
Вертій М.О., 47
Виливок М.В., 283
Вишнівський В.В., 80, 223, 249
Волошин Д.В., 14

Г

Гавор А.С., 283
Гавриленко О.В., 285
Гадуп'як А.А., 94
Гайдамаченко Т.М., 132
Герцюк М.М., 54, 189
Гніденко М.М., 287
Гніденко І.А., 66, 180, 182, 198, 213
Гніденко М.П., 42, 264
Гордієнко К.О., 267
Горобець М.Ю., 95
Грибовод Б.О., 97
Грисик В.О., 189

Д

Даценко В.Д., 218

Дацишин Н.-М. О., 100
Дейнека В.Б., 49
Дикий Н.В., 51
Дишлюк Б.О., 52
Довбиус В.С., 54
Дубик А.Р., 56
Дубовицький Д.С., 171, 220
Дуляницький Є.М., 221
Духновська К.К., 120
Дьогтяр А.С., 223

Є

Єрьомкін М.М., 58
Єфімов М.О., 59

Ж

Жебка В.В., 127, 168, 227
Железняк С.О., 191
Журба В.І., 225

З

Завацький В.О., 148, 164, 256
Зайцев В.Є., 61
Залива В.В., 272
Залізний О.В., 101
Замахіна Т.А., 16, 134
Звенігородський О.С., 51, 89,
Зінченко В.В., 61
Зінченко О.В., 191, 217
Золотухіна О.А., 122

І

Іванов Р.М., 136
Іванова Є.Р., 227
Івченко Д.Є., 19
Іщераков С.М., 23, 97, 171, 193, 220

К

Каминін І.О., 104
Касабов І.О., 231
Катков Ю.І., 29, 56, 64, 69, 76, 225, 291
Кисіль Т.М., 20, 101, 104, 107, 111, 115, 118, 136, 145, 150, 160, 166, 172, 231, 239, 243, 247, 296
Кіч Р.О., 63
Коваленко Ю.Б., 33, 49
Козир К.В., 107
Колодюк А.В., 230
Коломієць Н.Я., 233
Комаристий Д.О., 137
Кооп К.О., 109
Корнєєв В.О., 289
Королук М.О., 193
Костюк К.О., 139
Котвицький В.Д., 23

Котельницький Н.В., 235
Котирло В.В., 172
Котляр О.В., 120
Кравченко О.О., 174
Кравчук П.О., 84
Крест'янінов І.О., 64, 291
Криворучко В.Ф., 176
Кулик В.В., 111

Л

Лановенко О.А., 25
Лашевська Н.О., 279
Лебединченко К.О., 113
Леус Л.Д., 141
Лясковський Д.О., 293
Ляшок А.В., 237

М

Малежик Д.Ю., 25
Малигін В.В., 245
Мацкевич В.В., 143
Микитюк Д.С., 26
Міскун Є.М., 247
Мороз М.В., 29

Н

Наконечний В.В., 66
Наровило Р.Я., 239
Нестеров А.С., 241
Нечай І.О., 249
Ніщеменко Д.О., 294

О

Олейніков І.А., 187, 196
Олійник Б.О., 251
Оліщук С.О., 253
Омельянович О.С., 68, 179, 254
Остренський Н.П., 115

П

Панченко К.О., 145
Пархотько Є.О., 256
Писаренко М.А., 296
Побіженко І.О., 31
Полежаєва О.М., 118
Пономаренко В.В., 69
Пономаренко О.М., 72, 301
Поперешняк С.В., 14, 73, 132, 207, 298
Попов А.О., 146
Приходченко Д.М., 257
Прокопов С.В., 245, 287
Прокоф'єв Д.А., 73, 298
Процюк М.Я., 194
Пугач А.С., 243

Р

Работа О.В., 44, 276, 299
Раєвський В.Ю., 179, 254
Рашидов С.Ф., 91
Реденський О.О., 120
Реул Н.Є., 261
Руденко Д.В., 299
Рябко Ю.В., 148

С

Садовенко В.С., 176
Саленко Д.В., 150
Салтан С.С., 264
Самойленко Г.Т., 174, 183
Свіріденко Р.О., 33
Селіванова А.В., 25
Семенюк С.А., 58
Серих С.О., 146
Сиволап Е.В., 180
Сидоров Г.С., 196
Ситнік А.Е., 182
Сич М.Є., 35
Сіденко І.А., 263
Снітка Н.В., 76
Стеблевський Р.О., 266
Ступак Н.О., 267
Сушко П.С., 183
Сягровський П.Д., 78

Т

Теклюк А.О., 198
Тернавський М.В., 82
Тертишний В.Ю., 37
Тітенко Д.Д., 80
Тітенко Н.В., 80
Ткаченко О.М., 86, 285
Турукало А.В., 237

Ф

Фесенко М.А., 68, 94, 100, 158, 179,
254
Фещенко Б.В., 269
Фурса Є.І., 152

Х

Хохлачова Ю.Є., 19

Ц

Цапро І.В., 122
Целованський Т.Р., 200

Ч

Чепкасова Д.О., 270
Чернецький А.А., 124, 154

Чернов Н.В., 84
Черняга Д.В., 156
Чикало В.Д., 272
Читулян В.О., 35, 78, 127, 186
Чичкарьов Є.А., 109, 124, 139, 154,
200, 221, 251, 263
Чичур А.І., 40, 204, 274
Чорний В.В., 40, 274

Ш

Шантир А.С., 16, 52, 130, 134, 253
Швірін М.М., 158
Шевченко А.І., 37, 82, 137, 156
Шевченко С.М., 47, 289
Шепетун О.О., 42
Шикула О.М., 210, 211, 235, 241, 257,
266, 270
Шимко В.О., 72, 301
Штойко М.В., 160

Ю

Юрченко Ю.Ю., 194

Я

Яковенко О.Ю., 44, 276
Янків Н.М., 86
Яровий Б.С., 277

